

Atti



SISFA 2016

XXXVI Convegno della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia

Napoli 4-7 ottobre 2016

Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini" - I.N.F.N. Sezione di Napoli
 Complesso Universitario di Monte S. Angelo
 Via Cinthia, Aula Magna "E.R. Caianiello"

Other Venues

Complesso Monumentale di S. Maria della Pace - Sala del Lazzaretto - Via dei Tribunali 226
 INAF - Osservatorio Astronomico di Capodimonte - Salita Moiariello 16
 Scuola Militare "Nunziatella" - Via Generale Parisi 16

Topical sessions

- Panel discussion: Vertical and transversal skills: the role of research in the history and teaching of physics and astronomy
- Historical Collections of Scientific Instruments in Naples and Southern Italy
- Gravitational waves: a century of General Relativity predictions
- Giuseppe Saverio Poli (1746-1825) and the development of Science in Southern Italy

SISFA Advisory Committee

Fabrizio Bonoli (Università di Bologna)
 Paolo Breini (CNR - Firenze, FST - Firenze)
 Danilo Capocchi (Università di Roma Sapienza)
 Salvatore Esposito (INFN - Sezione di Napoli)
 Lucio Fregonesi (Università di Pisa)
 Roberto Mantovani (Università di Urbino "Carlo Bo")
 Angela Pagano (INFN - Sezione di Catania)
 Pasquale Tucci (Università degli Studi di Milano)

Local Organizing Committee

Salvatore Esposito (INFN - Sezione di Napoli)
 Mauro Gargano (INAF - Oss. Astr. di Capodimonte)
 Adele La Rana (TERA Foundation, Nocera)
 Giampiero Mangano (INFN - Sezione di Napoli)
 Roberto Mantovani (Università di Urbino "Carlo Bo")
 Genaro Miele (Università di Napoli "Federico II")
 Ofelia Pisanti (Università di Napoli "Federico II")
 Anna Sicolo (Direzione sanitaria - ASI, NaI)
 Pasquale Tucci (Università degli Studi di Milano)



Casparino E., *Affresco della Sala del Lazzaretto* - Picture by E. Casparino

www.sisfa.org/convegni/



Comune di Napoli
 Municipalità 4



Società Italiana degli Storici
della Fisica e dell'Astronomia

Atti del XXXVI Convegno annuale
Proceedings of the 36th Annual Conference

a cura di / *edited by*

Salvatore Esposito



Atti del 36. Convegno annuale / Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia ; a cura di Salvatore Esposito = Proceedings of the 36th Annual Conference / Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia ; edited by Salvatore Esposito. – Pavia : Pavia University Press, 2017. – XVIII, 408 p. : ill. ; 24 cm. – (Atti)

<http://archivio.paviauniversitypress.it/oa/9788869520709>

ISBN 9788869520693 (brossura)

ISBN 9788869520709 (e-book PDF)

In testa al front: SISFA, Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia

© 2017 Pavia University Press, Pavia

ISBN: 978-88-6952-070-9

Nella sezione *Scientifica* Pavia University Press pubblica esclusivamente testi scientifici valutati e approvati dal Comitato scientifico-editoriale.

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento anche parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i paesi.

Il curatore e gli autori sono a disposizione degli aventi diritti con cui non abbiano potuto comunicare, per eventuali omissioni e inesattezze.

In copertina: Giacinto Dianò, *Affreschi della Sala del Lazzaretto*. Picture by E. Giaquinto.

Prima edizione: ottobre 2017

Publicato da: Pavia University Press – Edizioni dell'Università degli Studi di Pavia
Via Luino, 12 – 27100 Pavia (PV) – Italia
www.paviauniversitypress.it – unipress@unipv.it

Stampato da DigitalAndCopy S.A.S., Segrate (MI)
Printed in Italy

Sommario

Introductory remarks	XI
Programme	XIII
PANEL DISCUSSION	
Tavola rotonda: abilità verticali e abilità trasversali. Il ruolo della ricerca in storia e didattica della fisica e dell'astronomia	3
GIUSEPPE SAVERIO POLI (1746-1825) AND THE DEVELOPMENT OF SCIENCE IN SOUTHERN ITALY BETWEEN THE XVIII AND XIX CENTURIES	
Enlightenment in the Kingdom of Naples: the legacy of Giuseppe Saverio Poli through archive documents	
Salvatore Esposito	33
The <i>Viaggio celeste</i> by Giuseppe Saverio Poli	
Antonio Borrelli	53
Giuseppe Saverio Poli, his hometown... and surroundings	
Rocco Chiapperini.....	61
The “poles” of healing: mineral magnetism vs. animal magnetism	
Lucia De Frenza	71
The dismantling of the Giuseppe Saverio Poli collections and the <i>damnatio memoriae</i> of his scientific heir	
Marielva Torino	81
Giuseppe Saverio Poli as a collector between Natural History and antiquarianism	
Maria Toscano.....	87

 HISTORICAL COLLECTIONS OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS IN NAPLES AND SOUTHERN ITALY

The “Irpinian Science Museum” of Avellino: history and finality

Gaetano Abate 107

Scientists, makers and instruments between teaching and research experiences in Science: Caserta and Southern Italy around 1861-1920s

Pietro Di Lorenzo 113

Historical instruments in Caserta and surroundings: collections and museums

Pietro Di Lorenzo 123

The Physics Cabinet of the Liceo “Cuoco-Campanella” in Naples: a school-work project

Laura Franchini, Maria Moretti 133

The old scientific instruments of Liceo “Tasso” in Salerno

Rachele Lanzillotti 143

The NEMO project: a network for the protection and enhancement of the historical and scientific heritage of Naples schools

Maria Rosaria Cavaliere, Gioia Molisso, Loredana Palma, Maria Candida Petillo, Paola Romano, Daniela Rossi 151

GRAVITATIONAL WAVES: A CENTURY OF GENERAL RELATIVITY PREDICTIONS

Gravitational interferometers in Italy 1976: a first timid attempt. And a missed opportunity

Massimo Bassan, Adele La Rana 161

What is light? An overview of the XIX and XX centuries theories of light

Salvo D’Agostino 171

Criticism of the “vectorialists” Burali-Forti and Boggio to General Relativity

Pietro Di Mauro, Angelo Pagano 175

The early history of gravitational wave detection in Italy: from the first resonant bars to the beginning of the Virgo collaboration

Adele La Rana, Leopoldo Milano 185

STARS AND AROUND

Italian Historical Meteorological Observatories (OMSI): from the past to the future

Mario Calamia..... 199

The status of astronomy in Naples before the foundation of the Capodimonte Observatory

Mauro Gargano 205

Teaching astronomy between practice and theory at the Brera Astronomical Observatory (1760-1859)

Agnese Mandrino, Agnese Visconti 215

The Neapolitan Francesco Fontana inventor of the *astronomical* telescope

Paolo Molaro 225

Giovanni Santini, the Meridian Circle and the *Paduan Catalogues*: the top of classical astronomy in the XIX century in Italy

Valeria Zanini, Simone Zaggia 233

FROM ANTIQUITY TO THE XIX CENTURY

The modern theories of chaos and Lucretius' *clinamen*

Giuseppe Boscarino 245

The role of mathematicians in the development of early science. A new insight

Danilo Capecchi 255

Nature-of-Science Teaching: notes on the Lagrangian Methods in Maxwell's Electromagnetic Theory

Daniela Marmottini, Raffaele Pisano 263

Newton's *Principia* Geneva edition: the action-and-reaction law. Historical and Nature of Science reflexions

Raffaele Pisano, Paolo Bussotti 269

PHYSICS IN THE XX CENTURY

Death and resurrection of Field Theory: 1960-1975

Paolo Rossi 279

Write not to be understood (and not to be found)	
Giancarlo Albertini, Anna Sicolo.....	293
Symmetry or differential equations: adding a case study on conformal field theory	
Nicola Amoruso.....	301
The choices in theoretical physics from Galilei to Einstein	
Vincenzo Cioci, Antonino Drago.....	307
A program of research for discovering alternative formulations of quantum mechanics	
Antonino Drago.....	319
Particle tracks in a cloud chamber: the Mott conjecture (1929)	
Rodolfo Figari.....	331
Einstein's approach to Statistical Mechanics	
Luca Peliti, Raúl Rechtman.....	339
Federigo Enriques between popularization and scientific criticism	
Arcangelo Rossi.....	347
SCIENTIFIC INSTRUMENTS IN CONTEXT	
“Fisica e Metafisica?”: science at the time of De Chirico and Carrà	
Susanna Bertelli, Paolo Lenisa, Grazia Zini.....	353
From the Physics Cabinet to the Physics Museum of the University of Modena and Reggio Emilia	
Elena Corradini.....	361
The pneumatic pump of the Mariano College in Bergamo	
Laura Serra, Anna Giatti, Paolo Brenni.....	371
DIDACTICS OF PHYSICS	
Mach, the principles of dynamics and Newton's bucket	
Pietro Cerreta.....	383

An algorithm-based introduction to the evolution of physical systems	
Eliana D’Ambrosio, Rodolfo Figari, Emilio Balzano	393
A theorem about stars that could have improved the functioning of the internal combustion engine	
Vincenzo Favale	401
Abstract	409

Introductory remarks

The XXXVI annual SISFA congress has developed through different sections touching a number of key topics in history of science, ranging from antiquity to the XX century. Also, science and education in schools and museums, as well as scientific instruments and collections, have been the focus of dedicated sessions.

In addition to such “institutional” sections, which form the core of the Society, the SISFA Congress has also focused on special topics devoted to: “Historical collections of Scientific Instruments in Naples and Southern Italy”; “Gravitational waves: a century of General Relativity predictions”; “Giuseppe Saverio Poli (1746-1825) and the development of science in Southern Italy between the XVIII and XIX centuries”. A special Panel Discussion on “Vertical and transversal skills: the role of research in the history of physics and and astronomy in education” was in addition proposed to the conveners.

The topical session on Giuseppe Saverio Poli has been held at the *Scuola Militare Nunziatella*, of which Poli was commander at the beginning of the XIX century, The session was aimed to analyze the multifaceted scientific activities of one of the most influential scientists in Southern Italy, whose interests across a large variety of topics: medical electricity, meteorology, earthquakes, military and natural history. Though working mainly in Naples, where he taught experimental physics, his scientific studies won an international reputation as well as membership in the principal Academies of Italy and Europe, including the Royal Society of London.

**36th National Congress of the
Italian Society for the History of Physics and Astronomy
Naples, October 4-7, 2016
Programme**

4 October 2016 – Tuesday: Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”, Aula Magna “E. R. Caianiello”

14.30: REGISTRAZIONE

15.00-15.30: Opening remarks by institutional representatives

L. De Magistris, Mayor of Naples

L. Merola, Director of the Department of Physics “Ettore Pancini”

G. La Rana, Director of the I.N.F.N. Section of Naples

15.30-16.40: INVITED TALKS:

15.30-16.00: **G. La Rana** - *The first 50 years of the INFN Section of Naples*

16.00-16.40: **P. Rossi**: *Death and resurrection of Field Theory: 1960-1975*

16.40-17.00: COFFEE BREAK

17.00-19.00: PANEL DISCUSSION (coordinated by **P. Tucci**): VERTICAL AND TRANSVERSAL SKILLS: THE ROLE OF RESEARCH IN THE HISTORY OF PHYSICS AND ASTRONOMY IN EDUCATION

17.00-17.10: **P. Rossi** – *Ignoranza della storia e politiche della ricerca*

17.10-17.20: **A. Garuccio** – *La formazione dei ricercatori in Storia della Scienza*

17.20-17.30: **M. Michelini** – *Didattica e Storia della Fisica*

17.30-17.40: **S. Oss** – *Fisica e comunicazione scientifica*

17.40-17.50: **F. Bonoli** – *Storia e cultura dell’Astronomia*

17.50-18.00: **I. Chinnici** – *Il patrimonio storico-scientifico: problema o risorsa?*

18.00-18.30: *Discussion*

18.30-19.00: *Conclusions*

20.30: SPECIAL EVENING EVENT: *NAPOLI, MATTI DA SLEGARE*, Convento di S. Domenico Maggiore, Sala del Capitolo

Presentation of the docufilm: *Il giardino chiuso*

T. Rinaldi, C. Patruno: *La 'rivoluzione' e la 'follia' di Masaniello*

5 October 2016 – Wednesday: Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”, Aula Magna “E. R. Caianiello”

9.00-10.40: SPECIAL SESSION: HISTORICAL COLLECTIONS OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS IN NAPLES AND SOUTHERN ITALY

9.00-9.20: **M.R. Cavaliere, G. Molisso, L. Palma, M.C. Petillo, P. Romano, D. Rossi** – *Progetto NEMO: una rete per la salvaguardia e la valorizzazione del patrimonio storico-scientifico delle Scuole Napoletane*

9.20-9.40: **L. Franchini, M. Moretti, A. Oropallo** – *The Physics Cabinet of the Liceo “Cuoco-Campanella”*

9.40-10.00: **P. Di Lorenzo** – *Historical scientific instruments in Caserta and surroundings: collections and museums*

10.00-10.20: **M. Falivena, R. Lanzillotti** – *Gli antichi strumenti scientifici del Liceo “T. Tasso” di Salerno*

10.20-10.40: **G. Abate** – *The “Irpinian Science Museum” of Avellino: history and finality*

10.40-11.00: COFFEE BREAK

11.00-11.20: **A. Apuzzo, A. Arpino, M.G. Attardi, M. De Rosa, A. Russo, F. Tortora** – *The ancient nautical and physical instruments of the Technical School “Nino Bixio”*

11.20-11.40: **P. Di Lorenzo** – *Scientists, makers and instruments between educative experiences and research ones in Science in South Italy (1861-1920s)*

11.40-13.00: SESSION: DIDACTICS OF PHYSICS

11.40-12.00: **P. Cerreta** – *Mach, principles of dynamics and Newton’s bucket*

12.00-12.20: **E. Balzano, E. D’Ambrosio, R. Figari** – *An algorithm-based introduction to the evolution of physical systems*

12.20-12.40: **P. Cerreta, V. Favale** – *The couple of Nasir al-Din al-Tusi*

12.40-13.00: **E. Balzano** – *Relationships between research and practice in science education*

13.00-15.00: LUNCH BREAK

15.00-15.20: Ospedale di S. Maria della Pace, Sala del Lazzaretto, Opening remarks by institutional representatives

SPECIAL SESSION: SCIENTIFIC INSTRUMENTS IN CONTEXT

15.20-16.20: INVITED TALKS

15.20-16.00: **U. Baldini** – *Scienza e istruzione nel Meridione dal primo Ottocento al primo Novecento: un problema storiografico*

16.00-16.20: **R. Mantovani** – *Scientific instruments and force-feeding in the XIX century: Vincenzo Leonardo Cera's "Sitoforo"*

16.20-17.40: COMMUNICATIONS

16.20-16.40: **E. Corradini** – *The Physics Cabinet of the Este Dukes and the Museum of Physics at the University of Modena between history and virtual reconstruction*

16.40-17.00: COFFEE BREAK

17.00-17.20: **S. Bertelli, P. Lenisa, G. Zini** – *Physics and Metaphysics? Science at the times of de Chirico and Carrà*

17.20-17.40: **L. Serra, A. Giatti, P. Brenni** – *The pneumatic pump from the Physics Cabinet at the Mariano College in Bergamo*

17.40: END OF SESSIONS

17.45 – 19.15: Annual SISFA General Assembly

21.00: Social dinner at "Masseria Monteoliveto": "Siamo fritti!", with the special event *Ettore Majorana: il processo*

6 October 2016 – Thursday: Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini", Aula Magna "E. R. Caianiello"

SESSION: STARS AND AROUND

9.00-11.40: COMMUNICATIONS

9.00-9.20: **M. Calamia** – *Italian historical meteorological observatories (OMSI)*

9.20-9.40: **D. Galli, S. Bianchi, A. Gasperini** – *The origins of astrophysics in Florence*

9.40-10.00: **M. Realdi** – *Astronomers in a strange land. British site-testing campaigns in Franco's Spain (1965-1975)*

10.00-10.20: **V. Zanini** – *Giovanni Santini, the Meridian Circle and the Paduan Catalogues: the top of classical astronomy in the XIX century in Italy*

10.20-10.40: **M.L. Tuscano** – *About two unpublished manuscripts by Gabriele Bonomo (1694-1760), Sicilian mathematician: reverberations of his work concerning time measurement*

10.40-11.00: **M. Gargano** – *The development of astronomy in Naples before the Capodimonte Observatory establishment*

11.00-11.20: COFFEE BREAK

11.20-11.40: **P. Molaro** – *Francesco Fontana and the "astronomical" telescope*

11.40-12.00: **A. Mandrino, A. Visconti** – *Teaching astronomy between practice and theory at the Astronomical Observatory of Brera (1803-1825)*

SESSION: FROM ANTIQUITY TO MODERN ERA

12.00-13.00: COMMUNICATIONS

12.00-12.20: **G. Boscarino** – *The modern theories of chaos and Lucretius' clinamen*

12.20-12.40: **D. Capecchi** – *The role of mathematicians in the development of science. A new insight*

12.40-13.00: **Y. Zik, G. Hon** – *Giovan Battista della Porta (1535-1615): a magician or an optician?*

13.00-15.00: LUNCH BREAK

15:00: Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Opening remarks by institutional representatives

M. Della Valle, Director of the INAF-Osservatorio Astronomico di Capodimonte

SPECIAL SESSION (WITH THE ATTENDANCE OF AIF MEMBERS):
GRAVITATIONAL WAVES: A CENTURY OF GENERAL RELATIVITY
PREDICTIONS

15.10-16.30: INVITED TALKS

15.10-15.50: **F. Vetrano** – *GW150914: the end or the beginning of an exciting challenge?*

15.50-16.30: **R. Lalli, A. Blum, J. Renn** – *Back with a Flourish: social and epistemic factors in the postwar Renaissance of General Relativity*

16:30-16.50: COFFEE BREAK

16.50-18.20: COMMUNICATIONS

16.50-17.10: **M. Bassan, L. Narici, A. La Rana** – *Gravitational interferometers in Italy 1976: a first timid attempt*

17.10-17.40: **A. La Rana, L. Milano** – *The early history of gravitational wave detection in Italy: from the first resonant bars to the beginning of the Virgo collaboration*

17.40-18.00: **P. Di Mauro, A. Pagano** – *Criticism of the “vectorialists” C. Burali-Forti and T. Boggio to General Relativity*

1800-18.20: **S. D’Agostino** – *The fundamental dichotomy between gravitation in Einstein’s General Relativity and Maxwell’s ether and electromagnetic waves*

18.20-19.00: Guided visit of the MuSA - Museo degli Strumenti Astronomici

19.20: END OF SESSIONS

20.30: SPECIAL EVENING EVENT: “NAPOLI SOTTO LE STELLE”, Osservatorio Astronomico di Capodimonte

P. Molaro: *Il napoletano Francesco Fontana, geniale costruttore di telescopi e grande astronomo*

Unione Astrofili Napoletani: osservazione ai telescopi

7 October 2016 – Friday: Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”, Aula Magna “E. R. Caianiello”

SESSION: PHYSICS BETWEEN THE XVIII AND XIX CENTURIES

9.00-10.00: COMMUNICATIONS

9.00-9.20: **R. Pisano, P. Bussotti** – *Reading Newton Geneva edition in the historical epistemology of science*

9.20-9.40: **L. Guzzardi** – *Ruggiero Boscovich and “the forces existing in Nature”*

9.40-10.00: **D. Marmottini, R. Pisano** – *Reading Lagrangian methods in Maxwell's electromagnetic theory. Historical epistemology reflections*

SESSION: PHYSICS IN THE XX CENTURY

10.00-12.40: COMMUNICATIONS

10.00-10.20: **L. Peliti, R. Rechtman** – *Einstein's approach to Statistical Mechanics: the 1902-04 papers*

10.20-10.40: **R. Figari** – *Particle tracks in a cloud chamber: the Mott's conjecture (1929)*

10.40-11.00: **A. Rossi** – *Federigo Enriques between popularization and scientific criticism*

11.00-11.20: COFFEE BREAK

11.20-11.40: **G. Albertini, A. Siculo** – *Write not to be understood*

11.40-12.00: **V. Cioci, A. Drago** – *The problem of the choice in theoretical physics from Galileo to Einstein*

12.00-12.20: **A. Drago** – *Looking for an alternative formulation of quantum mechanics*

12.20-12.40: **N. Amoroso** – *Symmetry or differential equations. Adding a case study on conformal field theory*

12.40-14.30: LUNCH BREAK

14.30: Scuola Militare “Nunziatella”, Aula Magna “F. De Sanctis”, Opening remarks by institutional representatives:

Col. **F. Aceto**, Commander of the Scuola Militare “Nunziatella”

A. Ortis, President of the Associazione Nazionale Ex Allievi “Nunziatella”

G. S. Poli IV, direct descendant of Giuseppe Saverio Poli

SPECIAL SESSION: GIUSEPPE SAVERIO POLI (1746-1825) AND THE DEVELOPMENT OF SCIENCE IN SOUTHERN ITALY BETWEEN THE XVIII AND XIX CENTURIES

14.40-16.00: INVITED TALKS

14.40-15.20: **S. Esposito** – *Enlightenment in the Kingdom of Naples: the legacy of Giuseppe Saverio Poli through archive documents*

15.20-16.00: **M. Toscano** – *Giuseppe Saverio Poli as a collector between Natural History and antiquarianism*

16.00-18.20: COMMUNICATIONS

16:00-16.20: **M. Torino** – *La dispersione delle collezioni di Giuseppe Saverio Poli e la damnatio memoriae del suo erede scientifico*

16:20-16.40: **R. Mantovani** – *A successful textbook between the XVIII and XIX centuries: Giuseppe Saverio Poli's Elements of Experimental Physics*

16:40-17.00: **L. De Frenza** – *The poles of healing. Mineral magnetism vs animal magnetism*

17:00-17.20: COFFEE BREAK – *Visit to the exhibition “Gli strumenti scientifici per l'insegnamento alla Nunziatella tra '700 e '800”*

17:20-17.40: **L. Fregonese** – *Jesuit scientific Latin didactic poetry in the XVIII century: traditions, contents, images of science*

17:40-18.00: **A. Borrelli** – *Il Viaggio Celeste di Giuseppe Saverio Poli*

18:00-18.20: **F.M. Lo Faro** – *Giuseppe Saverio Poli e la scienza a Palermo. Gli anni siciliani di colui che “regola le cose divine e umane”*

18:20-18.40: **R. Chiapperini** – *Giuseppe Saverio Poli (Molfetta, 1746 - Naples, 1825) and his hometown*

18:40: SESSION ENDING REMARKS

18:45: **A. Ortis** – *Energia e sviluppo sostenibile*

19:00: *Congress ending remarks*

20.30: SPECIAL EVENING EVENT: “NAPOLI, RAGGI COSMICI IN METRÒ”, Stazione “Toledo” della Metropolitana di Napoli

P. Mastroserio: *“Un telescopio per raggi cosmici nella Stazione Toledo”*

PANEL DISCUSSION

Tavola rotonda: abilità verticali e abilità trasversali. Il ruolo della ricerca in storia e didattica della fisica e dell'astronomia

Partecipanti: Fabrizio Bonoli, Ileana Chinnici, Augusto Garuccio, Marisa Michelini, Stefano Oss, Paolo Rossi, Pasquale Tucci (coordinatore)

Interventi: Danilo Capecchi, Fausto Casi, Roberto Lalli

Abstract: La Tavola rotonda ha l'obiettivo di discutere, tra persone che hanno varie responsabilità, le vie da percorrere affinché le loro discipline possano giocare un ruolo significativo nell'ammodernamento delle strutture universitarie.

Introduzione (*Pasquale Tucci*)

La formazione di specialisti disciplinari ha raggiunto punte di eccellenza in alcuni settori di ricerca come la fisica e l'astrofisica. Ma se la specializzazione è necessaria, soprattutto per chi intende impegnarsi in un ben determinato settore della ricerca scientifica, non è comunque sufficiente (e solo in parte necessaria) per molti dei nuovi lavori, compresa la ricerca scientifica moderna caratterizzata da gruppi di lavoro i cui membri hanno competenze e attitudini diversificate e complementari.

Vengono richieste di conseguenza capacità di governare processi di innovazione complessi e in rapida evoluzione.¹

Da parte del sistema educativo-produttivo-amministrativo sia pubblico che privato, compreso quello della ricerca scientifica, vien fatta richiesta alle istituzioni preposte alla formazione di abilità trasversali che per loro tradizione esse non sono attrezzate a esaudire. Le abilità trasversali richieste riguardano la capacità di interpretare il cambiamento, la capacità di svolgere un lavoro collaborativo, la capacità di leggere la complessità, la duttilità per adattarsi a situazioni non previste, la capacità di risolvere problemi non codificati.

La difficoltà delle università a rispondere alle nuove esigenze ha radici culturali lontane.

È nota la reticenza degli uomini di scienza a parlare di argomenti che non riguardano strettamente la loro disciplina o addirittura il loro settore di ricerca. Erwin Schrödinger in *What is Life?* del 1944 affermò: «A scientist is supposed to have a complete and thorough knowledge, at first hand, of some subjects, and therefore is

¹ Si veda il rapporto 2011 (*An Agenda for New Skills and Jobs: A European Contribution towards Full Employment*) dello European Economic and Social Committee, e quello 2012 (*Rethinking education strategy. Investing in skills for better socioeconomic outcomes*) della European Commission.

usually expected not to write on any topic of which he is not a master». E la formazione dei futuri scienziati è fortemente condizionata da questa presa di posizione.

Tuttavia la specializzazione ha l'imprevista conseguenza che generalizzazione e sintesi, parti essenziali dell'avanzamento della scienza, sono spesso trascurate. Gli scienziati sono intrappolati nel loro specialismo, lasciando ad altri, spesso poco qualificati, il compito di presentare al pubblico le interconnessioni delle moderne teorie scientifiche. Sebbene la capacità di trasmettere alla società una visione avvincente della scienza nel suo insieme può non essere necessaria nell'attività quotidiana di ricerca, essa comunque è cruciale nel creare un supporto politico, culturale e finanziario per la scienza (Greene 1997).

Prosegue Greene: «Scientific education has become so specialized that scientific literacy is little more advanced among scientists than it is among non-scientists. [...] Physics students don't know how a protein differs from a nucleic acid; chemistry students don't know the age of the Earth; geology students cannot give a simple account of metabolism or say why the sky is blue».

Tradizionalmente è prevalsa l'idea che le abilità trasversali possano essere acquisite solo con un curriculum di tipo letterario-filosofico-economico-finanziario-ingegneristico. Tuttavia alcune di tali abilità trasversali come la capacità di interpretare il cambiamento, il *problem solving* sono tipici oggetti di ricerca e di attività di storici e didattici.

Anche la ricerca in storia e la ricerca in didattica possiedono gli aspetti specialistici caratterizzanti la ricerca scientifica. Lo storico o il didattico che lavora nei dipartimenti scientifici sente di essere egli stesso uno scienziato. Ma gli storici e i didattici, proprio per il tipo di ricerca al quale sono abituati, hanno le competenze per poter almeno in parte rispondere alle nuove esigenze. L'individuazione di nuovi settori nei quali esprimere la propria professionalità è essenziale in un periodo nel quale il taglio di risorse finanziarie e l'interruzione del *turn-over* rischiano di portare al di sotto della massa critica discipline percepite come minoritarie all'interno dei dipartimenti scientifici.

La Tavola rotonda ha l'obiettivo di discutere tra persone che hanno varie responsabilità le vie da percorrere affinché le loro discipline possano giocare un ruolo significativo nell'ammodernamento delle strutture universitarie.

Ignoranza della storia e politiche della ricerca (Paolo Rossi)

Esiste un principio generale del quale non mancano le evidenze empiriche: l'ignoranza della storia è premessa per la ripetizione di errori che nella storia sono già stati una o più volte commessi.

Gli esempi che si potrebbero trarre dalla storia politico-militare sono innumerevoli, ma abbiamo sotto gli occhi proprio in questi anni l'evidenza dell'incapacità di affrontare alcune crisi (da quella economica a quella migratoria, dal terrorismo ai conflitti interetnici) a causa della preminenza di considerazioni di natura ideologica (o di supposti interessi strategici) rispetto ai suggerimenti che potrebbero essere tratti da vicende passate in qualche modo comparabili.

Vediamo costruire muri dimenticando che la Grande Muraglia, il Vallo di Adriano e la Linea Maginot hanno sempre fallito lo scopo per il quale erano stati costruiti.

Che cosa c'entra tutto questo con la politica e la sociologia della ricerca? Vedo alcuni contesti nei quali l'ignoranza della storia gioca un ruolo dominante e pericoloso.

Un errore fondamentale che la politica commette nei confronti della ricerca è di pensare che l'unica ricerca utile sia quella che trova immediata applicazione e ritorno economico. La domanda «a che serve?» ce la siamo sentiti rivolgere tante volte, e ogni volta verrebbe voglia di rispondere come nell'aneddoto, probabilmente apocrifo, riferito a Faraday: «Non lo sappiamo ma fra venti anni ci metterete una tassa».

Eppure la storia della fisica ci insegna che le più grandi rivoluzioni sono spesso nate da studi che apparentemente non avevano nessuna applicazione pratica diretta. Classico l'esempio delle equazioni di Maxwell, ma non è certo l'unico. E comunque non esiste una ricerca applicata realmente originale e quindi realmente innovativa senza una ricerca di base originale e innovativa.

Un altro limite della politica dettato da ignoranza della storia è di pensare che si possa fare ricerca soltanto in poche sedi "eccellenti". Creare fortini nel deserto culturale produce la distruzione dell'humus costituito dalla cultura diffusa, del quale anche le potenziali eccellenze hanno bisogno per nascere e per crescere. Quante intelligenze stiamo perdendo per la mancanza di un luogo in cui possano emergere?

Tuttavia esiste anche un terzo e più subdolo effetto dell'ignoranza della storia, e questo rimane tutto all'interno della comunità scientifica. Si tratta dell'idea che il paradigma dominante sia quello definitivo, un'idea che si spinge in taluni casi fino all'illusione metafisica di poter determinare, su basi puramente assiomatiche, una "Teoria del Tutto", ma che può andare, assai più pragmaticamente, in una direzione altrettanto e forse più pericolosa, quella per cui le teorie interessanti sono soltanto quelle "popolari".

Questa filosofia si traduce purtroppo anche in un canone perverso, quello per cui si ritiene di poter giudicare la qualità della ricerca mediante parametri quantitativi tratti dalla bibliometria. Non credo di aver bisogno di argomentare a lungo per convincere degli effetti devastanti che questa logica e questa prassi possono avere sulla ricerca, e in particolare paradossalmente proprio su quelle ricerche che sarebbero in grado di dimostrare quanto devastanti possono essere questi effetti.

Storia e cultura dell'astronomia (*Fabrizio Bonoli*)

In questa mia partecipazione alla Tavola rotonda sul ruolo della ricerca storica in fisica e astronomia e su come questa possa affiancarsi e cooperare alla didattica, dovrei parlare di temi legati alla storia e alla cultura dell'astronomia.

Potrei iniziare raccontando quanto è bello guardare il cielo stellato, quale poteva essere lo stato d'animo dei primitivi e via via di tutta l'umanità nell'osservare, studiare, cercare di descrivere i moti sempre uguali di quei punti luminosi e di come tutto questo ha portato alla moderna comprensione del Cosmo. Di come quelle antiche osservazioni portarono l'uomo a legare le cose del Cielo alle cose e agli avvenimenti qui sulla Terra, di come hanno ispirato non solo gli scienziati, ma anche poeti, pittori, musicisti,

filosofi, letterati e così via, giacché l'astronomia si presenta come una disciplina dalle caratteristiche maggiormente interdisciplinari e quindi trasversali, essendo in grado di fare dei richiami stretti e importanti, spesso molto chiari ed espliciti, in gran parte delle altre discipline scolastiche.

Tuttavia mi riesce difficile parlare solo di storia dell'astronomia qui, in questo contesto, se non nell'ambito più vasto della storia della scienza e delle idee.

La storia della scienza, infatti, consente una contestualizzazione del modo in cui si sono sviluppate le idee; una contestualizzazione e uno sviluppo che nei libri di testo fanno spesso molta fatica a essere presentati. E ancora, all'interno di questa storia, la storia istituzionale gioca un ruolo altrettanto importante, in quanto tradizione culturale e tradizione istituzionale sono indissolubilmente legate.

Si pensi al mutamento strutturale subito dall'insegnamento – e quindi dalla cultura – passando, dopo l'anno Mille, dalle scuole monastiche alle scuole cattedrali e poi alla nascita delle prime università. Oppure all'esplosione tecnologica ottocentesca in Germania, seguita all'istituzione dei politecnici e soprattutto delle scuole tecniche. E per venire a tempi a noi più vicini, si pensi al discredito della scienza, e quindi delle discipline scientifiche, prodotto dalla Riforma Gentile del 1923, al mutamento nell'insegnamento, e nella cultura in generale, introdotto nel 1962 dalla scuola media unificata e poi dall'università di massa nel 1969, per non parlare dell'introduzione (o presunta tale) delle nuove tecnologie nella scuola e delle discussioni ministeriali (e quindi istituzionali) di non molti anni fa sull'insegnamento o meno dell'evoluzionismo a scuola.

Il fatto è che una teoria scientifica nasce in un contesto di convinzioni, credenze e valutazioni che non sono puramente scientifiche, ma anche filosofiche, politiche, religiose, estetiche, tecnologiche e, in quanto tali, investono tutta la cultura di un'epoca. Qualche veloce esempio?

Si veda la rivoluzione copernicana e l'ambiente in cui è nata e si è sviluppata. Può essere sufficiente – in una scuola, e in questo come in tanti altri casi – far cercare agli studenti i nomi dei personaggi più noti che sono vissuti in quell'epoca, appunto rivoluzionaria, per trovare, tra i contemporanei di Copernico, Cristoforo Colombo, Leonardo da Vinci, Michelangelo, Albrecht Dürer, Martin Lutero, Niccolò Machiavelli, Ludovico Ariosto, Erasmo da Rotterdam, per citarne solo alcuni. Personaggi, cioè, che hanno realizzato delle "rivoluzioni" nei propri campi.

Oppure si può provare a discutere in classe perché la grande scuola scientifica arabo-islamica non abbia realizzato la rivoluzione scientifica, pur avendo sviluppato al suo interno tutte le potenzialità che furono poi sfruttate dagli studiosi europei. Quali furono le cause, esterne e interne, che praticamente bloccarono lo sviluppo di quelle idee già così avanzate?

Si può poi analizzare con gli studenti come, con la condanna di Galileo, la scuola scientifica (e anche tecnica) italiana – e non solo italiana, basti pensare a Cartesio che, ricevuta la notizia della condanna, brucia il suo *Traité du monde* – subisce un declino dal quale impiegherà secoli per riprendersi.

E ancora, discutendo sulle teorie di formazione del nostro Sistema solare, si può vedere come l'ipotesi di Laplace sul "mondo del Cosmo" – formazione e stabilizzazione dei sistemi rigidamente sottoposti alle regole della gravità – s'inquadrava proprio nelle

nuove idee della sua epoca sul “mondo dell’Uomo”, il quale, dopo un lungo sviluppo dalla barbarie e dall’ignoranza iniziale, aveva raggiunto la sua condizione finale sotto le regole della libertà e della ragione: tutto così andava perfettamente al suo posto e l’Uomo razionale poteva proseguire tranquillamente ad abitare un Cosmo razionale ben governato dalle note leggi della meccanica, dallo stesso Laplace splendidamente descritte nel suo imponente *Traité de mécanique céleste*.

Ma rimaniamo al secolo appena trascorso: con la scoperta dell’espansione dell’universo, della radiazione cosmica di fondo, dell’accelerazione dell’espansione e della supposta esistenza di un’energia oscura, con la conquista della Luna e le esplorazioni spaziali, con la scoperta di migliaia di nuovi pianeti, la visione della nostra posizione nel mondo è cambiata e con essa forse anche la visione del nostro ruolo (ammesso che ce ne sia uno); in sostanza è cambiato il paradigma intorno al quale ci muoviamo.

Certo, i problemi che ci circondano – oggi – sono enormemente più pressanti rispetto al sapere se esiste o meno il famoso bosone di Higgs, ma proprio per questo il compito della scuola è di fornire degli strumenti culturali in grado di comprendere questi problemi e un metodo critico in grado di affrontarli. E per questo non dico che la storia della scienza sia imprescindibile, ma certamente la sua conoscenza – o quantomeno la conoscenza e la discussione di alcuni dei suoi passaggi importanti – è in grado di fornire un enorme contributo per meglio comprendere quelle affermazioni che sui libri di testo vengono metodologicamente presentate in un modo puramente assertivo.

Di solito, infatti, il modo in cui sono redatti i manuali scientifici della scuola fa sì che questi ci presentino una sorta di *summa* dei saperi acquisiti in quel momento dalla comunità scientifica. E questo porta facilmente a un atteggiamento quasi fideistico e dogmatico nelle affermazioni della scienza, un atteggiamento che corre il rischio poi di portare – anche e peggio – a un’altrettanta fideistica e dogmatica negazione acritica della scienza stessa: vedi i rifiuti a vaccinare i figli con la storia dell’autismo, legati a un articolo del 1998 su *The Lancet*, poi ritirato addirittura dalla rivista stessa (con molte scuse ai lettori) poiché dimostratosi falso (The Editors of *The Lancet* 2010).

Consideriamo, per un attimo e con attenzione, il seguente paradosso: quando parliamo del moto della Terra intorno al Sole, in sostanza stiamo chiedendo ai nostri ragazzi un atto di fede: l’aberrazione e la parallasse annue della luce delle stelle (le uniche due prove del moto di rivoluzione) richiedono osservazioni astronomiche accurate non certo riproducibili in una scuola. E chiediamoci allora: perché i ragazzi devono credere al moto della Terra e allo sbarco dell’uomo sulla Luna e non alle scie chimiche?

Da un punto di vista metodologico può essere proprio la contestualizzazione storica di quelle leggi che troviamo scolpite in caratteri più grandi nei manuali – la legge della gravitazione universale, le leggi della termodinamica, la legge di Ampère o quella di Hubble – a far capire come queste non siano Verità con la v maiuscola, ma siano appunto il prodotto di osservazioni, esperimenti, ipotesi, e poi ancora osservazioni, modelli e verifiche, nati tutti da quegli strumenti culturali e da quel metodo critico che ha portato e porta all’evoluzione delle idee.

Si potranno allora discutere in modo più consapevole quei temi che oggi sono (o almeno dovrebbero essere) di attualità anche per i ragazzi, quali i rapporti scienza-

tecnica o scienza-tecnologia o, meglio ancora, scienza-società, scienza-ambiente, scienza-qualità della vita e, perché no, scienza-politica.

È stato detto (Bandiera 2005) che in un processo formativo scolastico (scientifico e non solo) due domande potrebbero (o dovrebbero) essere poste:

«In che modo hanno origine le conoscenze?»

«Cosa garantisce l'affidabilità delle conoscenze attuali, per esempio, quelle stampate nei libri di testo?»

Le risposte a queste due domande si possono trovare nei processi di ampliamento delle conoscenze sviluppati nel passato, non solo in quelli che hanno portato a quanto si studia oggi sui libri scolastici, garantito come giusto e definitivo, ma anche agli errori, ai “binari morti” intrapresi e poi abbandonati.²

L'uso della storia della scienza – e quindi della storia dell'astronomia – all'interno della formazione scolastica viene quindi ad avere un importante carattere interdisciplinare o multidisciplinare o, come si dice adesso, trasversale, ma che io preferisco indicare con un termine che magari oggi è desueto: un carattere culturale, nel senso più ampio.

E stimolare e sviluppare nei nostri studenti tutto questo è importante? Certo, non fosse altro – consentitemi la battuta – perché almeno potranno discutere con un minimo di conoscenza e di competenza (magari durante un *happy hour* con gli amici) sulle scie chimiche o sul “tunnel della Gelmini” su cui avrebbero dovuto viaggiare le particelle sparate dall'acceleratore del CERN.

Poiché uno dei temi che ci avevano portato, nel Consiglio Direttivo della SISFA, a programmare questo incontro era anche quello di cercare di mettere sul tavolo qualche idea per tentare di iniziare un discorso in comune tra storici e didattici della fisica e dell'astronomia, provo a portare qualche minimo contributo che deriva dalla mia esperienza all'interno della Società Astronomica Italiana.

Da molto tempo, direi con Mario Rigutti, proprio qui a Napoli, a partire dagli anni Settanta, la SAI si è occupata di didattica dell'astronomia, favorendo contemporaneamente al suo interno la nascita di un piccolo gruppo di cultori di storia dell'astronomia, e i due settori collaborarono spesso insieme.

Un problema, non piccolo, specifico dell'astronomia, che emerse subito all'epoca e che è un punto centrale ancora oggi della didattica scolastica dell'astronomia, è che, come disciplina, l'astronomia non esiste nelle scuole. Una volta, quando c'erano i “programmi”, l'astronomia veniva trattata nel corso di Scienze, laddove gli insegnanti quasi mai avevano una preparazione astronomica, sia pur superficiale. Di conseguenza, la materia era affrontata con un approccio in sostanza solo di tipo morfologico, linneiano direi: il Sole, i pianeti, le stelle, le galassie. E l'aspetto fisico ed evolutivo dell'universo e dei suoi oggetti finiva per scomparire.

Poi, con le linee guida (o come tutto questo si chiami oggi) si è deciso di lasciare all'insegnamento di Scienze la sola cosiddetta geografia astronomica: coordinate e moti dei corpi celesti, anche se nei testi ministeriali si parla di “descrizione dell'universo”: una frase che vuol dire tutto e niente, tenuto conto che di questi argomenti si dovrebbe

² Questa discussione è ampiamente trattata (con una vasta bibliografia di riferimento) in Bandiera (2005).

trattare al primo anno delle superiori, quando appunto gli studenti non hanno alcuna conoscenza fisica: nuovamente un approccio morfologico.

La parte dell'astrofisica, infatti, sarebbe lasciata (con una certa libertà didattica) ai corsi di fisica, laddove, tuttavia, pochi degli insegnanti hanno svolto un qualche corso di astrofisica all'università e i metodi dell'astrofisica non sono gli stessi di quelli della fisica delle particelle: si presenta quindi anche qui un problema riguardante la verticalità delle conoscenze degli insegnanti e di riflesso degli studenti.

Inutile dire che, comunque, un approccio nelle scuole che coinvolga anche gli aspetti storico-scientifici per sfruttarli didatticamente in senso trasversale è in pratica del tutto inesistente. Al massimo può capitare che qualche insegnante si limiti a premettere un brevissimo richiamo storico a qualche argomento, come si può trovare in alcuni manuali (molto raramente) o in certe schede didattiche di approfondimento.

Proprio per questi motivi, la Società Astronomica Italiana ha cercato di coinvolgere gli insegnanti con delle proposte che li avvicinassero all'astronomia, sia con un processo verticale di aggiornamento della disciplina, sia con un processo trasversale di collegamenti interdisciplinari.

In particolare, negli ultimi decenni, una particolare attenzione è stata dedicata alle scuole di astronomia per insegnanti (di alcune sono stato anche responsabile per diversi anni). Queste scuole di aggiornamento (ora è rimasta solo quella di Stilo), ufficialmente riconosciute dal Ministero, sono tenute da astronomi con lo scopo non di "insegnare a insegnare" l'astronomia – nessuno degli astronomi docenti ha la preparazione o la presunzione di poterlo fare – ma con lo scopo di fornire agli insegnanti (insegnanti di varie discipline, non solo scientifiche) proprio degli strumenti culturali, ovviamente di tipo astronomico. Strumenti che poi, nei gruppi pomeridiani di lavoro, gli insegnanti stessi possono sfruttare per una trasposizione didattica, cioè realizzare delle proposte didattiche che siano veramente trasversali alle diverse discipline. Proprio per questo motivo, un ruolo importante in queste scuole è svolto dalle lezioni di storia dell'astronomia che sviluppano e approfondiscono il suo peculiare carattere multidisciplinare.

Devo dire che i risultati, anche secondo il parere degli insegnanti che vi partecipano, sono sempre stati molto incoraggianti. Gli insegnanti – che sono abituati a lavorare in gruppi di discipline differenti – hanno sviluppato varie proposte didattiche, in cui la storia dell'astronomia gioca spesso un ruolo centrale. Molte di queste sono state anche pubblicate sul «Giornale di Astronomia» della SAIIt, che dirigo – devo dire – oramai da troppo tempo (quasi vent'anni).³

Questa potrebbe essere una proposta da discutere con i colleghi della didattica della fisica: organizzare delle scuole di fisica e astronomia per insegnanti, nelle quali, appunto, la parte storica non si limiti a un semplice racconto di chi era Newton o Volta o Einstein, ma costituisca una descrizione metodologica di cosa gli scienziati in esame hanno fatto e in che modo; una descrizione in grado di poter essere utilizzata in modo trasversale nell'elaborazione delle tematiche da discutere e in modo verticale per il loro approfondimento. Questo al fine di elaborare una narrazione che renda poi più

³ Vedi l'indice degli articoli della sezione "Didattica dell'astronomia" nel sito web [Giornale di Astronomia].

comprensibile agli studenti il modo in cui le conoscenze attuali presentate nei loro libri si sono originate, sviluppate, evolute, abbandonate, modificate, aggiungendo nel tempo piccoli frammenti di conoscenza ad altri piccoli frammenti di conoscenza, alla ricerca non della Verità, bensì di una migliore descrizione del mondo in cui viviamo.

Un punto rilevante della questione riguardante i rapporti tra didattica e storia delle nostre discipline, nella logica appunto che l'approccio storico non sia limitato, come si diceva, a una sintetica descrizione degli avvenimenti precedenti alla Verità, sta, a mio avviso, nella domanda: chi fornisce una formazione storica ai didattici della fisica e dell'astronomia? Poiché queste non sono necessariamente seguite all'università da chi poi entrerà nell'insegnamento scolastico, sia perché non sono molti i corsi in storia della fisica e ancora meno in storia dell'astronomia, sia perché non sono obbligatori per i futuri insegnanti.

Anche questo potrebbe essere un futuro punto di discussione con i colleghi della didattica.

Prima di terminare, credo sia opportuno spendere qui alcune parole solo per sollevare un tema che merita certamente un più ampio approfondimento: la situazione dell'insegnamento della storia dell'astronomia a livello universitario.

A quanto mi risulta, si contano sulle dita di una mano i corsi universitari attivi di storia dell'astronomia: Giulio Peruzzi a Padova (con la collaborazione di Valeria Zanini) e Giuseppe Longo alla "Federico II" di Napoli, oltre ai corsi di Storia dell'Astronomia e di Storia della Cosmologia che io tengo a Bologna. Mi risulta inoltre un corso di Storia dell'Astronomia tenuto da Costantino Sigismondi, nel Master in Scienza e Fede all'Ateneo Pontificio "Regina Apostolorum" di Roma, e due corsi di Archeoastronomia: uno di Giulio Magli, ad Architettura al Politecnico di Milano, e uno di Adriano Gaspani, all'Istituto Superiore di Scienze Religiose e Università "Card. Giovanni Colombo" di Milano. Per inciso, nessuno di questi docenti (a parte il sottoscritto) mi risulta oggi iscritto alla SISFA.

Inoltre, un aspetto che mi preme sottolineare è che la nuova struttura dei corsi universitari fa sì che la tesina di laurea triennale si risolva ufficialmente in uno scarno elaborato compilativo non originale e, almeno nel caso bolognese, la presenza di una laurea magistrale in Astrofisica e Cosmologia fa sì che gli studenti si rivolgano ovviamente a tesi di ricerca in ambito astrofisico, se vogliono avere una minima possibilità di accedere ai successivi dottorati. Ne risulta come non sia più possibile seguire quelle "vecchie" tesi di laurea quadriennali di ricerca che, restando almeno alla mia esperienza personale, consentivano di far crescere alcuni bravi studenti nel campo delle discipline storico-astronomiche; allievi che, proprio per la mancanza di sbocchi professionali nel settore, sono poi stati costretti o a emigrare all'estero o ad abbandonare il campo della ricerca.

Inutile riprendere adesso il discorso già fatto riguardo all'importanza delle questioni istituzionali per lo sviluppo di una disciplina, se non per rilevare come il risultato di tutto questo sia che, se è vero che dall'accademia, cioè da un corso d'insegnamento, nasce un ambiente dedicato a una disciplina, si può tristemente affermare come la storia dell'astronomia – come disciplina universitaria istituzionale –

abbia già tranquillamente raggiunto nel nostro paese la temperatura critica quasi prossima alla radiazione cosmica di fondo: cioè la sua “morte termica”.

Mi piace terminare citando un passaggio dal necrologio di Einstein per Ernst Mach che sottolinea l'importanza per gli studenti degli studi in storia ed epistemologia della scienza:

Come accade che un fisico di talento si cominci ad occupare di epistemologia? Non c'è lavoro più importante da fare nella sua specialità? E sento che molti colleghi la vedono proprio così. Ma io non riesco a condividere questo punto di vista. Quando penso agli studenti più bravi che ho incontrato nel mio insegnamento – che sono quelli che si distinguono per indipendenza di giudizio e non solo per velocità di pensiero – posso affermare che avevano tutti un vigoroso interesse per l'epistemologia. Iniziavano volentieri discussioni sui metodi e i fini della scienza, e mostravano in modo non equivoco, attraverso la tenacia con cui difendevano il loro punto di vista, che tale materia per loro era importante (Einstein 1916, p. 101).⁴

Formare abilità: il ruolo della Ricerca in Didattica della Fisica e il suo rapporto con la storia della fisica (Marisa Michelini)

L'istruzione può essere una semplice offerta d'informazione; essa mira a produrre l'acquisizione di conoscenze, non è quindi disgiunta dalla formazione di capacità o ancor meglio di competenze che formano una cultura di ambito. Le discipline fondano, infatti, il processo interpretativo e si configurano come mappe per orientarci nell'interpretare l'esperienza. Produrre educazione e cultura significa produrre appropriazione di modi di guardare (epistemologie), strumenti e metodologie per farlo.

La missione della formazione oggi non è quella di insegnare, ma di trovare strategie e modalità per far apprendere. Si deve produrre l'appropriazione di strumenti e metodi disciplinari nei contesti disponibili per saperli utilizzare in seguito in altri contesti, spesso interdisciplinari.

L'innovazione richiesta alla scuola oggi è legata alla trasformazione dalla scuola delle conoscenze a quella delle competenze, dai programmi delle discipline alla progettazione unitaria del curriculum verticale e dall'insegnamento sequenziale delle singole materie a un processo di insegnamento/apprendimento con personale coinvolgimento di chi apprende.

La Ricerca in Didattica della Fisica (RDF), come quella in storia della fisica, si colloca in un settore scientifico disciplinare (FIS/08) in difficoltà per molte ragioni tra cui principalmente: lo scarso riconoscimento che ha tale ricerca nei dipartimenti di fisica in cui si trova e in cui vuole collocarsi, la mancanza di finanziamenti e di risorse umane; la carriera in tale settore non è promossa, anzi, è particolarmente ardua. Eppure la RDF contribuisce al successo formativo a tutti i livelli scolari e c'è oggi un grande bisogno d'innovazione didattica a tutti i livelli, non di meno a livello universitario. Il contributo della RDF è confuso con la comunicazione, la divulgazione, l'applicazione di

⁴ L'originale in Einstein (1916) è in tedesco, qui è riportata la traduzione da Dorato (2008).

conoscenze. Le RDF sono spesso confuse con ricerche pedagogiche, sociologiche o psicologiche, oppure identificate con la pedagogia della fisica nel senso di aspetti metodologici generali come il ruolo del lavoro di gruppo, dei compiti a casa o del lavoro individuale nell'ambito delle attività didattiche. Non è compresa la natura specifica della RDF, volta a conoscere modalità di apprendimento specifiche disciplinari e a mettere a punto percorsi di integrazione di conoscenze e abilità, aspetti culturali e strumenti operativi per formare quelle competenze che costituiscono cultura.

La messa a punto di percorsi basati su evidenze di ricerca viene poi spesso considerato allo stesso livello di una pianificazione o programmazione scolastica operata dall'insegnante esperto, la cui esperienza e il cui intuito vengono considerati sostitutivi di studi e ricerche. Si confondono così il testimone di esperienza e la buona pratica con la ricerca, quando entrambi sono indispensabili per lo sviluppo professionale del docente. È quindi necessario chiarire in primo luogo il carattere delle RDF.

Le ricerche in Didattica della Fisica (RDF) sono specifiche dei contenuti, dell'epistemologia, degli strumenti e dei metodi della fisica e della sua didattica. Esse hanno natura interdisciplinare con altri campi di ricerca in pedagogia, in psicologia, in sociologia, in linguistica e in comunicazione, ma hanno specifici contenuti e ruoli. Trovare i modi per produrre apprendimento della meccanica quantistica nella scuola secondaria e capire quali piste di ragionamento si attivano nel processo da parte dei ragazzi è evidentemente uno specifico della RDF, che nessuno degli altri campi di ricerca con cui essa si relaziona può condurre.

Le RDF sono poi diverse e di natura diversa, ne derivano pertanto contributi in un ampio spettro.

Come appare in Fig. 1, vi è il filone della ricerca e dello sviluppo, che produce materiali didattici di diverso tipo, come esperimenti, software, schede di lavoro. Vi è il filone delle ricerche sul curriculum che porta a studi comparati nei contenuti, nelle attività e nel modo di condurre percorsi verticali e permette di studiare e fissare esiti di apprendimento nelle diverse fasi del curriculum. In Fig. 2 è riportato il quadro teorico di riferimento di van den Akker, che è uno dei più diffusi per la ricerca curriculare (van den Akker, Fasoglio, Mulder 2008), mentre la Tabella 1 illustra esempi di domande di ricerca in questo campo.

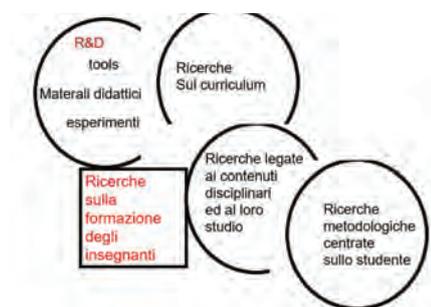


Fig. 1. I diversi campi di Ricerca in Didattica della Fisica (RDF)

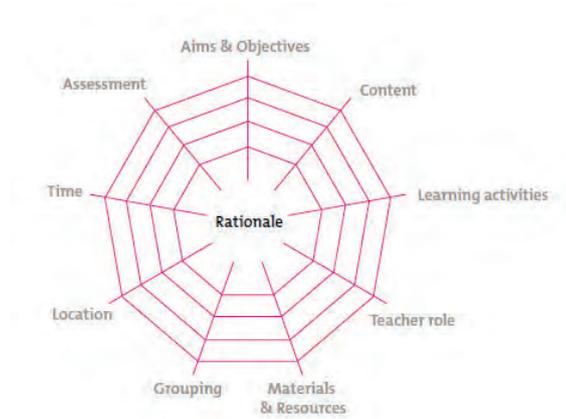


Fig. 2. Uno dei principali quadri teorici di riferimento della ricerca curriculare definito in (van den Akker, Fasoglio, Mulder 2008)

Un ampio ambito di ricerche RDF è focalizzato sui contenuti disciplinari (“content research”) e sulle modalità con cui vengono appresi, ivi comprese strategie, metodi, strumenti di ricerca, ragionamenti degli studenti e modelli interpretativi, che determinano i modi con cui i contenuti disciplinari possono essere proposti per favorire l’apprendimento. Una domanda che gli stessi ricercatori in questo ambito si sono posti è: perché focalizzare la ricerca sui contenuti invece che sui soli metodi?

RQ1. Gli studenti sono interessati e motivati nello studio di MST?	Out1. Come motivare gli studenti.
RQ2. Quali sono le principali attività didattiche effettuate a scuola?	Out2. Quale contributo ad arricchire le attività didattiche.
RQ3. Quanto tempo gli studenti dedicano allo studio delle MST?	Out3. Come differenziare le attività.
RQ4. Quali sono i materiali didattici che gli alunni utilizzano a scuola?	Out4. Quali materiali didattici offrire.
RQ5. Come sono valutati gli alunni?	Out5. Le valutazioni e il monitoraggio degli apprendimenti.
RQ6. Dove si svolgono le lezioni?	Out6. Studio di nuove occasioni e modalità didattiche.

Tabella 1. Domande di ricerca sul *curriculum*

La risposta è arrivata assieme a diversi studi sulla ricerca didattica basata sui contenuti *physics education content research* ben rappresentati dai documenti (McDermott, Redish 1999) e dal contributo di rassegna di Hans Niedderer (2010). Tali studi ci portano le seguenti risposte: 1) la didattica di una specifica disciplina è essenzialmente lo studio di come offrire educazione scientifica; 2) l'apprendimento è legato a specifici contenuti e non basta considerare metodi generali; 3) si deve migliorare la pratica didattica nel merito dei contenuti disciplinari con la ricerca; 3) si deve promuovere la ricerca sulla struttura dei contenuti; 4) esplorare i processi di insegnamento /apprendimento per nuovi argomenti è una necessità a cui solo la RDF può rispondere; 5) serve esplorare l'apprendimento concettuale e l'attività di laboratorio; 6) lo studio di strategie e metodi per superare nodi concettuali è strettamente legato ai contenuti e ai materiali messi in campo, in termini di ruolo in apprendimenti specifici; 7) vi è un estremo bisogno di studiare percorsi didattici e apprendimenti associati.

I tipi di ricerca nell'ambito della *Content-Oriented Theory* riguardano, ad esempio: la determinazione di obiettivi e contesti, le idee dei ragazzi sulle spiegazioni e interpretazioni dei fenomeni e i ragionamenti associati, i percorsi e i processi di apprendimento degli studenti; lo sviluppo di test su specifici contenuti; trovare risultati in merito al ruolo per l'apprendimento di approcci, concetti, contesti, motivazioni in merito a specifici temi; individuare profili concettuali e concezioni parallele rispetto a quella scientifica; studiare le traiettorie di apprendimento e gli associati processi. Si studiano percorsi di insegnamento/apprendimento, ruolo di strumenti differenziati nell'apprendimento, *Design-Based Research* (discussa in Constantinou 2011), lo sviluppo del pensiero formale, i progressi nell'apprendimento e la formazione degli insegnanti e del loro sviluppo professionale (nel sito [GIREP]) e in alcuni siti di ricerca didattica si trovano contributi significativi presentati in convegni, come in [GIREP Seminar 2001] e in [GIREP Seminar 2003] oppure in [UNIUD Proceedings].

Il quadro teorico di riferimento per le ricerche in questo campo è il *Model of Educational Reconstruction*, la cui struttura si articola come segue:

A. Analisi della struttura dei contenuti

A1. Chiarificazione disciplinare:

A1.1 – libri di testo e pubblicazioni;

A1.2 – sviluppo storico delle idee;

A1.3 – concezioni e idee spontanee dei ragazzi.

A2. Analisi della significatività educativa.

B. Ricerca sui percorsi di I/A.

C. Sviluppo di materiali e attività di ricerca. Proposte di I/A con nuovi metodi.

Particolare attenzione è dedicata in queste ricerche ai nodi concettuali. Essi nascono da ragionamenti di senso comune, ragionamenti naturali impliciti con correlati elementi di coerenza (come le convinzioni che serve una forza per avere un moto a velocità costante, il calore è una sostanza, il galleggiamento è una posizione nel liquido proporzionale al peso del corpo). Oggi sappiamo che non c'è l'osservazione senza un'idea interpretativa (esplicita o implicita). Ciascuno di noi nel leggere la

fenomenologia fa ragionamenti di senso comune, che originano: da elementi percettivi ed evidenze sperimentali contingenti (sensazione termica, meccanismo della visione), da ambiguità del linguaggio (avere forza), da modelli interpretativi storici superati ed entrati nella nostra cultura (calore). Il relativo livello di coerenza ne determina la resistenza. Dalle ricerche in didattica scientifica emerge che la conoscenza scolastica e i ragionamenti naturali spesso coesistono nello stesso territorio. Vi sono angoli strategici dai quali la conoscenza di senso comune interpreta la fenomenologia e fornisce chiavi interpretative, che emergono in termini operativi per un grande numero di contesti fenomenologici (attrito, linee di campo, modelli oggettuali...). Spesso esse non coincidono con la struttura ortodossa della disciplina. È necessario trovare le chiavi interpretative e gli angoli strategici per costruire i ponti per raggiungere la visione scientifica, trovando angoli di attacco per attivare i ragionamenti. Si deve porre attenzione a non rafforzare le idee ingenue e di senso comune e il linguaggio approssimato, ma costruire il ponte verso la visione scientifica dei fenomeni, come associando il concetto di forza allo sforzo muscolare, lasciar costruire l'idea che l'energia è un ente reale, che passa, si consuma, si genera, si disperde, si immagazzina, limitare il concetto di pressione.

L'altro grande ambito su cui le ricerche RDF si inquadrano riguarda gli aspetti metodologici centrati sullo studente, come i modi in cui si realizza il cambiamento concettuale e il ruolo di modelli, argomentazioni, rappresentazioni nei processi di apprendimento in fisica. Esempi di linee di ricerca basate su aspetti metodologici sono: 1) apprendimento scientifico e comprensione concettuale; 2) aspetti cognitivi, affettivi e sociali dell'apprendimento scientifico; 3) processi di insegnamento scientifico; 4) natura della scienza: storia, filosofia e sociologia della scienza; 5) discorsi e argomentazioni nell'educazione scientifica; 6) alfabetizzazione scientifica e questioni socio-scientifiche; 7) ambiente, salute ed educazione scientifica nel mondo intorno a noi; 8) valutazione dell'apprendimento e dello sviluppo di competenze; 9) questioni culturali, sociali e di genere nell'educazione scientifica e tecnologica; 10) questioni metodologiche nella ricerca sull'educazione scientifica.

Uno spazio a sé stante merita il vastissimo campo di ricerche su modelli e processi della formazione degli insegnanti. Si tratta degli studi sull'apprendimento dell'insegnante e lo sviluppo della professionalità docente, che si collocano in un ampio contesto di analisi dei bisogni dell'insegnante per l'appropriazione di strategie e metodi che producono competenze professionali specifiche per la fisica.

La RDF riguarda quindi strumenti per la didattica, contenuti e percorsi didattici, metodi per l'apprendimento, formazione degli insegnanti, ambiti e contesti differenziati in cui i processi di apprendimento avvengono.

Le ricerche in didattica della fisica a Udine. Le ricerche in didattica della fisica di Udine si svolgono in 3 direzioni:

1. Processi di apprendimento e ruolo di:
 - ragionamento nell'operatività: *hands-on & minds-on* per interpretare i fenomeni;

- modelli oggettuali: strumenti per costruire il ponte tra il senso comune e le idee della fisica.
- 2. Contributo delle TIC: RTL e *modeling*.
- 3. Costruire il pensiero teorico: un percorso ispirato a Dirac per affrontare la meccanica quantistica.

Dalle ricerche sappiamo che in base alla “idea” di una realtà... *nei singoli e nei gruppi* si costituiscono delle rappresentazioni/schemi mentali rilevanti per relazionarsi con essa – “riconoscere” e comprendere le azioni, progettare modi di rapportarsi a essa. L’immagine di un contesto definisce le aspettative di chi si rapporta con esso a tutti i livelli e orienta le scelte: è quindi importante offrire ai giovani esperienze metodologicamente diverse e riferite a diverse realtà.

Un impegno particolare riguarda la ricerca sulla formazione degli insegnanti a partire dal quadro di riferimento fondato da Shulman (1998) del PCK (*Pedagogical Content Knowledge*, o insegnabilità), che va oltre la conoscenza della disciplina in sé, gli aspetti pedagogici della didattica e comprende le più utili e alternative forme di analogie significative, rappresentazioni, illustrazioni ed esempi, spiegazioni. Comprende una comprensione di ciò che rende facile o difficile l’apprendimento di specifici argomenti (didattica dei contenuti), concezioni e preconcezioni (processi di apprendimento agiti), strategie fertili nella riorganizzazione della comprensione, idee spontanee e loro influenza sull’apprendimento, conoscenza basata sulla ricerca e comprensione dei contenuti disciplinari.

Dalle sperimentazioni di ricerca sulla formazione degli insegnanti emerge che la conoscenza dei contenuti tradizionale (CK) associata alla conoscenza pedagogica tradizionale di base (PK) non produce automaticamente nell’insegnante l’integrazione tra CK e PK. L’insegnante formato in questo modo riproduce lo stile d’insegnamento trasmissivo con una lista narrativa di nozioni: risposte a questioni non poste! Il ragionamento di senso comune è evocato come strategia per coinvolgere lo studente, ma non è usato come punto di partenza per produrre l’evoluzione del modo di pensare dello studente stesso. La prospettiva globale non è promossa da quella locale nei ragionamenti.

La soluzione proposta è allora costruire la conoscenza dei contenuti CK analizzando proposte didattiche che vengono dalla ricerca e l’integrazione di tre modelli nella formazione degli insegnanti; quello metaculturale, quello esperienziale e quello situato. Il modello metaculturale offre esempi di trattazione didattica dei contenuti integrando una riflessione su conoscenza della materia, natura della conoscenza in fisica, esemplificando modalità in percorsi didattici in cui si affrontano i nodi concettuali e le difficoltà nei processi di apprendimento della disciplina. Quello esperienziale propone all’insegnante mediante tutorial e attività specifiche di vivere nell’innovazione didattica la stessa esperienza dello studente che apprende in termini di sfide intellettuali e problematiche. Quello situato si fonda sulla ricerca-azione e rappresenta l’apprendimento dell’insegnante nel contesto professionale in cui esplora i ragionamenti dei ragazzi, ne analizza le difficoltà e monitorizza il processo di evoluzione di idee.

La seguente figura sintetizza questa irrinunciabile integrazione.

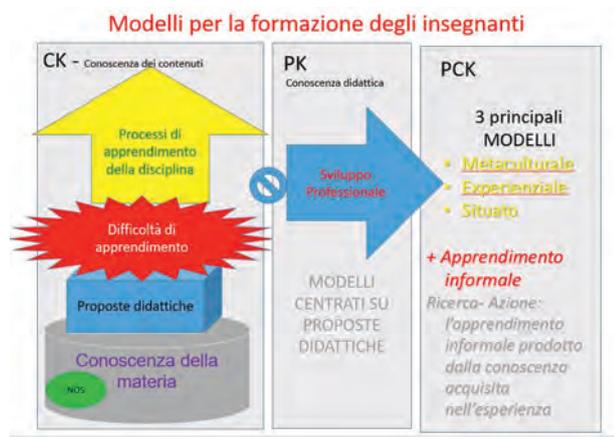


Fig. 3. Modelli per la formazione degli insegnanti

La nuova legge sulla formazione degli insegnanti prospetta l'opportunità di operare questa saldatura, o meglio integrazione, e offre anche la possibilità di saldare la formazione iniziale dell'insegnante con lo sviluppo professionale dell'insegnante in servizio, poggiandosi sul ponte tra ricerca didattica e pratica scolastica. Si deve porre attenzione a non ricadere nelle ambiguità sopra menzionate e fare della RDF una risorsa per lo sviluppo e la qualità nella didattica della fisica.

La storia contribuisce in termini multidimensionali alla RDF. Vediamone alcuni. La storia delle idee, degli uomini in un contesto sociale, gli strumenti sono un contenuto in sé, ma offrono anche contributi metodologici. Esempi di natura diversa sul ruolo della storia sono gli strumenti concettuali della storia delle idee, che utilizziamo per superare i nodi di apprendimento, come l'esperimento mentale di Newton del lancio di una palla da un'alta montagna, l'ascensore di Einstein o il telo di Eddington per chiarire cosa vuol dire cadere.

Le rappresentazioni per organizzare idee e concetti costituiscono una risorsa per l'esplorazione concettuale, come le linee di campo magnetico.

Sono palestra di apprendimento i modelli di ragionamento per spiegare fenomeni, come nell'ottica geometrica l'interazione della luce con i materiali e il meccanismo della visione, le ombre, la riflessione, la camera oscura, il caso della rifrazione e, non ultima, la storia dell'arte e i fenomeni ottici: capire i colori (dalla luce alla radiazione).

La natura della spiegazione e il significato dell'interpretazione, come la costruzione e rivisitazione delle leggi fenomenologiche a confronto con le teorie, fondano l'identità della fisica nella sua didattica e devono entrare nel processo di apprendimento come esperienza di personale rielaborazione concettuale. Ciò spinge la ricerca didattica a fare della storia della fisica e della sua ricerca una risorsa concettuale. Per rimanere nel campo dell'ottica ecco allora che l'esplorazione del ruolo e delle conseguenze dell'applicazione del principio di Huygens costituisce risorsa per l'apprendimento che fonda cultura in fisica, come anche nelle nuove linee guida per il

curriculum di spettroscopia, l'emissione e assorbimento di radiazione, una storia interpretativa, la nascita di nuove idee, la nascita di nuove teorie.

Abbiamo bisogno di una storia della fisica e della scienza senza narrazione per l'argomentazione e la costruzione di una conoscenza che sia strumento per nuove conoscenze.

La formazione dei ricercatori in Storia della Scienza (Augusto Garuccio)

I temi del ruolo della storia della scienza nella formazione dei fisici e quello più generale della formazione dei ricercatori in storia della scienza sono molto complessi, giacché sono l'intreccio dello sviluppo storico delle ricerche nel settore, della sensibilità della comunità rispetto al tema, di scelte didattiche e accademiche.

Credo che una relazione come quella del collega Rossi dovrebbe essere un punto di riferimento per tutti i giovani che si avvicinano, per esempio, alla fisica teorica in generale e alla teoria dei campi nello specifico. A tutti noi è successo tante volte di iniziare ad affrontare una nuova problematica scientifica entrando direttamente nel terreno della specificità della questione senza avere la possibilità, eventualmente con la guida di qualcuno, di distaccarsi dal contingente (risolvere il problema, pubblicare il più presto possibile, pubblicare sulla rivista di maggior impatto, ecc.) e affrontare la questione da un punto di vista prospettico per comprendere in quale tematica generale, in quale direzione, con quale relazione con le idee fondamentali della scienza e della fisica i ricercatori attuali stanno lavorando.

Il rapporto con la storia della disciplina è un problema fondamentale nella formazione dei giovani fisici ed è ancora più drammatico rispetto agli altri settori del sapere scientifico, come per esempio quello della formazione degli ingegneri, dove per tradizione l'attività consiste nel realizzare "qui e subito" e non anche affrontare temi legati non necessariamente a cose immediatamente realizzabili.

I fisici hanno una lunga tradizione di dibattiti sul fatto che non solo le cose si possono osservare e si possono descrivere, ma anche che si possono ipotizzare anche se non direttamente e immediatamente osservare. Basti pensare alla discussione, che si ebbe nell'Ottocento con la nascita della meccanica statistica, sull'esistenza degli atomi, nella quale si è visto che i fisici sono arrivati per ultimi e con grande sforzo ad accettare l'esistenza degli atomi, recuperando alla fine una fertile idea della cultura greca presente già nei presocratici e riaffiorata nel pensiero occidentale con la scoperta del manoscritto del *De rerum natura* da parte dell'umanista Poggio Bracciolini nel 1417, scoperta che molti studiosi considerano come l'elemento chiave del passaggio dall'Umanesimo al Rinascimento. Oppure al dibattito che si apre nei primi del Novecento intorno ai vari *Gedanken Experiment* sulla meccanica quantistica, come ad esempio il Paradosso di Einstein, Podolsky e Rosen.

Ritornando al nostro tema, credo che la sua risoluzione sia molto complessa, perché tra l'altro tocca alcuni nodi non del tutto sciolti: il rapporto tra storia della fisica (storici della fisica) e storia della scienza (storici della scienza) e, accanto a questo, un terzo nodo rappresentato dalla relazione con la didattica della fisica (didattici della

fisica) unificati in un unico settore scientifico disciplinare (FIS/08) e ora accorpatisi in un settore concorsuale insieme alla fisica applicata. Il sistema è troppo complesso, come noi ben sappiamo per tutti i problemi a “tre corpi”, e come tale è risolvibile tramite “approssimazioni successive” che necessariamente devono partire dall’idea di accettare la realtà che c’è intorno a noi per trovare man mano soluzioni sempre migliori.

Accanto a questo primo problema c’è un’altra difficoltà tutta interna alla comunità dei fisici: il ruolo degli storici della fisica (ma anche dei didattici della fisica) all’interno dell’organizzazione dei dipartimenti di fisica. Un’interazione in generale difficile, con qualche positiva eccezione, che pesa molto negativamente sull’orientamento dei giovani verso questo settore. Per quella che è la mia esperienza, il 50% degli studenti che seguono i corsi di storia della fisica lo fa perché risulta essere un corso relativamente “facile”, ma il restante 50% lo considera un corso interessante, un corso nel quale riprendono e riavvolgono quel filo generale dello sviluppo della fisica e del suo valore culturale, che in un certo senso hanno smarrito durante il loro corso di studio.

Gli studenti di Fisica si iscrivono a questo corso di laurea non perché siano interessati allo sviluppo di specifici settori come la meccanica quantistica o la teoria dei campi o la fisica delle particelle o la fisica dello stato solido; si iscrivono perché hanno in mente il progetto di poter partecipare allo sviluppo delle conoscenze fisiche e contribuire in qualche modo anche al progresso della collettività. Poi lentamente questo interesse è attutito con l’apprendimento delle competenze specifiche disciplinari, che ovviamente sono fondamentali per formare un fisico moderno. Perdono, però, la visione d’insieme del processo di formazione del loro sapere, per cui, ad esempio, non sanno più localizzare i pensatori nello spazio e nel tempo, perdendo quella dimensione storica del sapere fisico che è, però, una dimensione fondamentale della loro formazione culturale. Senza la dimensione storica, senza la riflessione sull’epistemologia della fisica, la fisica diventa quello che Croce voleva che diventasse: una pura scienza tecnica, un insieme di applicazione subalterna rispetto alla razionalità del pensiero filosofico.

Anche nella fase di formazione dei giovani ricercatori in storia della fisica ho personalmente trovato alcuni ostacoli. Persone autorevoli del mio dipartimento con molto garbo mi invitarono fin dall’inizio a portare le mie ricerche di storia della fisica in un Dottorato diverso da quello di Fisica; per fortuna fui accettato molto volentieri dal collega Mauro Di Giandomenico nel Dottorato di Storia della Scienza dell’Università di Bari, dove incominciai una collaborazione molto proficua, fino a diventarne recentemente coordinatore. Questa esperienza per me è stata un momento di crescita culturale, grazie al confronto tra posizioni e approcci anche diversi portati avanti dai colleghi di storia della scienza; dopo di me, entrarono nel Dottorato altri fisici, chimici, informatici, biologi: tutti contribuendo ad arricchire il Dottorato di Storia della Scienza con le proprie diverse competenze. Ovviamente, però, questo genera una personale dicotomia: la ricerca e la formazione di nuovi ricercatori in storia della fisica si volge l’ambito del Dottorato in Storia della Scienza, ma quella nei fondamenti della fisica nel Dottorato in Fisica. Ogni tanto devo formalmente scegliere quale ruolo assumere.

Questo comportamento non è comune a tutte le Università. Ho cercato di recuperare dei dati riguardanti il peso del settore FIS/08 nei vari Dottorati. Devo dire che non è stato

facile, perché diversi Dottorati non precisano in nessun modo i settori scientifico-disciplinari di fisica che vi afferiscono. Alcuni sì. In questa ricerca ho trovato pochi Dottorati che fanno esplicito riferimento al settore di storia della fisica; molto spesso è indicato solo il settore scientifico disciplinare FIS/08 e, quindi, non si può distinguere tra storici e didattici della fisica. Ad esempio, il Dottorato di Bologna ha sicuramente tra i settori quello di FIS/08, e lo stesso per Napoli; per Padova non è chiaro, perché comprende genericamente tutti i settori; a Udine c'è FIS/08, che è più riferito al settore della didattica, a Genova è citato esplicitamente l'indirizzo di Storia della Fisica.

Nel complesso i Dottorati in Fisica che includono in maniera esplicita il tema della storia della fisica sono una minoranza rispetto al numero totale: forse sono 5 o 6 quelli in cui è affrontato in maniera chiara e precisa.

Ovviamente storia della fisica o FIS/08 sono soltanto un'etichetta; bisognerebbe poi fare un'analisi su quanti sono i dottorandi che effettivamente lavorano in questo settore, ma credo che non si vada oltre il numero delle dita delle due mani. E questo è un problema fondamentale, perché è ben noto che con la nuova normativa introdotta dalla legge 240/2010 bisogna possedere il titolo di dottore per accedere alla carriera universitaria. Mentre in passato si poteva arrivare alle posizioni permanenti universitarie senza titolo di PhD, il vincolo ora vigente impone un percorso di formazione che sia obbligatoriamente all'interno del sistema universitario, anche se non necessariamente italiano.

Allora, qual è la proposta che in questa Tavola rotonda voglio presentare e discutere? Certamente ognuno è libero di continuare per la via già battuta e, tra parentesi, il Dottorato di Storia della Scienza di Bari è sempre stato e continuerà a essere aperto a tutti quelli che vogliono partecipare. Ma questa non è una soluzione di sistema: è una soluzione individuale.

Credo che si dovrebbe pensare a una strategia diversa. Qualche tempo addietro, in Italia avevamo una realtà importante costituita dalla Domus Galileiana, che è stata per molte delle persone qui presenti il luogo nel quale hanno cominciato a discutere di storia della fisica e di storia della scienza e a formarsi come ricercatori: storia delle scienze dure, non soltanto medicina del Settecento o meccanica del Settecento. Ora la Domus Galileiana vive in uno strano stato, una sorta di limbo, e credo che sia attualmente sotto il controllo, o la tutela, della Scuola Normale. Però, forse, potremmo cominciare all'interno della SISFA, così come anche di tutte le società di Storia della Scienza, a elaborare un progetto intorno alla Domus che la ponga al centro della formazione dei nuovi storici delle scienze. Viviamo, infatti, l'assurdo che ora la Domus Galileiana sia gestita dalla Scuola Normale, in cui la raggiunge con punte di eccellenza, però non conosciamo le strategie di questa Istituzione rispetto a quella realtà che ha segnato un momento importante per lo sviluppo in Italia delle ricerche in storia della scienza in generale e della fisica in particolare.

La mia proposta, quindi, è quella di concentrare gli sforzi sulla nascita di un nuovo Centro d'eccellenza centrato sulla Domus, nel quale si formino, in collaborazione con le Università interessate, i nuovi ricercatori di storia della fisica (e delle varie scienze) che, poi, rispondano all'esigenza di storici specialistici nei vari dipartimenti su tutto il territorio nazionale. Può essere un ragionevole tentativo da metter in atto prima di

dichiarare il fallimento di ogni nostra politica della ricerca in storia della fisica e rinchiuderci ciascuno nel proprio orticello.

La scommessa dei nuovi linguaggi (Stefano Oss)

Qualcuno parla di *soft skills* per riferirsi a quella classe di competenze che non sono strettamente disciplinari ma comunque utili a completare la figura professionale e culturale dello scienziato. Fisico o altro che sia. Si tratta di un aspetto di tutto rilievo nel contesto della società contemporanea che chiede – anzi, pretende – una chiarezza e una comunicatività senza precedenti agli addetti alla ricerca scientifica, e giustamente. Uno sguardo obiettivo e impietoso sui percorsi formativi degli studenti dei corsi di studio in fisica mostra un grave difetto a tale proposito. Può anche darsi che i nostri laureati conoscano un sacco di fisica (la “conoscono” oppure la “sanno”?). Però le loro competenze comunicative – a parte sicuramente lodevoli improvvisazioni e casi di estemporaneo valore – sono carenti. Molto carenti. Ci premuriamo che i laureati in fisica non sfigurino nell’eloquio anglosassone (il che va sicuramente bene) ma non ci accorgiamo che il “seminario quadratico medio” che sono in grado di produrre è, il più delle volte, una sequenza densa e asettica di trasparenze fitte di formule, grafici, gergalità che, a volte, nemmeno gli addetti ai lavori riescono ad apprezzare.

Che la scienza diventi noiosa o accessibile a pochi iniziati è inaccettabile. Non si tratta di un proclama recente, tutto sommato. Galilei, Faraday, Watson, Sagan, per non scomodare personalità meno influenti del panorama della grande scienza, si erano fortemente schierati a favore della demolizione della torre di avorio nella quale si erano (e ancora sono) barricati certi detentori della pratica scientifica. Queste figure avevano compreso, nella loro grande genialità e umanità, che la conoscenza è sì non “per tutti” (sono gli addetti ai lavori a produrre scienza, nessuno ha e può avere da discutere su quest’aspetto) ma è comunque “di tutti”. Non ha senso che la nostra società sia esclusa dall’affacciarsi al panorama delle conquiste della ricerca scientifica e, soprattutto, dalla consapevolezza che tali conquiste siano tali da portare benessere, miglioramenti e vantaggi ad ampio spettro nella vita e nel quotidiano di tutti.

Ciò che serve – e che deve essere tenuto sempre vivo e alimentato – è un canale comunicativo a elevata efficienza e operatività fra i produttori di scienza e gli utilizzatori di scienza. Fra scienziati e società. Come questo si realizzi, è problema aperto e nemmeno da poco tempo. Ci sono continui tentativi di rimodulazione dell’offerta didattica (nei metodi e nei contenuti) che riguardano, per lo più, il livello scolastico preuniversitario. Nelle aule degli atenei invece l’impianto educativo è piuttosto statico, ormeggiato a stili tradizionalmente frontali, unidirezionali. Non che queste modalità formative siano sostituibili: le scienze fisiche necessitano di studio, riflessione, approfondimento, lettura e riletture di “testi sacri”, di continua sperimentazione e vita da laboratorio di misura. Tutti aspetti ineludibili. Questo non è però sufficiente per realizzare il collegamento scienza-società di cui qui si sta discutendo.

Gli studenti universitari sono anzitutto cittadini e, in quanto tali, hanno il diritto-dovere di essere sostenuti in una crescita a più ampio spettro culturale. Come a dire, “la

fisica non è tutto”. Ci sono altri due pilastri portanti nella formazione dello scienziato contemporaneo.

Da un lato è necessario inventare e realizzare percorsi formativi dedicati esplicitamente alle menzionate *soft skills*, ovvero a quella classe di competenze che sono necessarie a completare la figura professionale del futuro fisico. Ci si riferisce qui a quella parte di conoscenze che sono più affini ad aspetti giuridico-economico, a quelli di genere storico-filosofico e a questioni di tipo comunicativo ed espositivo. Per quanto riguarda i primi, è evidenza quotidiana che la vita nei centri di ricerca (università incluse) è fortemente influenzata da questioni per l'appunto burocratico-amministrativo. È certamente vero che al fine di supportare queste esigenze esiste il comparto di professionisti dedicati. Il più delle volte però accade che i ricercatori “non capiscano” il linguaggio della burocrazia. Semplicemente perché non lo conoscono nemmeno a livello dei suoi fondamenti. Non basta dunque appoggiarsi passivamente all'operato degli amministrativi. È necessario collaborare con loro per giungere a un'intesa efficiente e vantaggiosa per tutti. Per quanto riguarda invece gli aspetti di ordine storico-filosofico, è essenziale che la figura dello scienziato contemporaneo sia completata e arricchita da un minimo di conoscenze che permettano un dialogo partecipato e fattivo al cospetto di dibattiti e riflessioni pubbliche su questioni per esempio di etica e cittadinanza scientifica, di epistemologia e di responsabilità sociale. Non si tratta di aspetti sui quali si possa più di un tanto improvvisare. Si tratta di argomenti critici e forieri di importanti conseguenze generali per quanto riguarda la percezione sociale della ricerca scientifica. Le questioni poi di genere “comunicativo” sono legate alle (mancanti, a volte) abilità del ricercatore di esporre i risultati del suo lavoro con efficacia diversa e mirata in funzione del pubblico. Siamo in tempi di potentissimo supporto informatico e multimediale all'operato della ricerca. Le tecniche di visualizzazione (incluse le nuove realtà virtuali e aumentate) hanno rivoluzionato il modo in cui è possibile accedere alle informazioni e ai risultati che caratterizzano un'indagine scientifica. Nonostante ciò, allo studente dei corsi di studio in fisica non si offre molto più di qualche corso introduttivo al linguaggio e alla programmazione informatica oppure a qualche pacchetto di applicativi scientifici. E le presentazioni, i seminari, le conferenze continuano a venire realizzate in modalità statiche, in modo non del tutto dissimile da quando il supporto erano le “antiche” trasparenze per il proiettore retroilluminato.

È dunque necessario predisporre un'offerta formativa “estesa”, che includa corsi introduttivi e/o generali sulle sunnominate discipline (amministrazione pubblica, giurisdizione nella ricerca, storia, filosofia e sociologia della scienza, tecniche di visualizzazione, organizzazione di seminari, *public speaking* e così via).

A titolo di esempio, presso l'Ateneo di Trento è stato predisposto e offerto agli studenti (di qualsiasi corso di studio, a partire dal primo livello magistrale) un corso [*Scientific Visualization*] nel quale viene presentata una rassegna sui principali “motori di visualizzazione” e sulle tecniche di realizzazione di tipo grafico supportata dal computer. Detta rassegna si rivolge a molti ambiti disciplinari, spaziando dalla biologia alla matematica, dall'ingegneria alla fisica, all'informatica, alle varie specialità tecnologiche.

Il secondo pilastro è quello della scoperta e padronanza di “nuovi” linguaggi nella comunicazione e nella diffusione della cultura e della ricerca scientifica.

In quest'ambito si intende riferirsi *in primis* ad abilità espressive che, tutto sommato, dovrebbero risultare standard per chiunque si esprima nella propria lingua nativa. La situazione è invece diversa. È certamente vero che il gergale delle scienze fisiche non si permette troppe finezze sintattiche (in qualsiasi lingua) e che lo stile letterario di una pubblicazione scientifica non è particolarmente attraente dal punto di vista della metrica e dell'estetica. Ed è giusto che sia così, quando ci si deve muovere all'interno dell'ambito tecnico. Diverso è però se il fisico deve "raccontare una storia di scienza". È altro da scrivere una pubblicazione, nella quale "è proibito emozionarsi ed emozionare": la gente che non fa della scienza la propria professione ha diritto di essere "meravigliata" almeno quanto lo è lo scienziato al cospetto del fascino delle sue ricerche e dei risultati che ottiene.

Per affrontare e iniziare a dirimere questi problemi si deve procedere su due fronti. Da un lato, gli studenti dei corsi di studio scientifici devono ridiscutere e modulare il loro stile di redazione di testi e, allo stesso tempo, gli studenti di corsi di studio umanistico (non che la scienza sia disumana, ma si è sempre prigionieri della dicotomia crociana della cultura) e letterario devono ricevere sufficiente informazione su questioni scientifiche e tecnologiche. Un incrocio virtuoso di abilità che può essere realizzato in laboratori "misti", nei quali, per esempio, studenti "scienziati" e studenti "poeti" collaborano per convergere alla redazione di testi di contenuto tecnico e di spessore stilistico appropriato. Questo tipo di collaborazione è stato realizzato a Trento presso l'Istituto della Provincia Autonoma per la Ricerca e Sperimentazione Educativa in una serie di attività combinate fra docenti di scuole di I e II grado secondario di ambiti scientifico e umanistico. Con risultati piuttosto sorprendenti (il docente di italiano è "più bravo" di quello di scienze a raccontare la storia – e la sostanza! – di un esperimento condotto in laboratorio). La ricchezza del linguaggio parlato (e scritto) non contamina il rigore della matematica e delle scienze, tutt'altro: si rivela fonte di arricchimento e di approfondimento anche contenutistico, ben oltre gli aspetti estetici.

Un altro versante che è stato sperimentato a Trento in tema di nuovi linguaggi è quello dell'intesa fra narrazione teatrale e contenuto scientifico. È noto e conosciuto il binomio teatro-scienza da molti decenni. Si tratta però di un connubio per lo più affidato ad attori e registi – non scienziati – che drammatizzano avventure umane nelle quali i protagonisti sono dedicati all'impresa della ricerca scientifica. L'idea tridentina va oltre questa modalità. È stato fondato un laboratorio di teatro scienza (JPT [*Jet Propulsion Theater*]) nel quale scienziati e artisti condividono profondamente le loro competenze, dialogano, si offrono al pubblico, rivolgendosi anche alle scuole in un intento con dense valenze didattiche e formative. All'interno di questo laboratorio nasce anche l'offerta formativa a livello universitario consistente in un corso a livello di laurea triennale (senza distinzioni di corso di studio ma con priorità di accesso agli studenti di fisica) [Emozionare con la Scienza]. Gli studenti, sotto la guida di un attore, drammaturgo, scrittore e fisico di formazione, seguono un percorso di scuola teatrale che li conduce alla realizzazione di un evento narrativo (un monologo, tipicamente) personale, una sperimentazione che consente di capire come sia difficile (ma altamente coinvolgente e corroborante) l'arte di meravigliare parlando di cose di scienza.

A proposito di meraviglia, l'Ateneo di Trento, assieme al teatro Portland che è la componente artistica del *Jet Propulsion Theater*, ha realizzato nel 2017 la prima edizione di un Festival di teatro scientifico [Teatro della Meraviglia], che ha messo in scena una sequenza di otto eventi (recite teatrali e *augmented lectures*, dialoghi fra scienziati e artisti) con una presenza di più di 1000 persone che confermano la voglia – forse addirittura la necessità – della gente di essere coinvolta dalla “Meraviglia”.

Il patrimonio storico-astronomico: problema o risorsa? (Ileana Chinnici)

Nell'iniziare la conversazione su questo tema, vorrei partire da un'esperienza personale. Sono laureata in fisica, ma ho sempre avuto il pallino dell'astronomia: al terzo anno di Università, ho inserito l'astronomia nel mio piano di studi e ho cominciato a bazzicare l'Osservatorio astronomico di Palermo. Quando ho iniziato a frequentare le lezioni, ricordo, in modo molto netto, che la mia attenzione fu attirata da un'enorme stanza con una vetrata, piena zeppa di materiali, strumenti, di vetrine piene di libri, ecc.: una sorta di deposito di oggetti, di strumenti, di materiali che in qualche modo avevano a che fare con il passato e con la storia di quell'Osservatorio.

Parto da questa esperienza, perché sono sicura che un po' tutti noi abbiamo fatto un'esperienza simile: lavorando in una scuola, o in un liceo, o in un istituto, o in laboratorio, tanti di noi hanno avuto a che fare con stanze piene di oggetti, piene di materiali, chiedendosi cosa fossero quei materiali, e rendendosi progressivamente conto che sono la nostra storia, sono l'espressione del passato, della memoria di quello che è stato il cammino che quella istituzione ha compiuto. Nonostante il loro pregnante significato, per tanto tempo questi materiali sono stati considerati un problema; costituiscono un passato ingombrante, non solo in senso metaforico, ma anche in senso fisico: sono, infatti, oggetti che richiedono spazi, che richiedono un recupero, a volte richiedono un restauro, a volte richiedono una catalogazione, o un'inventariazione. Pertanto, al di là dello spazio fisico, che è il primo problema che si pone davanti a un patrimonio materiale consistente, c'è un secondo problema che è quello delle competenze, ovvero di come trattare questo materiale in maniera appropriata.

A questo proposito, vorrei estendere il concetto di patrimonio culturale e storico, che non è ovviamente limitato soltanto agli strumenti, ma include anche i materiali cartacei, quindi i libri e gli archivi. In un ipotetico spazio della memoria, infatti, tre sono gli assi cartesiani in cui dobbiamo muoverci per calcolare il volume del nostro patrimonio: cioè proprio gli strumenti, le biblioteche (cioè i libri) e gli archivi. In realtà, ci sarebbe un quarto asse, nel quale dovrebbero andare a confluire gli arredi, le suppellettili, gli edifici; tuttavia, per semplificare il problema, spalmiamo questi materiali su altre tipologie, e li consideriamo accessori.

Per anni, questi materiali hanno costituito un problema: cosa fare di questi oggetti, cosa fare di questo patrimonio che si accumula nel corso del tempo? Anche la dismissione progressiva degli oggetti e degli strumenti che le nostre istituzioni utilizzano, nonché l'archiviazione progressiva dei documenti che man mano le nostre istituzioni producono, continuano a diventare un patrimonio che spesso non sappiamo come trattare.

Sorvolo sul fatto che una grande quantità di materiali di valore storico è stata buttata via, nel corso dei secoli, per negligenza o anche solo per scarsa sensibilità o per inesperienza, e sottolineo invece che di recente il patrimonio storico scientifico è stato finalmente riconosciuto come bene culturale, con una propria dignità. È vero che l'Italia ha un patrimonio archeologico e artistico tale da sommergere quello scientifico; va però segnalato che, di recente, c'è stata una presa di coscienza del valore anche di questo patrimonio. Il MiBAC, infatti, lo ha finalmente inserito tra il patrimonio da tutelare e salvaguardare e ne ha anche indicato dei criteri di catalogazione, attraverso la formulazione della scheda PST (patrimonio scientifico e tecnologico) da utilizzare per catalogare questo tipo di oggetti. C'è stato un passaggio, tuttavia, che ha portato a questa nuova visione, ed è stato che alcune persone (e alcune di queste sono qui tra noi), di fronte a questo problema, si sono impegnate per trasformarlo in una risorsa. Alcuni dei relatori qui presenti, infatti, hanno, insieme ad altri colleghi, recuperato gran parte di questo patrimonio – e quindi di questa memoria – attraverso un'azione di restauro, salvaguardia, valorizzazione, che aveva come obiettivo finale la restituzione di questo patrimonio alla comunità. In tal modo, si è aperta la possibilità di rendere questo patrimonio fruibile a più livelli, non soltanto allo studioso e allo specialista, che andava a esaminare l'oggetto per un interesse di ricerca, ma anche allo studente, che andava a guardare questi oggetti per apprendimento, e al vasto pubblico, che andava a fruire di queste collezioni per un semplice godimento estetico, oltre che, ovviamente, per un interesse culturale generico.

Queste persone hanno lavorato in maniera tale da trasformare questi depositi in vere e proprie collezioni musealizzate, quindi offerte, in qualche modo, alla collettività. Questo è stato fatto non solo negli osservatori astronomici, ma anche in molti dipartimenti universitari e in molte scuole, e certamente attraverso questa importante operazione di recupero che è stata svolta, oggi il problema è diventato una risorsa. Ma cosa ha reso possibile questo passaggio, quale è stato il processo che ha permesso di trasformare un problema in una risorsa? Non è stata una scelta politica, quella di salvaguardare questo patrimonio: è stata una scelta sostanzialmente legata alla passione, alla sensibilità di alcune persone, le quali hanno deciso di investire tempo ed energie nel recupero di queste collezioni. Dobbiamo dire oggi, a distanza di almeno una ventina di anni, e forse più, che questo investimento ha portato frutto, perché grazie al loro spendersi, noi oggi abbiamo un patrimonio che è fruibile e costituisce davvero una risorsa.

Perché costituisce una risorsa? Non solo per una fruizione a più livelli, come già detto, ma anche perché è materiale su cui è possibile condurre ricerca storica, non soltanto da parte degli studiosi, ma anche in ambito universitario: oggi c'è la possibilità di offrire delle tesi di laurea su questo materiale storico che è conservato nei nostri dipartimenti, o anche nelle scuole o nei licei; si può offrire agli studenti la possibilità di fare delle ricerche sui materiali storici che sono conservati presso la loro scuola. Questo ci fa cambiare prospettiva e guardare questo materiale come un'opportunità; questi oggetti possono continuare a svolgere un loro ruolo, un loro compito, ad avere un loro utilizzo, che abbia poi una ricaduta concreta sull'attuale contesto sociale, culturale, scolastico, e così via.

C'è un rischio, ovviamente, ed è che la risorsa ritorni a diventare problema; infatti, così come nell'operazione iniziale è stato necessario fare un investimento, in termini di persone, di tempo e di energie, occorre ancora fare un analogo investimento, perché questo materiale sia recuperato e reso fruibile, altrimenti torna a diventare un problema: anche recuperare le collezioni, ma non avere poi qualcuno che se ne occupa, e che in qualche modo garantisce le necessarie azioni di tutela e di fruizione, rischia di far ritornare il problema.

Questo non è un momento particolarmente felice, lo sappiamo, per le risorse, sia economiche che umane: però, certamente questo dovrebbe e potrebbe auspicabilmente essere un ambito nel quale investire entrambi i tipi di risorse, proprio per le enormi potenzialità che questo tipo di patrimonio offre, con tutte le problematiche che ha. Certamente il restauro di un oggetto, così come di un libro o di una carta di archivio, non è banale, né lo è la sua conservazione, se vogliamo essere attenti a tutti gli standard che ci sono indicati; una volta fatto questo lavoro, però, ci rendiamo conto della sua importanza e dell'impatto che potenzialmente ha nel proprio territorio. Sta a noi, quindi, adesso, avere cura che non si perda quanto è stato fatto negli ultimi decenni, e garantire lunga vita a queste collezioni, a questi strumenti, a questi libri, a questi archivi: una lunga vita attiva, e non passiva, cioè di semplice conservazione, ma una vita attiva, di interazione con persone che intendano fare di questo materiale degli strumenti per la propria ricerca, per la propria fruizione e formazione.

Intervento (*Fausto Casi*)

Prendo la parola presentandomi e ricordando che il "Museo dei Mezzi di Comunicazione" del Comune di Arezzo, del quale sono il Direttore, ha ospitato la riunione congressuale SISFA 2015, e quindi molti dei presenti si ricordano della nostra struttura.

Sentiti i punti molto critici sulla poca considerazione attuale che la Storia della Scienza e dell'Astronomia ha in questo momento, cosa confermata dagli ultimi interventi alla Tavola rotonda, fatti dai soggetti più direttamente coinvolti, titolari delle pochissime cattedre ufficiali riconosciute dallo Stato, si pone il problema del futuro interesse della scuola, l'Università e il mondo della Ricerca: la mancanza di elementi, di giovani, che possano in futuro prendere la strada della storia della Scienza e dell'Astronomia.

Se questa è la fotografia della nostra Italia dobbiamo fare un esame generale e ammettere che nelle scuole primarie o secondarie non esistono momenti didattici relativi a queste discipline scientifiche e, tanto meno, nei vari piani di studio delle Università.

Negli atenei stranieri esistono, nella serie fra le discipline a scelta di ogni studente, anche quelle sulla Storia della Scienza o dell'Astronomia, e quindi sono in molti a essere iscritti a questi corsi di studio dove trovano insegnanti specializzati nella didattica e nella ricerca in questi ambiti.

Nel nostro Museo abbiamo circa 20 percorsi storico-scientifici e tecnologici, in modo che il visitatore, come l'allievo di scuola primaria o secondaria, possa apprendere – anche se per sommi capi – l'origine del telefono, della radio, del cinema e della televisione, passando per alcuni punti storici evidenziati nelle vetrine e per zone di esercitazioni dirette dove è possibile costatare la riuscita di un esperimento di fisica, sia come gioco ottico, che poi porterà al cinema, sia come azionamento di una apparecchiatura di Guglielmo Marconi dalla cui scintilla trasmessa si ricavano segnali di onde elettromagnetiche capaci di trasportare un messaggio in codice Morse.

Da questi strumenti è facile passare al “fulmine artificiale”, veramente scioccante, che fa ricordare a maggior ragione la visita al Museo, l'esperimento, e, in qualcuno, induce il desiderio di approfondire questa materia, provocando forse la determinazione a fare una scelta di studio su questi argomenti che sono propri della storia della scienza.

In questa prospettiva non abbiamo certo l'aiuto dello Stato che negli ultimi tempi ha considerato superflua anche la storia dell'arte, togliendo dalle scuole artistiche la materia principale per mancanza di professori. Sappiamo di trovarci in un paese che dovrebbe vivere di cultura!

Quindi, la mancanza di occasioni sulla conoscenza è alla base della crisi così profonda che attanaglia l'Italia in questi tempi.

È necessario spronare il Ministro dei Beni Culturali e dell'Università a riconoscere la Storia della Scienza e dell'Astronomia come materie essenziali alla cultura in senso lato; propongo quindi di fare un documento come SISFA, che sono pronto a firmare, per sensibilizzare i vari ministeri onde riottenere la necessaria considerazione nella prospettiva che la nostra generazione sia sostituita da una schiera di giovani studiosi e ricercatori la cui preparazione non sia in nessun lato inferiore a quella straniera.

Intervento (*Danilo Capecchi*)

Gli argomenti discussi in questa Tavola rotonda si possono raggruppare in due parti. C'è la parte ufficiale teorica, che dà il titolo alla Tavola rotonda e riguarda il ruolo delle discipline trasversali, tra cui la storia della fisica. C'è poi la parte che potremmo chiamare corporativistica, che riguarda la sopravvivenza della storia della fisica come disciplina autonoma.

Io mi riferirò solo alla prima parte. Naturalmente sono d'accordo che le attività trasversali siano fondamentali nella società, ancora di più per la comunità scientifica ormai indirizzata verso forme di specializzazione estreme. Una persona con una formazione scientifica di base dovrebbe avere conoscenze di carattere trasversale che riguardano per esempio la storia, almeno quella moderna, poi il diritto e l'economia e, perché no, anche l'arte. Ciò gli permetterebbe di uscire dall'isolamento in cui attualmente si trova e incidere profondamente sulla società. La storia ci insegna che ciò è possibile; si faccia per esempio riferimento agli scienziati del secolo XIX.

Ma senza allargarsi troppo, i cultori delle materie scientifiche hanno di fronte a sé due attività trasversali che sono loro congeniali e che possono produrre un'apertura mentale importante: la storia e la filosofia della scienza, nel nostro caso della fisica.

Sulla storia si è discusso abbastanza, vorrei quindi spendere due parole sulla filosofia. Essa ha funzioni importanti sia sulla ricerca sia sulla didattica, anche se in modo diverso.

Per ciò che riguarda la ricerca, gli scienziati possono far riferimento ai dibattiti portati avanti dai moderni filosofi della scienza. Dibattiti concentrati specie sulle frontiere della fisica, della biologia e dell'informatica.

Per quanto riguarda la didattica, specie per le scuole secondarie di primo e secondo grado, la situazione è diversa. Ormai non c'è più un dibattito filosofico sulle discipline scientifiche consolidate come, per esempio, la meccanica classica o l'elettrostatica. In questo caso si deve fare riferimento alla storia; essa quando si polarizza sugli aspetti epistemologici diventa filosofia e può stimolare un dibattito che può interessare gli studenti e può far capire loro meglio cosa sia effettivamente la disciplina scientifica che stanno studiando, come la fisica, per esempio.

Credo si debba cercare di fare in modo che la comunità degli storici della fisica interagisca con quella dei filosofi della fisica/scienza per riorganizzare un dibattito su fondamenti delle discipline scientifiche ormai consolidate, che in realtà sono consolidate solo nella prassi ma che lasciano scoperti molti importanti aspetti fondazionali.

Intervento (Roberto Lalli)

Volevo solo richiamare l'attenzione su un punto che, a mio avviso, non è stato affrontato in maniera approfondita nel corso della Tavola rotonda e che, invece, è abbastanza centrale per un discorso strategico sul futuro della nostra società e del settore scientifico-disciplinare FIS/08. A livello internazionale, l'esistenza di un tale gruppo disciplinare è un caso più unico che raro: la presenza di storici disciplinari all'interno di dipartimenti di fisica e astronomia non esiste come tradizione accademica in altri Paesi, almeno se si guarda all'Europa e agli Stati Uniti. Storici della fisica e astronomia, anche coloro con un forte bagaglio tecnico, sono inseriti in genere all'interno di contesti accademici completamente diversi, come per esempio dipartimenti di *Science and Technology Studies* (che per sfortuna in Italia non esistono), storia, filosofia o in istituti di ricerca e dipartimenti dedicati esclusivamente alla storia della scienza.

In Italia, invece, abbiamo una separazione istituzionale netta tra storici disciplinari, che operano dentro dipartimenti di scienze naturali, e storici della scienza con formazione filosofica, che sono inseriti nella stragrande maggioranza all'interno dei dipartimenti di filosofia, distinzione che – ripeto – è tutta italiana. Data l'intenzione, almeno a livello di proclami programmatici e politici, del mondo accademico italiano di adottare standard internazionali, l'unicità del caso italiano e la netta separazione tra due culture disciplinari interne alla storia della scienza può portare altri, accademici o politici che siano, a ritenere il settore FIS/08, o almeno della parte concernente la storia della fisica, come superfluo.

Tale situazione, secondo me, richiede l'ideazione di una strategia comunicativa forte, come gruppo e come società, per convincere i politici dell'importanza di continuare ad avere una tradizione di storia della fisica e dell'astronomia dentro i Dipartimenti di Fisica e Astronomia.

Un modo potrebbe essere quello indicato da Tucci nell'apertura delle discussioni della Tavola rotonda, ossia di evidenziare l'importanza delle storie disciplinari anche a livello sociale, in modo da convincere persone investite del potere decisionale che la tradizione vada mantenuta anche senza avere casi simili all'infuori dell'Italia.

Bibliografia

- Bandiera M. (2005). *Scienza, storia e storie: il punto di vista della didattica* [online]. URL: <http://www.treccani.it/scuola/lezioni/in_aula/fisica/storia_scienze/3.html> [data di accesso: 30/04/2017].
- Constantinou C.P. (2010). *Design based research as a framework for promoting research-informed adoptions of inquiry oriented science teaching* [online]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF/Esera2010/lecture1.pdf>> [data di accesso: 30/04/2017].
- Dorato M. (2008). *Parmenide, Einstein e l'irrealtà del tempo* [online]. URL: <www.formascienza.org/dorato.ppt> [data di accesso: 30/04/2017].
- The Editors of *The Lancet* (2010). "Retraction-Ileal-lymphoid-nodular hyperplasia, non-specific colitis, and pervasive developmental disorder in children". *The Lancet*, 375, p. 445.
- Einstein A. (1916). "Ernst Mach". *Physikalische Zeitschrift*, 17, pp. 101-104.
- Greene M.T. (1997). "What cannot be said in science". *Nature*, 388, pp. 619-620.
- McDermott L.C., Redish E.F. (1999). *RL-PER1: Resource Letter on Physics Education Research* [online]. URL: <<http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED439011.pdf>> [data di accesso: 30/04/2017].
- Niedderer H. (2010). *Content-specific research in science education* [online]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF/Esera2010/Lecture2.pdf>> [data di accesso: 30/04/2017].
- van den Akker J. Fasoglio D. Mulder H. (2008). *A curriculum perspective on plurilingual education* [online]. URL: <https://www.coe.int/t/dg4/linguistic/Source/Source2010_ForumGeneva/SLO_persp2010_EN.pdf> [data di accesso: 30/04/2017].

Sitografia

- [Emozionare con la scienza]. URL: <<http://www.physics.unitn.it/180/emozionare-con-la-scienza>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [Giornale di Astronomia]. URL: <<http://giornaleastronomia.difa.unibo.it/giornale.html>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [GIREP]. URL: <<http://www.girep.org>> [data di accesso: 30/04/2017].

- [GIREP Seminar 2001]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/girepseminar2001/>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [GIREP Seminar 2003]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF/girepseminar2003/proceedings.htm>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [Jet Propulsion Theater]. URL: <<http://www.jetpropulsiontheatre.com/>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [Scientific Visualization]. URL: <<http://www.physics.unitn.it/175/corso-scientific-visualization-aa-2015-2016>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [Teatro della Meraviglia]. URL: <<http://www.teatrodellameraviglia.it/>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [UNIUD Proceedings]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF/mpt114/proceeding.htm>> [data di accesso: 30/04/2017].

GIUSEPPE SAVERIO POLI (1746-1825) AND
THE DEVELOPMENT OF SCIENCE IN
SOUTHERN ITALY BETWEEN THE XVIII AND
XIX CENTURIES

Enlightenment in the Kingdom of Naples: the legacy of Giuseppe Saverio Poli through archive documents

Salvatore Esposito - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Naples' Unit -
salvatore.esposito@na.infn.it

Abstract: In the second half of the XVIII century, the enlightenment movement in the Kingdom of Naples was driven by scholars – among the others – as Mario Pagano and Domenico Cirillo, whose work and action, however, did not survive the restoration followed to the revolutionary experience of the Neapolitan Republic, to which those scholars participated. Instead, the Newtonianism effectively entered the Kingdom of Naples mainly through the agency of Giuseppe Saverio Poli, whose “court enlightenment” guaranteed a long-lasting penetration of the basic roots of the scientific thought in several areas of Science. In the present contribution, the interesting legacy of Poli will be analysed through the various documents available in different archives of Naples and, more in general, in Italy. A number of unexpected and intriguing features, related to different interests, emerges, which contributes to better delineate the multifaceted life and work of one of the most influential figures of the Kingdom of Naples.

Keywords: Giuseppe Saverio Poli, Kingdom of Naples, Newtonianism, court enlightenment.

1. The fame of an illustrious man

On April 7, 1825 an illustrious man and scientist died in Naples: Giuseppe Saverio Poli. The news spread out rapidly through the Kingdom of the Two Sicilies and even outside it; the prestigious *Antologia* of the *Gabinetto Vieusseux* in Florence reported on this as follows:

Nel dì 7 del cadente mese d'aprile mancò di vita in Napoli il cav. *Giuseppe Saverio Poli* debitamente riguardato come uno dei più distinti fisici italiani. Dopo aver coperta con sommo plauso la cattedra di fisica in Napoli, dovette rinunziarvi, per l'affidatogli onorevole incarico di precettore dell'allora Principe ereditario, ora Re delle due Sicilie.

Le cure di sì grave e delicato ufficio non lo impedirono d'arricchire la repubblica delle lettere e delle scienze di pregiatissime produzioni, fra le quali basti ricordare la sua *Fisica sperimentale*, divenuta per molti anni d'uso quasi generale in Italia, ove

se ne videro fare 10 successive edizioni, e la sua grande opera sui Crustacei (Gazzeri 1825, p. 167).

“One of the most distinguished Italian physicists” was suddenly celebrated by a number of eulogies¹ that, behind the veil of rhetoric, genuinely attests the fame gained by Poli during his lifetime. And, indeed, biographies of the Neapolitan scientist started to appear in the literature just since the same year (Olivier Poli 1825), and were successively included in the *Biografia degli Uomini Illustri del Regno di Napoli* (Morelli di Gregorio 1826) and in the *Atti del Real Istituto d’Incoraggiamento* (Anonymous 1834) of the Kingdom of the Two Sicilies, as well as in the Italian *Biografia degli Italiani Illustri* (Vaccolini 1836) and *Memorie della Società Italiana delle Scienze detta dei XL* (Nicolucci 1881), and even in the French *Biographie Universelle* (De Feller 1834).

In the present contribution we will give just some insights on the multifaceted figure of Giuseppe Saverio Poli as coming from archive documents retrieved in the former Kingdom of Naples and, more in general, in Italy. This has to be considered only the first of further steps aimed to delineate completely the role of Poli in the permeation of Science – in its broader meaning – in the Kingdom of Naples starting from the end of XVIII century, which later manifested in many scientific and technological enterprises that allowed that Kingdom to be on par with other European countries in the subsequent XIX century.

2. Biographical sketches

Coming in 1685 from Chioggia (near Venice), the center of dissemination of the shipbuilding technique in Adriatic ports, Giuseppe Poli moved to Molfetta to implant a site for the construction of fishing boats. The enterprising manufacturer was the grandfather of Giuseppe Saverio Poli, born in Molfetta on October 28, 1746 to Vitangelo Poli and Eleonora Corlè.

2.1. Studying and traveling to Italy and abroad

After completing his first studies at the local *Seminario Diocesano*, in 1765 Poli was sent to Padua, where he enrolled to study Medicine with L.A.M. Caldani and G.B. Morgagni (and having A. Scarpa as fellow student). He also pursued classical education with J. Facciolati, talking fluently in Greek, Latin and French, and studied physics, astronomy (with Giuseppe Toaldo), botany and natural history. According to the *Biografia degli Uomini Illustri*:

¹ See, for example, those published in (Dell’Uomo 1825; Gatti 1825; Giampaolo 1825; Morelli di Gregorio 1825; Ruffo 1825; Filipponi 1826). Other eulogies (by G. Campagna, A. Carfora, Marquis d’Albergo, F. d’Epiro, P. De Rosa, G. Geroini, G. Melograni, G. Nociti, A. Pocobelli, G. Ponta and others), left unpublished, are collected at the State Archive in Naples (Ministero dell’Interno-II Inventario, fascio 557).

La scienza medica si presenta a Giuseppe Saverio Poli come ramo di un albero immenso. [...] Passa al calcolo e vede perchè questa scienza sia tanto certa [...]. Si rivolge alla Fisica ed osserva che non è la cognizion de' suoi fatti ciò che costituisce il fondamento del suo esame, ma l'arte di ravvicinarli, di scoprire la dipendenza de' fenomeni [...]. La scienza Chimica non fu da lui negletta [...] (Morelli di Gregorio 1826).

After some stays in Venice, Ravenna, Bologna, Genova, Florence and Rome, he came back to Molfetta, where “he establishes an Academy, teaching physical and mathematical sciences. His home becomes the palace of knowledge”.² He also practiced for some time as a medical doctor (till 1776) but, when moved to Naples in 1771, he switched his attention to the study of natural sciences. In 1774 Poli was called, with the rank of Second Lieutenant, to teach Geography and Military History at the Royal Academy of the Corps of Cadets (*Reale Accademia* of the *Battaglione Real Ferdinando*, later *Reale Accademia “Nunziatella”*) created by Ferdinand IV of Bourbon by merging the old artillery academy with that of engineers. This period dates the publication of the *Lezioni di Geografia e di Storia Militare* (Poli 1774b, 1776), “written to high order of Ferdinand IV, King of the Sicilies, being used in the Royal Academy of the King Ferdinand Battalion”.³

Promoted to Lieutenant, Poli was sent abroad in order to acquire instruments for the scientific cabinet of the Academy; he then took this opportunity (1777-1779) to visit the most important academies and institutes in Italy, Germany, Holland, England and France for studying mechanical application methods.

Non appena fu concepita l'idea di volere istituire in questa Metropoli un'Accademia militare e dovendosi corredare delle machine necessarie all'istruzione de' giovani alunni, che tosto fu a lui affidato il doppio incarico di visitare i migliori Istituti delle nazioni più colte e di scegliere le machine più utili e meglio intese (Morelli di Gregorio 1826).

In any of these countries he received high recognition for his vast erudition, becoming member of many Academies (including the Royal Society of London). When coming back to Naples, in 1780 Poli was appointed to the Chair of Physics at the *Real Collegio Medico-Chirurgico* at the *Regio Ospedale di S. Maria del Popolo (Arcispedale degl'Incurabili)*.

It dates back to this period his membership to the Neapolitan Freemasonry, joining the *Gran Loggia Provinciale del Regno di Napoli e Sicilia*, which depended on the *Grand Lodge of England*, and actively participating to the meetings of the *Cenacolo atomico* (a “secret club”) of Antonio de' Gennaro Duke of Belforte and Domenico de' Gennaro Duke of Cantalupo (Di Castiglione 2010).

² “Vi stabilisce un'accademia: insegna le scienze fisiche e matematiche. La sua casa diviene la reggia del sapere” (Morelli di Gregorio 1826).

³ “Scritte per alto Real ordine di Ferdinando IV, Re delle Sicilie, in uso della R. Accademia del Battaglione R. Ferdinando” (Poli 1774b, 1776).

2.2. Engagement with the House of Bourbon

For his encyclopedic culture, Poli was chosen by King Ferdinand as tutor to the Crown Prince Francis I.

E scorto avendo nel R. allievo un'indole assai docile ed inchinevole a riempirsi l'animo di belle e non ovvie cognizioni, procura di accoppiare al verbale ammaestramento anche quello dell'esperienza (insegnando le facoltà fisiche), presentando al giovane Principe gli apparati di strumenti e di machine, facendone conoscere il meccanismo e la struttura (De Rosa 1834).

Later, Poli delivered lectures on Botany to the princesses, while the Queen Maria Carolina attended his course of English language.

Fu il Poli di statura mezzana, di complessione delicata, di carnagione rubicondo, di viso lieto et aperto. Gli occhi neri, vivi, scintillanti rivelavano a primo aspetto l'acutezza e la penetrazione della mente. Non fu nemico alla temperata giocondità di piacevole compagnia. Costantemente modesto e frugale, la soavità de' suoi costumi lo fece da tutti riverire ed amare. Abborrente da arrogante importunità e da perfida ipocrisia, fu tutta una certa benigna mansuetudine, che traducevasi in affettuosa benevolenza. De' suoi titoli e della sua alta posizione non superbi mai, ma sempre eguale a sè medesimo, lasciava in tutti desiderio del suo conversare, lontano da ogni bassezza, lontano egualmente da ogni arroganza.

Ebbe memoria più che prodigiosa. Fino a tarda età ripeteva lunghi brani di classici latini ed italiani. Molte lingue ebbe familiari. Intendeva correntemente il Greco, scriveva elegantemente in latino, e favellava facilmente in francese, in inglese e in tedesco, ed alcun poco ancora in russo ed in olandese.

L'eloquio ebbe facile e corretto, non disgiunto da un certo lepore che ne rendeva allettevole il discorso (Nicolucci 1881).

Since then an indissoluble link with the Royal family was settled. Due to the events – at the end of 1798 – followed to the French invasion, the Bourbons were forced to take refuge to Palermo, and Poli readily followed the Royal family in their exile. With the first Restoration, however, after the brief period of the Neapolitan Republic (January-June 1799), Poli came back to Naples, and in 1803 he was nominated Commander of the “Nunziatella” Royal Military Academy. This was just the first of a long series of honor assignments that he carried out diligently. Member and Vice-president of the State Council of the Kingdom of the Two Sicilies, St. George Knight (*Cavaliere dell'Ordine di S. Giorgio*) and Commander of St. Ferdinand and Merit (*Commendatore di S. Ferdinando e del Merito*), he was member of the *Reale Istituto d'Incoraggiamento* since 1816, becoming its President in 1819 and, starting from the subsequent year, its President Perpetual. Academic honors were, instead, awarded to him since more ancient times: in addition to the membership of the Royal Society of London (and some others, as said above), he was member of the *Reale Accademia delle Scienze* and of the *Accademia*

Pontaniana in Naples and of the Academies of Bologna, Turin, Siena and even Philadelphia.

2.3. *Pushing up Science in its different forms*

In March-May 1805 Poli predisposed a reform plan for education (for the University of Naples), approved by the King, but it could not be implemented owing to the onset of war and further French occupation. He then moved again to Palermo with the Royal Bourbon Court during the decade (1806-1815) of French domination in the Kingdom of Naples. In Sicily, the King asked Poli (in 1809) to be part of a Council for the reform of the University of Palermo; member of the *Generale Deputazione degli Studi* (and later *Commissione di Pubblica Istruzione ed Educazione*), he had authority in the management of the University, schools, music conservatories and nautical colleges.⁴ Poli was also a key figure in the protection of Sicilian antiquities (Crisà 2014), performing several tasks for the Bourbon government and supervising the renovations of the ancient thermae at Termini Imerese (near Palermo). At his definitive return to Naples after the final Restoration, Poli was appointed (on November 20, 1820) State Councilor for the Land of Bari by the Constitutional Parliament of the Two Sicilies, and greatly inspired and propounded the scientific renewal in the Kingdom of the Two Sicilies that was realized during the period of French domination.

Molto egli fece in vantaggio della scienza, moltissimo in pro della patria. Per consiglio e per opera di lui furono fondati, oltre la scuola militare di Napoli, ginnasi in Napoli, Palermo e Catania; fu decretato l'impianto del Museo Mineralogico nella R. Università di Napoli, e il trasferimento dell'Orto Botanico dal piccolo giardino di Monteoliveto al vasto podere attuale in Foria presso il R. Albergo dei Poveri; e al R. Istituto d'Incoraggiamento furono concessi privilegi che ne accrebbero il lustro e il decoro (Nicolucci 1881).

The interest in all different forms of science was visibly cultivated by Poli in his own home since remote times. Indeed, for example, his earlier interest in natural sciences manifested into a study of the Mediterranean mollusks with shells (testaceans), which led him to the publication of the two seminal volumes of *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata* (Poli 1791, 1795). The accurate descriptions present in them were also the result of the implantation of a vivarium that Poli set up in his home since 1778, with the abundant zoological material collected during his trips abroad. Such a vivarium grew up till forming an authentic museum of natural science opened to visits, as happened also to other personal collections of his, not limited to scientific instruments.⁵

⁴ In 1813, the Sicilian S. Morso dedicated to Poli his volume on the *Sistema di Tachigrafia Italiana*, published by the Royal Printing House (Morso 1813).

⁵ Poli was the owner of a private botanical garden in the former residence of the Prince Spinelli of Tarsia in Naples, from which he provided numerous plants for the forming Bourbon Botanical Garden (Fratta 2004).

Progettò nel 1790 di formarsi un Orto Botanico, che per le vicende de' tempi fu eseguito in Monte Oliveto nel 1804 somministrando molte piante esotiche da lui acquistate. Si adoperò ancora per l'apertura del Museo Mineralogico, e per la formazione di una Specola Astronomica; venne prescelto per membro della Giunta della Biblioteca Reale, e fece dono al Re di tutta la sua ricca collezione di Storia Naturale (De Rosa 1834).

Especially during his past journeys, he acquired several collections of seashells, butterflies from the Surinam (Dutch Guiana), Chinese curiosities, and a number of tools used by the natives of the Pacific Ocean, purchased directly from Captain James Cook.

L'amore che egli ebbe grandissimo per le scienze, le lettere e le arti lo indusse a formare un Museo nella sua propria casa, nel quale erano riuniti, oltre il Medagliere, i Testacei per lui raccolti da tutti i mari, la Collezione delle conchiglie del Regno, quella de' zoofiti, fossili e minerali, e tele ed armi ed utensili di molte Isole Oceaniche (Nicolucci 1881).

When Poli came back to Naples from the first (voluntary) exile in Palermo in 1799, he found that the rarest and most interesting specimens of the different collections of his own were seized by the occupying forces (Toscano 2017). Poli suffered deeply of such facts to the point that he abandoned part of his studies (the work on *Testacea* was left unfinished), while an interest increased about numismatics. He started to systematically acquire medals and ancient bronzes, and his collection increased to include Greek and (republican and imperial) Roman coins, Italian medieval coinage, the series of medals of the Roman Pontiffs, and so on. Notwithstanding the depredation under the (first) French domination, Poli's vivarium later formed the first nucleus of the existing zoological station, while the remaining collections were later absorbed by the present National Archaeological Museum in Naples (coins and medals), by the National Ethnographic Prehistoric Museum "Luigi Pigorini" in Rome (Pacific Ocean tools) and by the various University Museums in Naples.⁶

Poli died in 1825 – at the age of 78 – in his home in Naples, where the King Francis I visited him.

I suoi funerali furono magnifici. Un battaglione della guardia palatina ed un altro degli alunni del Collegio militare precedevano il ferale convoglio; lo accompagnavano molti personaggi distinti, parecchi generali ed ufiziali di stato maggiore napoletani ed austriaci, ed un gran numero di ufiziali di artiglieria; seguivano i membri dell'Università, della Società reale e dell'Istituto d'Incoraggiamento, e chiudevano la Marcia un distaccamento di pionieri della guardia, molte carrozze e domestici. Fu seppellito nella Chiesa di S. Giuseppe degl'Ignudi, cui era aggregato (Olivier Poli 1825).

⁶ Poli designated his former disciple Francis I of Bourbon, who became King of the Two Sicilies on January 4, 1825, as his heir, so that his collections were at first distributed in the appropriate Royal Bourbon Museums (Toscano 2006), and later passed to the Kingdom of Italy.

3. Poli's works in present-day archives

It is evident that, from what reported briefly above, a serious outline of that complex scientific and historical figure of Poli is difficult to carry out, due to a variety of reasons, not limited to the possible lack of non “hagiographic” reports on him. As a matter of fact, such a comprehensive study is still lacking. Upon the urgency of Giuseppe Saverio Poli IV (to whom we express here our sincere gratitude), we have started a careful inspection of all the archival sources present in the former Kingdom of the Two Sicilies (and, more in general, in Italy and even abroad). The present work is just a preliminary report on such inspection, which – *de facto* – will provide a useful starting point for the comprehensive study mentioned above.

The present report is not intended to be exhaustive of all the archival sources at our disposal, but rather is aimed at giving an as complete as possible account of the scientific, literary, cultural and historical legacy left by Poli. For obvious reasons, we will refer mainly to libraries and other archives in Naples and its surroundings; the results reported, if not always bearers of absolute meaning, will be anyway useful for relative comparisons. From the report below we have excluded papers not published “directly” by Poli himself, and typically included in journals or other collective works edited by others. A probably incomplete list⁷ of these papers is as follows:

- Poli G.S. (1778). “Congetture sulle tempeste, che sogliono succedere alle aurore boreali”. *Opuscoli scelti sulle Scienze e sulle Arti*, I, pp. 191-195.
- Poli G.S. (1779). “Su una straordinaria aurora boreale”. *Opuscoli scelti sulle Scienze e sulle Arti*, II, pp. 382-386.
- Poli G.S. (1780). “[Sopra una correzione di Dollond all’Equatoriale]”. *Opuscoli scelti sulle Scienze e sulle Arti*, III, pp. 107-111.
- Poli G.S. (1780). “Su di un nuovo micrometro di riflessione”. *Opuscoli scelti sulle Scienze e sulle Arti*, III, pp. 111-118.
- Poli G.S. (1788). “Osservazioni fisiche concernenti l’elettricità, il magnetismo e la folgore”. *Atti della Reale Accademia delle Scienze e Belle Lettere*, 1, pp. 169-195.
- Poli G.S. (1828). “De Pterotrachea observationes posthumae”. *Atti del Reale Istituto d’Incoraggiamento alle Scienze Naturali di Napoli*, IV, pp. 219-244.

3.1. Physicist and naturalist

The first essay published by Poli (1772) was:

- *La formazione del Tuono, della Folgore e di varie altre Meteore, spiegata giusta le idee del Signor Franklin.*

⁷ Indeed, despite the many biographical notes about Poli published since his death, and reporting his works, there is apparently still no comprehensive study about them. In the list below we have not reported single poems or literary compositions that Poli included afterwards in cumulative publications; see below.

It is present in two copies in two libraries⁸ in Naples.

Diè motivo a questa mia Operetta una lunga lettera in istampa direttami da Padova, non ha guarì, dal Signor Canonico D. Daniello Avelloni mio Amico, e soggetto ben noto nella Repubblica delle Lettere, a motivo di altre dotte Operette appartenenti a materie fisiche, ed astronomiche, date da essolui alla luce in differenti occasioni [...].

Non v'ha certamente pressochè alcun fenomeno nella Natura, su di cui siese tanto esercitato l'ingegno de' Filosofi, quanto sull'origine, e su gli effetti del Tuono, e della Folgore. Quanto questi ultimi sono comuni, e conosciuti a chicchessia, altrettanto è stata ignota per più tempo, financo agl'ingegni i più illuminati, quella meravigliosa, e formidabil cagione, che gli produce (Poli 1772).

It was followed by a second essay (Poli 1773, 1774a) in two parts:

- *Riflessioni intorno agli effetti di alcuni Fulmini.*
- *Continuazione delle Riflessioni intorno agli effetti di alcuni Fulmini, ove si elimina la Dissertazione del P. GianGaetano del Muscio, relativa alle Riflessioni medesime.*

Among the five samples in Naples, in BNVEIII and BUN, a copy of each part belonged to the library of the Nunziatella's *Collegio Militare*.

Probably, the most important scientific contribution from the eclectic Poli came in the field of natural history, with his masterpiece:

- *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata.*

The first and second tome of this *Shelled animals of the Two Sicilies with their description and anatomy* were published in Parma in 1791 and 1795, respectively, by the most prestigious Italian printer Giambattista Bodoni. The third tome was nearly completed in 1799, but was published posthumous only in 1826 by Poli's pupil Stephano delle Chiaje (Poli 1826).

Admirabilium Naturae operum jucundissimo hominum spectaculo quaquaversum per orbem diffusorum amplissima collectio, quam partim ex regno fossili, partim e vegetabili, partim denique ex animali depromptam, exterarum Regiones perlustrando arripere mihi contigit, saepenumero incitamento fuit ad ea pariter exquirenda, quae in florentissima hac nostra Regione abunde luxuriari videntur; turpe ac indecorum

⁸ *Biblioteca Nazionale di Napoli "Vittorio Emanuele III"* (from now on abbreviated in BNVEIII), which also houses the Royal Bourbon collections, the historical "Nunziatella" library, and many other important book collections, and the *Biblioteca Universitaria di Napoli* (from now on abbreviated in BUN), which houses the collections of the former Royal Bourbon University.

profecto ratus tot exterarum Gentium opibus affluentem iis prorsus carere, quae domi, ut ita dicam, et quotidie ob oculos positae conspiciuntur (Poli 1791).

This outstanding work on comparative anatomy and classification of mollusks of Naples and Sicily documented in detail various aspects of shellfish morphology, and reported a number of novel characters discovered by Poli.

In questo genere possiamo ben compiacerci d'aver veduto sorgere a nostri di la grand'opera de' testacei delle due Sicilie del dotto ed accuratissimo Poli, nella quale gareggiano la copia e scelta delle conchiglie, la sodezza della dottrina, l'evidenza e giustezza delle descrizioni, la verità e bellezza delle figure, la finezza dell'incisione, la proprietà de' colori, e l'eleganza e magnificenza della stampa; e tutto concorre a rendere l'opera del Poli *Testacea utriusque Siciliae* una dell'opere più perfette, che sieno in questo genere venute alla luce (Andres 1813).

Moreover, *Testacea* was also the first treatise (Temkin 2012) on molluscan biochemistry and physiology, coming from the accurate experimental studies performed by Poli himself, which, along with the related results, were addressed by all the major scientists of the XIX century, including Charles Darwin (1854). Unfortunately, however, the high publication costs related to the colored engraved plates resulted into a limited circulation of the book in Italy, which prevented its wide recognition during Poli's lifetime.⁹ Notwithstanding this, the wealth of anatomical data contained in the *Testacea* fuelled works of future generations of malacologists (Cuvier 1816-1845) in such a way that Poli is presently recognized as the founding father of such discipline.

All the three volumes of Poli's *Testacea* are presently kept at the BNVEIII; they were probably part of the Royal Bourbon Library in Naples.

The occasion of the violent earthquake of July 26, 1805, which struck a wide area of Central and Southern Italy, gave rise to the scientist Poli to write a

- *Memoria sul tremuoto de' 26 luglio del corrente anno 1805,*

where, in addition to the detailed description of the event, he speculated about a scientific explanation of the seismic phenomena.

⁹ In the newspaper *Gazzetta di Parma* of October 10, 1818 we read:

Il Signor Giuseppe Saverio Poli [...] preso da vivo dispiacere di vedere per le passate politiche vicende sepolta quasi nell'oblio la di lui Opera [...]; ora che i tempi hanno cangiato aspetto, che l'autore riconosce in parte migliorati i proprii affari, e che d'altronde gli Amatori della Storia Naturale desiderano rivedere a comparire finalmente un'Opera, che supplisca al voto, che scorgono tuttora in una sì bella parte di questa Scienza, è venuto nella determinazione di mettere in vendita questi due primi volumi [...].

Definirò il quinto Articolo a dichiarare quali sieno le cagioni generali, onde si posson produrre i Tremuoti, e il farò con intendimento di preparare gli animi de' Leggitori a ben comprendere il sesto, ed ultimo Articolo, ove mi ingegnerò di rintracciare la particolare cagione, che ha prodotto il riferito Tremuoto de' 26 Luglio, e di spiegarne nel tempo stesso tutti i fenomeni, che han formato il suo treno funesto. Il Leggitore avveduto scorgerà chiaramente, ch'io lungi da ogni prevenzione di Sistema, mi farò condurre da' fenomeni stessi all'investigazione della causa, ond'essi derivano, cosichè ho motivo di lusingarmi, che cotale spiegazione riuscirà naturale e soddisfacente.

Ho differito a bella posta la pubblicazione di questa Memoria, aspettando, che agli animi atterriti, e costernati di coloro, che potevano somministrarmi le notizie de' fatti avvenuti [...] si fosse restituita una certa calma, ad oggetto di poter ottenere [...] le notizie vere, e non esagerate de' fatti quivi accaduti, oltre a quelle, che sono state presentate a S.M. da un illustre Soggetto, qual è il Signor Duca d'Ascoli, Soprintendente generale della Polizia (Poli 1806).

Poli reported the sighting of flames in the air above the roofs, due to the phenomenon of *electricism*, a property attributed to the regions placed on volcanic reliefs, and explained the diversity of the damages in different places with his theory, according to which the buildings constructed on underground cavities – or bordering open spaces – would be affected to a lesser extent of the effects of the earthquake.

Several copies of this memoir are kept at BNVEIII (including those belonged to the Nunziatella's Academy), *Biblioteca della Società Napoletana di Storia Patria*¹⁰ and at the *Biblioteca Provinciale "Antonio Mellusi"* in Benevento.

3.2. *Medical doctor and scientist*

When still exile in Sicily during the French domination, Poli (1811) wrote a sort of scientifically-based instruction manual on medical magnetism, aimed at directing the therapeutic experimentation of magnetism for the cure of nervous disorders:

- *Breve saggio sulla calamita e sulla sua virtù medicinale.*

The discussion on the therapeutic efficacy of magnetism was preceded by an exposition of the physical properties of magnets, mainly addressed to an educated public (De Frenza 2017).

Mi è venuto in pensiero di pubblicare una concisa memoria, la quale abbia per oggetto la storia delle virtù medicinali della Calamita. Al quale proponimento sonomi attenuto ben volentieri nel vedere essersi qui formata presso non pochi una strana idea del magnetismo, quasi che riputar si dovesse una medicina universale, valevole a guarir ogni sorta di morbi [...]. Uopo è ch'io manifesti non esser diretto

¹⁰ Library of the Neapolitan Society for National History, in Naples, which will be denoted as BSNP.

questo mio lavoro, se non a coloro, i quali [...] han bisogno di lumi per venire in chiaro del modo di usarne, delle malattie, a cui possa convenire, e della riuscita, che altri ne ha ottenuto in varj tempi, e presso differenti Nazioni (Poli 1811).

This essay was followed by a reprint in Naples (Poli 1815), when the author came back from his exile, pointing out the interest in the subject. Both editions are present in BNVEIII in several copies (one of which belonged to the Royal Military Academy), while one more copy (of the Naples edition) is in BSNSP.

The activities of Poli as medical consultant are instead testified by a report written by one of his patients upon suggestion of Poli himself, conserved (in single copy) at BNVEIII:

- *Relazione di Maria Rosa Milzi Greco sopra una grave e strana malattia da lei sofferta.*

The aim was that of making known to the public the “serious and strange disease” suffered by a noble woman (likely, just calculi liver) and, also, the remedy against it envisaged by Poli, in order to warn the interested people. The report ended with the chemical analysis of the stones expelled by the woman (again ordered by Poli), pointing out the characteristic scientific feeling of Poli.

Come piuttosto mi vedeste fuori d’una malattia gravissima, e per istrani accidenti affatto nuova; non tardaste punto a provvedere dal canto vostro, che se ne desse un minuto ragguaglio per istampa; acciocchè se altri cadesse in simile infermità, sapesse il rimedio da guarirne. Il primo pensiero fu quello di far analizzare al valente chimico D. Antonino Furitano le pietre, che s’erano entro il mio corpo, non so come, generate: indi con ogni maggior premura imponeste a me, che subito distendessi una relazione fedele del male, e del metodo tenuto nel curarlo, e che insieme coll’analisi delle pietre la pubblicassi per le stampe (Milzi Greco 1816).

3.3. Teacher

At the Royal Military Academy, Poli lectured on Geography and Military History since 1774 and, as recalled above, the textbook in two volumes for his lectures was published in 1774 and 1776 (first and second volume, respectively):

- *Lezioni di Geografia e di Storia Militare, scritte per alto Real ordine di Ferdinando IV, Re delle Sicilie ecc. In uso della R. Accademia del Battaglione R. Ferdinando.*

The four samples existing in two libraries¹¹ in Naples can be likely traced back to the Royal Academy, where the corresponding lectures were taught. Note that, in addition to the expectable subjects related to Military Science (military history and political geography), the lectures deal also with cosmography, astronomical and Earth geography (the lectures just open with such topics). The common features are related to the deep “scientific” method pursued by Poli, even in studying history (Toscano 2017), which he based on material evidences found and collected on site rather than on written sources (which, indeed, were not based on “experiments”).

Later on, Poli switched to teach Experimental Physics, both at the Nunziatella and at the *R. Ospedale degli Incurabili*, and for both courses he published the opening lectures (Poli 1780, 1781).

- *Breve ragionamento intorno all'eccellenza dello studio della Natura, ed a' sodi vantaggi, che da quello si possono ritrarre; premesso al Corso di Fisica Sperimentale, destinato a farsi nel Regio Ospedale degli Incurabili.*
- *Ragionamento intorno allo studio della Natura, composto e recitato da Giuseppe Saverio Poli nell'Accademia del Battaglione R. Ferdinando, in occasione di dover dare ivi un Corso di Fisica Sperimentale.*

The aim was evidently to introduce the students into the study of a discipline that, since Galilei, was essentially experimental, rather than purely speculative.

Dalle cose sin qui dette Voi ben vi accorgete che il principalissimo scopo di questo mio Ragionamento altro non è stato se non l'adombrarvi co' più leggiere colori i più essenziali vantaggi recati al genere umano mercè lo studio della Fisica sperimentale, passando sotto silenzio ogni altra utilità, che avesse del rapporto co' nostri diletti; quantunque a me sembra non potersi disconvenire nel credere, che i piaceri savj, ed innocenti, fanno ancor parte de' nostri naturali bisogni. Delle cose medesime rilevato avrete nel tempo stesso, quanto la Fisica moderna differisce da quella, ch'era tanto in voga ne' secoli trasandati, allorchè abituati di proposito gl'intelletti a disputare, per esser vincitori nella loro oppinione; ed avvezzi a star sempre in Guerra, ed in difesa contro i talenti dell'avversario; degenerò in una scienza del tutto oscura, ed arcigna, la quale non avendo la menoma connessione colle ordinarie occupazioni degli uomini, non recava per conseguenza alcun servizio a bisogni indispensabili della vita (Poli 1781a).

Five samples of these essays are currently present in two libraries¹² in Naples; a copy of (Poli 1781a) belonged to the Nunziatella's Academy, while a copy of each essay (now at BNVEIII) was part of the Royal Bourbon Library in Naples.

¹¹ BNVEIII and, intriguingly, the Passionist Fathers Library, which will be denoted as BPP.

¹² BNVEIII and BSNSP.

The textbook for the course(s) of Experimental Physics was published, in its first edition, in the same year 1781:

- *Elementi di Fisica Sperimentale composti per uso della Regia Università.*

It testifies how, in teaching mechanics and other subjects, Poli (1781b) adopted all sort of experimental demonstration devices, including the new-born Atwood machine (Esposito, Schettino 2014).

Signore, oso francamente affermare non esservi alcuno, il quale ignori a' di nostri la vasta estensione della Scienza della Natura, e lo strettissimo legame, ch'ella serba non solamente colle altre Scienze, ma eziandio con ogni sorta di Facoltà utili, o necessarie al Genere umano. L'Agricoltura, la Nautica, la Medicina, l'Architettura, e financo l'Arte della Guerra, che debitamente adoperata pone in sicurezza nel sen della Patria il fedel Cittadino, ritrar veggiamo tuttora da quella i più opportuni, ed efficaci vantaggi. Le Carrucole, le Ruote, i Piani inclinati, le Leve d'ogni genere, non che la numerosa, e variata serie di machine, e di stromenti, che da quelle son composti, son tutte fruttuose invenzioni di siffatta nobilissima Scienza; la quale profittando d'altra parte di quei lumi, che le vengon talora somministrati da' Mestieri, e dale Arti, gli reduce poi alla più gran perfezione; gli avvalora viemaggiormente, e n'estende gli usi in modo affatto meraviglioso: ella è finalmente, che di tutte coteste cose calcola accuratamente le proporzioni, ed i rapporti; e le adatta con mirabile artificio a' particolari casi, ed a' bisogni (Poli 1781).

The extreme clarity of exposition, along with an abundance of examples, made the fortune of this textbook, which counted – from 1781 to 1824 – a total of 23 new editions and reprints (and a posthumous reprint of 1837).¹³ It was, no doubt, the most widely used (Italian or foreign) textbook of physics in Italy between the end of the XVIII century and the first quarter of XIX. Among the others, indeed, Alessandro Volta adopted this textbook for his university lectures in Pavia (Ferraresi 2000), while the young poet Giacomo Leopardi studied physics from it (Crivelli 2008). Still in 1847, a *Compendio della Fisica del Cavaliere Giuseppe Saverio Poli* appeared,¹⁴ where some students abridged from Poli's *Elementi*.

The present consistency in the libraries of Naples and surroundings is as follows:

¹³ As illustrated by R. Mantovani at the XXXVI Convegno annuale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia (Naples, October 4-7, 2016), the editions of the *Elementi* are as follows: Naples 1781-1783 (2 volumes); Naples 1787 (2 volumes); Naples 1789 (2 volumes); Naples 1792 (2 volumes); Venice 1793-1795 (6 volumes); Venice 1796 (5 volumes); Venice 1798 (5 volumes); Venice 1799 (6 volumes); Naples 1800 (6 volumes); Venice 1800 (5 volumes); Naples 1802-1803 (5 volumes); Venice 1804 (5 volumes); Venice 1804 (5 volumes, additional reprint); Naples 1806 (5 volumes); Naples 1808 (5 volumes); Venice 1810 (5 volumes); Naples 1810 (6 volumes); Venice 1811 (5 volumes); Venice 1817 (5 volumes); Venice 1819 (5 volumes); Venice 1819 (5 volumes, additional reprint); Naples 1822 (5 volumes); Naples 1824 (5 volumes); Naples 1837 (5 volumes).

¹⁴ See (Ghini, Marchesani 1847). I am grateful to R. Mantovani for pointing out to me the existence of this book.

- 1783 Naples edition: BSPFM¹⁵ (Caserta);
- 1787 Naples edition: BNVEIII (Naples);
- 1793-1794 Venice edition: BNVEIII (Naples), BPioXI¹⁶ (Benevento);
- 1796 Venice edition: BPioXI (Benevento); BSF¹⁷ (Vico Equense, Naples);
- 1799 Venice-1800 Naples edition: BNVEIII, BSNSP, BUN (Naples);
- 1802-1803 Naples edition: BNVEIII (Naples), BSA¹⁸ (Afragola, Naples);
- 1804 Venice edition: BNVEIII (Naples);
- 1808 Naples edition: BNVEIII (Duchess Aosta, Nunziatella and other collections) (Naples), BPioXI (Benevento), BMV¹⁹ (Mercogliano, Avellino);
- 1810 Naples edition: BSPFM (Caserta);
- 1822 Naples Edition: BNVEIII (Nunziatella and other collections) (Naples);
- 1837 Naples edition: BSF (Vico Equense, Naples); BMV (Mercogliano, Avellino).

3.4. *Literary man and poet*

A non-negligible part of Poli's work was – perhaps not unexpectedly – devoted to literary compositions, including poems, sonnets, odes, hymns and even music librettos and texts for vocal works.

Al talento del vero accoppiò il Poli il talento del bello, e fu poeta. Non si elevò, egli è vero, fino alle cime del Parnaso, ma ne' suoi versi ritrovi concetti nuovi e graziosi, leggiadre e pure voci, suoni pieni e vari, accenti facili, cadenze armoniose, vaghezza di immagini, imitazioni evidenti (Nicolucci 1881).

The most important composition is the allegorical poem in two parts composed for an occasional astronomical discovery (an asteroid) by the astronomer Giuseppe Piazzi in Palermo:

- *Viaggio celeste. Poema astronomico. Illustrato con annotazioni dallo stesso autore.*

Here, guided by Urania, Poli imagines of travelling through the Universe. While observing planets, satellites, stars and comets, he describes their features, including the laws of motion of the celestial bodies, and, in this respect, even here his aim is to spread science by using mythology (Borrelli 2017). The poem, written between 1801 and 1804, was published in 1805; a copy of both sections (now at BNVEIII) was part of the Royal Bourbon Library in Naples.

¹⁵ *Biblioteca di Storia Patria "Fortunato Massa"* in Caserta.

¹⁶ *Biblioteca "Pio XI" del Seminario Arcivescovile* in Benevento.

¹⁷ *Biblioteca del Convento di S. Francesco* in Vico Equense, Naples.

¹⁸ *Biblioteca Conventuale S. Antonio* in Afragola, Naples.

¹⁹ *Biblioteca Statale del Monumento Nazionale di Montevergine* in Mercogliano, Avellino.

A number of other poetic compositions accounts for a literary encomiastic production, whose elements were usually used in ceremonials at the Bourbon court life. Indeed, they were written for some events like births and weddings, departures and returns, illnesses and deaths, retreats in the country and trips to the sea, or even they were dedicated to members of the royal family or to court characters. The collection of this writings (and some others of different topics and aims), in four volumes, was published in Palermo by the Royal Printing (probably in 1814, or earlier):

- *Saggio di Poesie* (1, 1-2; 2, 1-2).

Some copies of it are at BNVEIII and BSNP in Naples. A part of the compositions present in the collection were also published separately (earlier), as well as some others not included in it. Here we mention only those whose copies are conserved in archives in Naples and its surroundings:

- Poli G.S. (1797). *L'avventura benefica. Dramma per musica*. Napoli: Stamperia Simoniana.²⁰
- Poli G.S. (1800). *La Gara di Gloria. Componimento drammatico di Giuseppe Saverio Poli da rappresentarsi in occasione della festa che darà ai nostri Augusti Regnanti la nobiltà di Palermo per solennizzare il fausto avvenimento della nascita del Real Principe Ferdinando*. Palermo: Stamperia Reale.²¹
- Poli G.S. (1824). *Al Reverendissimo P. Predicatore F. Giuseppe M. da Pescia per l'eccellente predica quaresimale sulla religione da lui fatta nella Real Cappella Palatina in questo corrente anno 1824*. [S.n.t.].
- Poli G.S. ([S.d.]). *A Sua Maestà l'Infanta D. Maria Luisa Borbone Duchessa di Lucca*. [S.n.t.].²²
- Poli G.S. ([S.d.]). *Inno al Sole. Da recitarsi in musica alla presenza delle LL. AA. le Principesse Reali*. [S.n.t.].²³
- Poli G.S. ([S.d.]). *Pel felice ristabilimento delle Altezze Reali dall'innesto del Vajuolo*. [S.n.t.].²⁴
- Poli G.S. ([S.d.]). *Per l'acerba perdita di S.A.R. Maria Clementina d'Austria, Principessa Ereditaria delle Sicilie*. [S.n.t.].²⁵

²⁰ A copy is kept at the *Biblioteca Diocesana* di Pozzuoli (Naples).

²¹ Three copies are kept at BNVEIII.

²² Two copies are kept at BNVEIII.

²³ A copy is kept at BSNP.

²⁴ A copy is kept at BSNP.

²⁵ A copy is kept at BNVEIII.

3.5. A controversial businessman

Some interesting documents (Lippi 1802, 1816) exist in Naples' archives concerning a peculiar firm set up by Poli and the mineralogist and geologist Carminantonio Lippi, upon suggestion of this last one.

- *La fabbrica de' pallini all'inglese stabilita in Posillipo da Carminantonio Lippi associato col signor D. Giuseppe Poli.*²⁶
- *Lippi e Poli. Causa relativa alla bella fabbrica di pallini da caccia all'uso inglese, con felice riuscita stabilita in Posillipo dai socj D. Carminantonio Lippi e D. Giuseppe Poli.*²⁷

Lippi (1760-1823)²⁸ was a scientist that, as Poli, was sent abroad by the Bourbons (for about a decade) in order to study and acquire scientific and technical knowledge for the modernization of the Kingdom of Naples. His mineral collections served, indeed, to establish the Royal Mineralogical Museum in Naples, while in 1817 he made the very innovative proposal for a suspended bridge over the Garigliano river, which was effectively realized only more than ten years later (after his death). Also, with a view to the development of mining and metallurgical activity, Lippi proposed an audacious renewal of forest management in the Kingdom of the Two Sicilies, while, from a purely scientific point of view, he was author of several papers often containing non-orthodox hypotheses. Differently from Poli, however, Lippi had not a very sensitive nature and, moreover, was also not really loyal to the Bourbon government. It was probably for this reason that the entrepreneurship established with Poli failed badly.

In June 1797, coming back from his journey abroad, Lippi proposed to Poli to finance the construction and maintenance of a factory of lead hunting balls in the Posillipo Hill in Naples, just above the sea, with a substantial improvement with respect to the factory established in England by James Watt.

Una fabbrica di pallini all'inglese, molto più economica, vantaggiosa, e perfetta di quella del Signor Watt in Londra, è stata con felicissimo successo stabilita da Lippi in Posillipo.

La bella macchina inventata da Lippi, per inalzare i materiali al di sopra della fonderia, e per dare il lustro ai pallini, serve ancora a trafilare ferri filati, in che è riuscita oltre modo vantaggiosa. Un tal nuovo genere di macchina non si vede in tutt' il resto dell' Europa.

Con pubblico istrumento Lippi si è associato coll' Illustre, Magnifico, e Rispettabilissimo Signor D. Giuseppe Poli, il quale si è obbligato: 1. di somministrare tutt' il denaro occorrente per lo stabilimento di detta fabbrica; 2. di

²⁶ A copy is kept at BNVEIII, while another one is at the *Biblioteca Provinciale Scipione e Giulio Capone* in Avellino.

²⁷ A copy is kept at BSNSP.

²⁸ There is no much information about this controversial figure, apart from his published works. See, for example, (Papa 1985) and what's on Wikipedia.

fare tutt'i fondi necessari per l'acquisto del piombo, proporzionati sempre allo spaccio de' pallini; 3. di dare a Lippi la metà di tutt'i lucri. Da un'altra parte Lippi si è obbligato: 1. di adoperare le sue cognizioni per detto stabilimento; 2. di pagare al Signor Poli la metà delle spese occorse dalla metà de' lucri di sua spettanza, e nel caso che la fabbrica non riuscisse, pagarla di proprio denaro.

For some unknown reason (but see above), at his return from the first (voluntary) exile in Sicily, Poli did not keep faith in the commitment he took and, moreover, a number of expedients he put into effect to the detriment of Lippi, which later invaded other areas (Lippi 1816) where Lippi was involved (probably including the directorship of the Mineralogical Museum and other appointments). A lawsuit was opened (asked by Lippi), and the question remained open for about twenty years: the interests of the powerful Poli finally prevailed in the Bourbon State.

4. Conclusion

The legacy of Giuseppe Saverio Poli in present-day archives, as briefly summarized in the previous pages, accounts for only a part of the whole story. The small geographical area (Naples and its surroundings) of our present searches – though the most relevant one – certainly limits the results achievable: Sicily and other Italian regions hide other documents to be detected and studied, and even outside Italy some evidences are expected concerning mainly the reception of Poli's scientific works. In particular, almost the entire his correspondence has still to be discovered (just few letters we have found in Naples), from which potentially relevant (and, likely, still unknown) information could be deduced. Probably, other interesting results can come out from “non-paper” documents to be detected, that is about Poli as a collector, to whom we have already hinted above:

Tra i musei, che attualmente esistono nella nostra capitale, è d'ammirarsi in prima il Real Museo mineralogico e d'annoverarsi tra i celebri di Europa. [...] In secondo luogo è degno ad ammirarsi il Museo del ch. D. Giuseppe Saverio Poli. Il medesimo consiste 1. in una collezione di Testacei di tutti i Mari, la quale essendosi da lui fatta durante la sua lunga dimora in Inghilterra, in Olanda, in Francia, ed in altri Paesi, è una delle più copiose, e delle più belle, che si possono mai vedere altrove. [...] Tutte le conchiglie in questo Museo sono vagamente ordinate secondo il Sistema di Linneo; 2. in una raccolta di Litofiti, e di Zoofiti; 3. in una collezione di Fossili, e di Minerali; 4. finalmente in un assortimento di tele, di armi, e di utensilj di ogni sorta di Otaheite, della Nuova Zelanda ecc., portati dal celebre capitano Cook dopo i suoi viaggi intorno al mondo. Tutto il Museo è elegantemente disposto, e ad esso si aggiunge una bella collezione di Macchine riguardanti l'Astronomia, e la Fisica Sperimentale (Giustiniani 1803).

Substantial research work about the legacy of one of the most influential figure of the Enlightenment in the Kingdom of Naples is, then, still expected to be performed.

Bibliography: Selected Poli's works

- Poli G.S. (1772). *La formazione del Tuono, della Folgore e di varie altre Meteore, spiegata giusta le idee del Signor Franklin*. Napoli: Donato Campo.
- Poli G.S. (1773). *Riflessioni intorno agli effetti di alcuni Fulmini*. Napoli: Donato Campo.
- Poli G.S. (1774a). *Continuazione delle riflessioni intorno agli effetti di alcuni Fulmini*. Napoli: Donato Campo.
- Poli G.S. (1774b). *Lezioni di Geografia e di Storia Militare*. Tomo Primo. Napoli: Fratelli Di Simone.
- Poli G.S. (1776). *Lezioni di Geografia e di Storia Militare*. Tomo Secondo. Napoli: Fratelli Di Simone.
- Poli G.S. (1780). *Breve ragionamento intorno all'eccellenza dello studio della Natura*. Napoli: Stamperia Reale.
- Poli G.S. (1781a). *Ragionamento intorno allo studio della Natura*. Napoli: Stamperia Reale.
- Poli G.S. (1781b). *Elementi di Fisica Sperimentale*. Napoli: Fratelli Raimondi.
- Poli G.S. (1791). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Primus*. Parma: Ex Regio Typographeio.
- Poli G.S. (1795). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Secundus*. Parma: Ex Regio Typographeio.
- Poli G.S. (1805). *Viaggio Celeste. Poema astronomico*. Parti I-II. Napoli: Stamperia Reale.
- Poli G.S. (1806). *Memoria sul tremuoto de' 26 luglio del corrente anno 1805*. Napoli: Vincenzo Orsino.
- Poli G.S. (1811). *Breve saggio sulla calamita e sulla sua virtù medicinale*. Palermo: Stamperia Reale.
- Poli G.S. (1814). *Saggio di Poesie*. I, 1.2; II, 1.2. Palermo: Stamperia Reale.
- Poli G.S. (1815). *Breve saggio sulla calamita e sulla sua virtù medicinale*. Naples: Gaetano Eboli.
- Poli G.S. (1826). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Tertius. Pars Prima Posthuma*. Parma: Ex Ducali Typographeio.

References: Primary

- Andres G. (1813). *Dell'origine, progressi e stato attuale di ogni letteratura*. Tomo quinto. Roma: Carlo Mordacchini.
- Anonymous (1834). "Giuseppe Saverio Poli". *Atti del R. Istituto d'Incoraggiamento*, V, pp. 313-321.
- Cuvier F. (ed.) (1816-1845). *Dictionnaire des Sciences Naturelles*. Strasbourg-Paris: Levraut-Le Normant.

- Darwin C.R. (1854). *A monograph on the sub-class Cirripedia, with figures of all the species*, vol. 2. London: The Ray Society.
- De Feller F.X. (1834). *Biographie Universelle ou Dictionnaire Historique*. Tome Dixième. Paris: Gauthier Frères.
- Dell'Uomo L.V. (1825). *Elegia in morte del commendatore Don Giuseppe Poli*. Roma: Lino Contedini.
- De Rosa C.A. (Marchese di Villarosa) (1834). *Ritratti poetici di alcuni uomini di lettere antichi e moderni del Regno di Napoli*. Napoli: Stamperia e Cartiera del Fibreno.
- Filippini A. (1826). *In morte del Chiarissimo Giuseppe Saverio Poli. Epicedio*. Napoli: Tipografia di Criscuolo.
- Gatti S. (1825). *Elogio del Cavaliere Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Agnello Nobile.
- Gazzeri G. (1825). [Sine inscriptione], in *Antologia (Aprile, Maggio, Giugno)*. Tomo decimottavo. Firenze: Gabinetto Scientifico e Letterario di G.P. Vieusseux.
- Ghini F., Marchesani W. (1847). *Compendio della Fisica del Cavaliere Giuseppe Saverio Poli, compilato ed aggiunto d'un piccolo Trattato de' Sali neutri*. [S.n.t.].
- Giampaolo P.N. (1825). *Elogio del Commendatore Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Gabinetto Bibliografico e Tipografico.
- Giustiniani L. (1803). *Dizionario geografico-ragionato del Regno di Napoli*. Tomo VI. Napoli: V. Manfredi.
- Lippi C. (1802). *La fabbrica de' pallini all'inglese*. [S.n.t.].
- Lippi C. (1816). *Lippi e Poli: Causa relativa alla bella fabbrica di pallini da caccia all'uso inglese*. [S.n.t.].
- Milzi Greco R.M. (1816). *Relazione di Maria Rosa Milzi Greco sopra una grave e strana malattia da lei sofferta*. Napoli: De Bonis.
- Morelli di Gregorio N. (1825). *Elogio funebre del Cav. Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Nicola Gervasi Calcografo.
- Morelli di Gregorio N. (1826). *Cav. Giuseppe Saverio Poli*, in *Biografia degli Uomini Illustri del Regno di Napoli*. Tomo undecimo. Napoli: Nicola Gervasi.
- Morso S. (1813). *Sistema di Tachigrafia Italiana*. Palermo: Stamperia Reale.
- Nicolucci G. (1881). "Sulla vita e sulle opere di Giuseppe Saverio Poli". *Memorie della Società Italiana delle Scienze*, Serie III, Tomo IV, pp. 46-53.
- Olivier Poli G.M. (1825). *Cenno Biografico sul Cavalier Commendatore Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Marotta e Vanspandoch.
- Ruffo G. (1825). *In morte del Commendatore Giuseppe Poli*. Napoli: Stamperia Reale.
- Vaccolini D. (1836). *Poli*, in De Tipaldo E. (a cura di), *Biografia degli Italiani Illustri*, vol. 3. Venezia: Tipografia di Alvisopoli.

References: Secondary

- Borrelli A. (2015). *Poli, Giuseppe Saverio*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 84. Roma: Treccani.

- Borrelli A. (2017). "The *Viaggio celeste* by Giuseppe Saverio Poli", in Esposito S. (a cura di), *Atti del XXXVI Convegno annuale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia* (Napoli 4-7 Ottobre 2016). Pavia: Pavia University Press.
- Crisà A. (2014). "The Accidental Archaeologist: The Unfortunate Case of Antonio Filippello and the Coin Hoard of Castiglione (Catania, Sicily, 1818)". *Bulletin of the History of Archaeology*, 24 (6), pp. 1-11.
- Crivelli T. (2008). *Giacomo Leopardi lettore bambino della fisica di Giuseppe Saverio Poli e della poesia dell'Universo*. Napoli: [S.n.t.].
- De Frenza L. (2017). *The "poles" of healing. Mineral magnetism vs. animal magnetism*, in Esposito S. (a cura di), *Atti del XXXVI Convegno annuale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia* (Napoli 4-7 Ottobre 2016). Pavia: Pavia University Press.
- Di Castiglione R. (2010). *La massoneria nel Regno delle Due Sicilie e i fratelli meridionali del '700*. Roma: Gangemi.
- Esposito S., Schettino E. (2014). "Spreading scientific philosophies with instruments: the case of Atwood's machine". *Advances in Historical Studies*, 3, pp. 68-81.
- Ferraresi A. (2000). "Dalla periferia al centro: Pavia e la sua Università nella seconda metà del Settecento". *Annali di storia pavese*, 28, pp. 87-104.
- FratTA A. (a cura di) (2004). *Il patrimonio architettonico dell'Ateneo Fridericiano*. Napoli: Arte Tipografica.
- Papa F. (1985). "Carminantonio Lippi". *Cilento Nuovo*, V (2).
- Temkin I. (2012). *At the Dawn of Malacology: The Salient and Silent Oeuvre of Giuseppe Saverio Poli*, in Baione T. (ed.), *Natural histories: extraordinary rare book selections from the American Museum of Natural History Library*. New York: Sterling.
- Toscano M. (2006). *Nature caught in the fact. Sperimentalismo e collezionismo antiquario-naturalistico nel Regno di Napoli, Veneto, Gran Bretagna tra il XVIII e il XIX secolo* (Tesi di Dottorato in Scienze Archeologiche e Storico-Artistiche. Indirizzo Storico-Artistico). Università degli Studi di Napoli "Federico II".
- Toscano M. (2017). "Giuseppe Saverio Poli as a collector between Natural History and antiquarianism", in Esposito S. (a cura di), *Atti del XXXVI Convegno annuale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia* (Napoli 4-7 Ottobre 2016). Pavia: Pavia University Press.

The *Viaggio celeste* by Giuseppe Saverio Poli

Antonio Borrelli - Biblioteca Universitaria di Napoli - anbor@libero.it

Abstract: Giuseppe Saverio Poli's poetic activity (1746-1825), pointed out by all his biographers, has never been studied. Even the astronomical poem *Viaggio Celeste*, published in Naples in 1805, hasn't had the attention that it would have deserved. Probably, Poli's European notoriety as a scientist has totally tarnished his figure as a poet and author of music librettos. Other Poli's poetic writings (sonnets, odes, hymns, translations of sacred compositions) take generally part of a literary encomiastic production, and of materials usually used in his ceremonials at the court life.

The *Viaggio Celeste*, dedicated to Ferdinando IV, is an allegorical poem. Poli imagines of doing, guided by Urania, a travel in the Universe: he observes planets, satellites, the Sun, the comets and the stars, describing their peculiarities, enunciating the astral movement laws. The harmony and the beauty of the firmament is, according to him, the clearest manifestation of God's presence in the universe, whose is its creator. As he had already done with his *Elementi di Fisica Sperimentale* (1781) about physics discoveries, Poli wanted to spread out, with his poem, even to no specialized people, the old and new discoveries about astronomy: starting by Newton's to Heinrich Wilhelm's (1758-1840) and his friend Giuseppe Piazzi's (1746-1826) ones. He aimed at spreading science using mythology, in order to make more pleasant the treated subject as a rhetorical-literary procedure often used by poets during the Age of Enlightenment.

Keywords: Giuseppe Saverio Poli, *Viaggio celeste*, poesia didascalica.

1. Poli e la poesia didascalica

I biografi di Giuseppe Saverio Poli hanno ricordato puntualmente che la sua attività di poeta si è svolta in parallelo con quella di fisico e di naturalista. Tuttavia non esiste, a nostra conoscenza, un lavoro specifico sulla sua produzione poetica.¹ Questo silenzio sulla sua poesia non è dovuto alla scarsa qualità dei suoi versi, che non furono inferiori a quelli di tanti poeti coevi, ma proprio alla notorietà europea dei suoi trattati di scienza. Insomma: il Poli scienziato ha finito per eclissare il Poli poeta. Il suo lavoro più celebre, gli *Elementi di fisica sperimentale*, che, apparso la prima volta a Napoli nel 1781, conobbe un notevole successo editoriale e di pubblico,² ha fatto ombra al *Viaggio celeste*, il suo lavoro poetico più importante e ambizioso. Tale situazione ha comportato

¹ Una recente bibliografia su Poli è in (Borrelli 2015).

² Sul carattere e sulla fortuna editoriale degli *Elementi* cfr. (Schettino 1999; Freguglia 2001).

che il nome di Poli non solo non compaia in studi letterari attenti anche ai cosiddetti ‘minori’, come per esempio la *Storia letteraria d’Italia* pubblicata dall’editore Vallardi a partire dalla fine dell’Ottocento, ma neppure nel volume di Emilio Bertana, *L’Arcadia della scienza*, apparso nel 1890, che rimane, nonostante i tantissimi anni trascorsi dalla pubblicazione, una vera e propria miniera di testi della poesia didascalica italiana del Settecento e del primo Ottocento,³ genere cui appartiene il *Viaggio celeste*.

Intellettuale dell’età dell’Illuminismo, Poli si dedicò sia alla scienza sia alla letteratura, al pari di altri scienziati della sua epoca e delle epoche precedenti. Per limitarci agli italiani e a quelli più noti, Poli si era messo nella tradizione di Galileo Galilei, Francesco Redi, Alessandro Marchetti, Antonio Conti, Alessandro Volta e Lorenzo Mascheroni. Tutti scienziati che scrissero versi e per i quali la scienza e la poesia non erano mondi contrapposti, ma manifestazioni e prodotti complementari dell’attività della mente e dello spirito dell’uomo. Scienziati che quando si cimentavano con la poesia erano lontani, per mentalità e per tipo di scrittura, dai letterati puri. A differenza delle opere di questi ultimi, le loro sono, molto spesso, una contaminazione tra poesia, filosofia e scienza.

Nella vita di Poli la poesia, coltivata fin dalla giovinezza, ebbe la stessa importanza degli studi sui fulmini e sui terremoti e delle ricerche sulle conchiglie del Regno delle Due Sicilie. La poesia non rispondeva solo a una sua esigenza interiore, ma anche a una sua necessità espressiva e comunicativa. Egli credeva che la pratica poetica potesse essere un utile esercizio per affinare la prosa, per renderla quanto più chiara e precisa possibile, come richiedeva ormai il linguaggio della scienza moderna. Uno dei suoi primi biografi, Paolo-Nicola Giampaolo, scrisse, non a caso, che la poesia dispose «l’armonia de’ suoi pensieri, l’incanto del suo discorso, il concetto della lingua, e dello stile» (Giampaolo 1825, p. 30). Insomma, la poesia incise profondamente sul suo modo di pensare, di parlare e di scrivere.

La produzione poetica di Poli è costituita essenzialmente dal *Saggio di poesie* e dal *Viaggio celeste*. Il *Saggio di poesie* fu pubblicato a Palermo dalla Stamperia Reale prima del 1810. Si tratta di una raccolta di gran parte dei suoi componimenti poetici, molti dei quali già editi. Nella dedica ad Antonio Forcella,⁴ finanziatore della stampa dell’opera, Poli ricordava che molti versi erano «frutto delle calamitose circostanze de’ tempi correnti» e che il comporli era stato di grande aiuto al suo «animo profondamente addolorato dalle universali sciagure» (Poli 1810, I, 1-2, p. 3 n.n.). Parole che alludevano alla Rivoluzione napoletana del 1799 e all’occupazione del Regno da parte dei francesi dal 1806 al 1815. Uomo di corte, docente universitario e istruttore del futuro Francesco I di Borbone, Poli fu un convinto e fedele regalista, lontano, per formazione e visione del mondo, dal giacobinismo (De Gennaro 2006; Borrelli 2015). I suoi ideali di vita e di cultura si iscrissero, senza deviazioni, nella prospettiva politica del “dispotismo illuminato”: quella delle riforme istituzionali e sociali decise dal

³ Per un aggiornamento critico e bibliografico di Bertana 1890, cfr. (Di Riccio 2009).

⁴ Si tratta probabilmente di Antonio Forcella (1740-1828), che nel 1815 ottenne per sé e per i suoi eredi il titolo di marchese; tra il 1802 e il 1816 fu nominato, su indicazione di John Acton, procuratore del ducato di Bronte in Sicilia per conto di Horatio Nelson.

sovrano, proprio come avvenne nel Regno soprattutto negli anni Ottanta, grazie anche al suo contributo.

Queste scelte ebbero un'eco in alcune sue opere. Il ritorno all'ordine dopo quegli eventi significò per Poli ritrovare, anche sul piano personale, una «pace serena e stabile», come recita il titolo di una sua poesia, senza data, messa in musica da Marcello Parrino (Poli 1791-1810a). Per il ricevimento dato dal principe Leopoldo la sera del 3 settembre 1799 nella Reggia di Palermo per festeggiare la caduta della Repubblica napoletana, Poli compose *La concordia felice*, una cantata con musica di Francesco Piticchio.⁵ Quasi sicuramente suoi sono pure i versi della *Canzonetta per marcia* di Vito Giuseppe Millico, anch'essa senza data, a sfondo antifrancesco e filoferdinando⁶ (Poli 1791-1810b).

Dal *Saggio di poesie* emerge con chiarezza che i componimenti poetici di Poli rientravano in una produzione letteraria di tipo encomiastico e celebrativo, facevano parte cioè di quei materiali utilizzati di solito nei rituali e nelle cerimonie della vita di corte. Furono scritti in occasione di nascite e matrimoni, di partenze e ritorni, di malattie e decessi, di ritiri in campagna e gite al mare. Mentre alcuni di questi testi, dedicati a membri della famiglia reale e a personaggi della corte, furono recitati in contesti sia pubblici sia privati, quelli messi in musica da noti musicisti, tra i quali i maestri di cappella Giovanni Paisiello e il ricordato Millico, vennero eseguiti in contesti ufficiali nei Teatrini del Palazzo Reale di Napoli e della Reggia di Caserta.

L'*Inno al Sole*, un'ode dedicata ai Borboni la cui composizione risale agli ultimi anni del Settecento, riscosse un significativo successo.⁷ L'invocazione al Sole è un *topos* della letteratura europea. Restando in ambito italiano, basterà ricordare gli inni di san Francesco d'Assisi, di Tommaso Campanella e di Ugo Foscolo. Quello di Poli, musicato da Millico in forma di cantata, è un vero e proprio modello della poesia del molfettese. In esso si uniscono, in un perfetto equilibrio, le cognizioni scientifiche, la mitologia e il sentimento religioso.

Il Sole, «dominatore perpetuo [...] dell'eterea Sfera», regola «l'altissima carriera» degli «astri erranti», scriveva Poli (Poli 1790-1802, p. 11) Quest'allegoria sta a indicare ovviamente la gravitazione universale che permette ai pianeti di girare intorno al Sole, il cui calore e la cui luce rendono possibile la vita sulla Terra. Ma il Sole, pur così «eccelso» e «mirabile», è solo una delle tante meravigliose creazioni di Dio. Le ultime quartine dell'ode sono un canto all'onnipotenza divina e un fermo invito all'uomo, incapace di comprenderla, a rassegnarsi al suo volere. Scriveva ancora Poli: «Mortal,

⁵ «La sera del 3 settembre 1799, riconquistata Napoli, il principe don Leopoldo invitava ad un mistico convegno nel palazzo regale ministri di stato e magnati di rango. Eseguita con bella musica una cantata (*La concordia felice*) scritta a bella posta dal cavaliere Giuseppe Saverio Poli, entrossi nella villa splendentissima di faci» (Mortillaro 1866, p. 190).

⁶ I versi della *Canzonetta per Marcia / a Tre voci / Del Sig.r D. Giuseppe Millico*, conservata manoscritta nella Biblioteca del Conservatorio di San Pietro a Majella a Napoli (I-Nc, Arie 116(3) [olim 46(a).1.9]), sono gli stessi della *Canzone Militare / Musica / Di D. Giuseppe Millico / Poesia / D D: Giuseppe Poli / Fed.co Fico copista*, conservata manoscritta nella Jean Gray Hargrove Music Library (MS 934) della University of California, Berkeley (Brandenburg 1996). Ringrazio l'amico Lucio Tufano per avermi fornito questa notizia.

⁷ L'*Inno al Sole* è stato riproposto il 14 novembre 2009 nella Cattedrale di Molfetta dall'Orchestra "Nino Rota", diretta dal maestro Antonio Magarelli. Per l'occasione fu pubblicato un libretto contenente l'opera e interventi su Millico e Poli (Millico 2009).

che cieco e misero / Strisciando al suol ti giaci, / No, tu non puoi comprenderlo: / Dunque l'adora e taci» (Poli 1790-1802, p. 22).

Il *Saggio di poesie* contiene tre sonetti, strettamente legati fra loro, che affrontano temi simili: *Sull'esistenza di Dio*, *La creazione del mondo* e *Sulle perpetue vicende del mondo*. Nel primo sonetto, *Sull'esistenza di Dio*, facendo riferimento all'infinità dell'Universo, alla straordinaria varietà degli esseri viventi sulla Terra, ai metalli, ai fiori, alle piante, e richiamando perfino le leggi del moto di Newton, Poli si chiedeva, retoricamente, come fosse possibile negare la realtà di Dio. Nel sonetto *La creazione del mondo* attribuiva al «respiro» e alle «alte parole» di Dio l'ordinamento dell'originaria «massa incolta», «oscura, e folta» (Poli 1810, II, 1, p. 55). Ma l'uomo deve credere in Dio anche perché, come scriveva nel sonetto *Sulle perpetue vicende del mondo*, nell'Universo tutto muta incessantemente e sulla Terra, con il trascorrere dei secoli, ogni cosa si trasforma, comprese le grandi opere umane. Per Poli l'unica certezza dell'uomo, destinato a ritornare nella polvere da cui è nato, è l'esistenza di Dio; certezza che aveva come conseguenza l'invito ad affidarsi a lui con abbandono e amore filiale.

2. Il Viaggio celeste

Il *Viaggio celeste*, scritto tra il 1801 e il 1804 e pubblicato in due volumi dalla Stamperia Reale di Napoli nel 1805, è composto dalla dedica a Ferdinando IV, dalla prefazione, dal discorso preliminare, da cinque canti e dal commento. Le strofe sono 360, i versi 2.880, le pagine di commento 141. Il poema è in ottava rima con strofe in endecasillabi rimati. Già questi dati ci mostrano che l'opera ha una struttura articolata e che il commento, rispetto alle 367 pagine complessive dei due volumi, è molto vasto.

Il motivo occasionale della composizione del poema fu la scoperta di un nuovo pianeta, in realtà un asteroide, fatta da Giuseppe Piazzi, il primo gennaio 1801, nell'Osservatorio Astronomico di Palermo, a cui lo scienziato lombardo diede il nome di "Cerere Ferdinanda" in onore di re Ferdinando (Foderà Serio, Manara, Sicoli 2002). Poli dedicò a Piazzi un'ode, pubblicata nel 1803 sul «Nuovo giornale dei letterati», nella quale raccontava l'evento in chiave mitologica (Poli 1803). Orazio Antonio Cappelli,⁸ un letterato amico di Poli, avendone letto l'ode, lo invitò a scrivere un poema astronomico. In un primo momento Poli compose solo i primi due canti, ai quali aveva dato il titolo di *Viaggio pel mondo solare*, che fece leggere a Cappelli e a Piazzi, ma che non volle pubblicare. Sollecitato più volte dai due amici, si decise a completare il lavoro e darlo alle stampe, insieme con altri tre canti che riguardavano il firmamento.

Nella prefazione Poli rendeva esplicito il metodo utilizzato nella composizione del poema. Bene aggiornato sul dibattito intorno ai criteri da adottare nella poesia con contenuti scientifici, egli sosteneva che trattare di pianeti e di cieli rischiava di risultare,

⁸ Orazio Antonio Cappelli (1742-1826), uomo politico e letterato, fece parte dell'Accademia Ercolanese e dell'Arcadia. Fra le sue opere il poema *Delle leggi di natura*, pubblicato a Napoli da Donato Campo nel 1772.

«pedantesco, sforzato, sterile, scipito e privo di quelle grazie, e di que' vezzi che un Poema richiede» (Poli 1805, I, p. VIII). E questo perché la scienza, e in particolare l'astronomia, era «per sua natura... una materia sterile» (Poli 1805, I, p. VIII). Per evitare questo rischio e dare al *Viaggio celeste* una coloritura poetica e una struttura formale capace di attrarre i lettori, era necessario non solo legare insieme l'astronomia e la “favola”, ma legarle anche in maniera tale che “le verità scientifiche” fossero esposte mediante allegorie e narrate come racconti mitologici.

Poli poggiava le sue tesi su alcune opere citate nella prefazione, in particolare il *Mémoire sur l'origine des constellations, et sur l'explication de la fable, par le moyen de l'astronomie* di Charles-François Dupuis,⁹ inserito nel quarto tomo dell'edizione del 1781 dell'*Astronomie* del celebre Joseph-Jérôme de La Lande. Per Dupuis, l'astronomia e la favola erano nate, in epoche differenti, da una sorgente comune e, prima di dividersi in due rami distinti, erano rimaste unite per secoli e secoli. Solo dopo moltissimo tempo fu possibile «vedere l'astronomia – scriveva Dupuis – far nascere dal suo seno la poesia, la quale, dal canto suo, porge alla prima il proprio splendore e le sue grazie, e popola l'Olimpo di Dei».¹⁰ Le favole, e quindi i miti, non sono altro che «le celesti apparenze e i fenomeni della natura allegorizzati».¹¹ Quanto più si risale indietro nel tempo verso la nascita delle scienze, tanto più gli antichi poemi – si pensi alla *Teogonia* di Esiodo – sono ricchi di mitologia astrale. L'astronomia fu storicamente la prima scienza a nascere, perché era legata all'agricoltura e alla pastorizia, perché dava risposte a esigenze della vita reale degli uomini. Per Poli l'astronomia fu, alle sue origini, «una scienza popolare» (Poli 1805, II, p. 46 nota 6). Conoscere la posizione del Sole, quando nel corso dell'anno attraversava le costellazioni zodiacali, serviva all'agricoltore per decidere i momenti più idonei alla semina e al raccolto; serviva al pastore per orientarsi nei suoi spostamenti stagionali con il gregge; serviva al sacerdote per stabilire i tempi sacri delle feste e dei riti religiosi. La poesia e la mitologia nacquero, dunque, sui primitivi fondamenti dell'astronomia e la storia mitologica in fondo non era altro che la storia naturale messa in immagini.

È probabile che Poli, ricordando le teorie di Dupuis e di altri autori (Jean-Paul Rabaut de Saint-Étienne, Jean André de Luc, Guillaume de Lavour) non volesse solo offrire qualche utile strumento bibliografico al lettore desideroso di approfondire il rapporto fra scienza e mitologia, ma che, utilizzando quelle teorie, intendesse fare con il suo poema precisamente quanto avevano fatto gli antichi poeti con i loro poemi. In altre parole, è probabile che anch'egli intendesse fare poesia dopo la scienza. Infatti, dopo le

⁹ Charles Francois Dupuis (1742-1809), erudito e politico francese, insegnò eloquenza al Collège de France e fece parte dell'*Académie des Inscriptions*. Oltre al *Mémoire*, pubblicò *L'origine de tous les cultes, ou la religion universelle* (Parigi, 1794), che ebbe un enorme successo. Il suo tentativo di spiegare in chiave naturalistica tutta la mitologia antica ricevette varie confutazioni.

¹⁰ «L'Astronomie & la Fable, nées d'une source commune, mai à des époques différentes, unies dans leur marche pendant plusieurs siècles, se sont ensuite divisées en deux branches, de manière à laisser ignorer aux âges suivans le point de réunion ou du départ; ce n'est qu'en franchissant un espace de plusieurs siècles, que nous pourrons voir l'Astronomie faire éclore de son sein la Poésie, qui à son tour prête à la première son éclat & ses graces, & peuple l'Olympe de Dieux» (Dupuis 1781, p. 74).

¹¹ «Les Fables anciennes ne sont donc autre chose que les apparences celestes & les phénomènes de la nature, allégorisés, & embellis des charmes de la Poésie» (Dupuis 1781, p. 74).

scoperte di Copernico, Keplero, Galilei e Newton, che avevano rivoluzionato per sempre l'immagine del mondo, si era accumulata una tale quantità e varietà di materiali, che si poteva tentare una nuova poesia cosmologica. In questo senso, il *Viaggio celeste* era il tentativo, di là dagli esiti poetici, di costruire la "favola", la mitologia, dell'astronomia moderna.

Sia pure per accenni, è utile riflettere sul commento e sul rapporto tra gli *Elementi di fisica sperimentale* e il *Viaggio celeste*, questioni strettamente connesse. Commentare le proprie opere, aggiungervi il cosiddetto «autocommento», sono pratiche usuali della letteratura (Peron 1994). Limitandoci agli autori italiani, si possono ricordare gli «autocommenti» di Dante al *Convivio*, di Tommaso Campanella alla *Scelta d'alcune poesie filosofiche*, di Antonio Conti ai *Sonetti filosofici*, di Giacomo Leopardi alle *Canzoni* e di Umberto Saba alla *Storia e cronistoria del Canzoniere*. Nel caso della poesia didascalica del Settecento, il commento è però molto più frequente e abbondante, soprattutto nelle opere di argomento scientifico. Il commento, dotato a volte di specifica autonomia, diventa spesso un testo nel testo.

Il commento di Poli al *Viaggio celeste*, che rappresenta più di un terzo dell'intera opera, non è sempre di facile lettura, ma era comunque accessibile anche a coloro che conoscevano poco la mitologia, la fisica e l'astronomia. In esso vengono citati gli astronomi e le loro opere, spiegate le nozioni scientifiche più difficili, fornite notizie accurate sugli astri, raccontate, con dettagli perfino non necessari, le storie dei fatti e dei personaggi mitologici. Il commento stabilisce una relazione con altre parti del *Viaggio celeste*, soprattutto con il *Discorso preliminare*, e con altri scritti di Poli, sia quelli poetici sia quelli scientifico-professionali, a cominciare dagli *Elementi di fisica sperimentale*. La fonte dei primi due canti dedicati al sistema solare è il primo volume degli *Elementi*, in particolare gli «articoli» II, III, IV e V della terza lezione (*Delle Leggi di Moto, e di alcune Teorie immediatamente connesse con quelle*). Questi «articoli» affrontano le teorie cosmografiche, si soffermano sul sistema astronomico copernicano, danno conto della grandezza dei pianeti, dei loro moti e delle loro distanze dalla Terra, descrivono i meridiani e i paralleli terrestri. Nel mettere in rapporto il manuale e il poema, Poli trasformava la prosa scientifica degli *Elementi* in versi. Ricorreva alle allegorie e commentava i suoi stessi versi aggiungendo altri particolari al testo di base. Gli scopi delle aggiunte erano poetici e didascalici insieme: si intendeva evitare troppo abbondanti residui di scienza astronomica nella versificazione per offrire, invece, maggiori notizie sui temi trattati proprio nel *Viaggio celeste* e negli *Elementi*. D'altra parte, su questioni scientifiche particolari, Poli non esitava a rinviare il lettore, quando era necessario, direttamente agli *Elementi*.¹²

Prima di concludere, esemplifico qualche motivo della morale filosofica presente nel *Viaggio celeste*. Il poeta-scienziato, nel suo peregrinare per il firmamento sotto la guida di Urania, contempla l'immensità, l'ordine, l'armonia e soprattutto la bellezza dei cieli. E poiché Urania gli ha fatto conoscere «cose eccelse» riservate solo agli dèi, avverte un tale scombussolamento della mente e del corpo, che tutto gli sembra un

¹² In particolare indicava come edizione di riferimento la quinta. Cfr. (Poli 1802-1803).

sogno. Poi man mano che scende dal firmamento alla Terra, in groppa al cavallo alato Pegaso, ciò che vede gli appare sempre più piccolo, brutto e corrotto.

Nel primo canto aveva stigmatizzato, quasi deriso, la pretesa dell'uomo di sentirsi al centro dell'Universo e la sua abitudine di vivere, più spesso di quanto pensasse, sotto il dominio della follia. Nella realtà della sua visione, non solo l'uomo non occupava il centro dell'Universo, ma era preda delle forze del male, quello fisico, quello morale e quello causato dai fenomeni naturali, come inondazioni, eruzioni e terremoti. Tuttavia se l'uomo avesse potuto vedere la Terra da quella distanza sterminata da cui l'aveva vista lui per volere di Apollo, anche i mali gli sarebbero apparsi insignificanti e trascurabili. In questa prospettiva siderale, vicende individuali e vicende collettive si dissolvevano al cospetto dei tempi e degli spazi della natura e del cosmo. Si tratta di prospettive care a Leopardi che, com'è noto, fu un attento lettore del manuale di fisica di Poli e, molto probabilmente, anche del *Viaggio celeste*, benché non presente nella ricca biblioteca paterna.

Bibliografia

- Bertana E. (1890). *L'Arcadia della scienza. C. Castone della Torre di Rezzonico. Studi sulla letteratura del secolo XVIII*. Parma: Luigi Battei.
- Borrelli A. (2015). *Poli, Giuseppe Saverio*, in *Dizionario biografico degli italiani*. Volume 84. Roma: Istituto della Enciclopedia italiana [online]. URL: <[http://www.treccani.it/enciclopedia/giuseppe-saverio-poli_\(Dizionario-Biografico\)/>](http://www.treccani.it/enciclopedia/giuseppe-saverio-poli_(Dizionario-Biografico)/>) [data di accesso: 30/04/2017].
- Brandenburg D. (1996). *Vito Giuseppe Millico. Studien zu Leben und Werk eines komponierenden Kastraten in 18. Jahrhundert*. (Dissertation in Musikwissenschaft). Salzburg: Paris Lodron-Universität.
- Capaci B. (1997). *La poesia del cielo nel Settecento da Conti a Rezzonico*, in Baffetti G. (a cura di), *Letteratura e orizzonti scientifici*. Bologna: Il Mulino, pp. 51-76.
- De Gennaro G. (2006). "Uno scienziato alla corte dei Borbone di Napoli: Giuseppe Saverio Poli (Molfetta 1746-Napoli 1825)". *Risorgimento e Mezzogiorno. Rassegna di studi storici*, 1-2, pp. 91-99.
- Di Riccio A. (2009). *L'Arcadia della scienza: qualche ipotesi di rilettura*, in Baldassarri G., Contarini S., Fedi F. (a cura di), *Antonio Conti: uno scienziato nella Républiques des Lettres*. Padova: Il Poligrafo, pp. 71-83.
- Dupuis C.-F. (1781). *Mémoire sur l'origine des constellations, et explications de la fable, par le moyen de l'astronomie. Extrait de l'Astronomie de M. de La Lande*, Tome IV. Paris: Chez la Veuve Desaint.
- Foderà Serio G., Manara A., Sicoli P. (2002). *Giuseppe Piazzi and the Discovery of Ceres*, in Bottke Jr. W.F., Cellino A., Paolicchi P., Binzel R.P. (eds.), *Asteroids III*. Tucson, Houston: The University of Arizona Press [online]. URL: <<http://www.lpi.usra.edu/books/AsteroidsIII/pdf/3027.pdf>> [data di accesso: 30/04/2017].

- Freguglia P. (2001). *La fisica come disciplina scolastica: il caso di Giuseppe Belli (Calasca, 1791-Pavia, 1860)*, in *Atti del XXI Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia* (Arcavacata di Rende 6-8 giugno 2001) [online]. URL: <<http://www.sisfa.org/pubblicazioni/atti-del-xxi-convegno-sisfa-cosenza-2001/>> [data di accesso: 30/04/2017].
- Giampaolo P.-N. (1825). *Elogio del commendatore Giuseppe-Saverio Poli letto nell'Accademia Reale Borbonica a sezioni riunite nella seduta de' 6 agosto 1825*. Napoli: presso il Gabinetto Bibliografico e Tipografico.
- Millico V.G. (2009). *Inno al Sole. Cantata sull'ode di Giuseppe Saverio Poli (1746-1825)*. Prima esecuzione assoluta in tempi moderni. Edizione critica a cura di G. Magarelli. [Molfetta]: [S.e.].
- Mortillaro V. (1866). *Leggende storiche siciliane dal XIII al XIX secolo*. Seconda edizione. Palermo: Stamperia di P. Pensante.
- Peron G. (a cura di) (1994). *L'autocommento. Atti del XVIII convegno interuniversitario* (Bressanone, 1990). Padova: Esedra.
- Poli G.S. (1790-1802). *Inno al Sole. Da recitarsi in musica alla presenza delle LL. AA. le Principesse reali [...]. Messo in musica dal signor D. Giuseppe Millico*. [S.n.t.].
- Poli G.S. (1791-1810a). *Pace serena e stabile. Poesia posta in musica dal dilettante D. Marcello Parrino*. [S.n.t.].
- Poli G.S. (1791-1810b). *Canzonetta per marcia a tre voci del sig.r D. Giuseppe Millico*. Napoli: Luigi Marescalchi.
- Poli G.S. (1802-1803). *Elementi di fisica sperimentale, composti per uso della Regia Università*. Edizione quinta rinnovata, notabilmente accresciuta, e corredata di Note dall'Autore. Tomi I-V. Napoli: presso Vincenzo Orsino.
- Poli G.S. (1803). "Ode all'illustre Piazzì". *Nuovo giornale dei letterati*, 5, pp. 105-106.
- Poli G.S. (1805). *Il Viaggio celeste. Poema astronomico. Illustrato con annotazioni dallo stesso autore*. Parte I-II. Napoli: Stamperia Reale.
- Poli G.S. (1810). *Saggio di poesie*. I, 1-2; II, 1-2. Palermo: Stamperia Reale.
- Schettino E. (1999). "L'insegnamento della fisica sperimentale a Napoli nella seconda metà del Settecento". *Studi settecenteschi*, 18, pp. 367-376.
- Sozzi L. (2012). *Poesia e scienza nel Settecento*, in Messina S., Trivero P. (a cura di), *Metamorfosi dei lumi 6. Le belle lettere e le scienze*. Torino: Accademia University Press, pp. 229-238.

Giuseppe Saverio Poli, his hometown... and surroundings

Rocco Chiapperini - I.P.S.S.A.R. Molfetta - occoriniri@libero.it

Abstract: The purpose of this article is to highlight the relationship between G.S. Poli and Molfetta, his hometown, both during his lifetime and after his death. Between the XVIII and XIX century a group of naturalists of great caliber was created in Molfetta and the place where they studied was the local Seminary. In the literary and music field, the least known of Poli's interests, for the first time in the modern era, it is organized the performance of his literary compositions, set to music by Luigi Capotorti and Giuseppe Millico, in Molfetta. Poli's house in Molfetta collects and preserves scientific documents and finds available for scholars. In the scientific and naturalistic field, a project is underway aiming at collecting all the specimens of mollusks, described and illustrated in *Testacea Utriusque Siciliae*, in a museum in Molfetta and highlighting their taxonomic path from Poli to these days.

Keywords: Ciro Saverio Minervini, Giuseppe Maria Giovene, Giulio Candida, Giuseppe Millico, Luigi Capotorti, Oronzio de Bernardi, Molfetta, Terlizzi, conchigliera, malacology, museum.

Giuseppe Saverio Poli nasce a Molfetta il 28 ottobre 1746 (Fig. 1) da Vitangelo ed Eleonora Corlè (o Corleo), uniti in matrimonio il 22 febbraio 1745. Si tratta di una famiglia benestante originaria di Chioggia; il nonno Giuseppe si trasferisce dalla città veneta a Molfetta nel 1685 per svolgere l'attività di maestro d'ascia e calafato. La presenza di maestranze venete potrebbe spiegare la costruzione nei cantieri navali molfettesi d'imbarcazioni, come il bragozzo, tipiche dell'Alto Adriatico e in particolare di Venezia e Chioggia. Poli rimane nella città natale fino a diciannove anni, avendo come luogo di formazione il locale Seminario Diocesano (Fig. 2) retto in quel periodo dai Gesuiti e rinomato per qualità e severità d'insegnamento, dove acquisisce una formazione religiosa, ma anche letteraria e scientifica, mostrando capacità talmente spiccate da sostituirvi, quasi quindicenne, un docente di fisica e metafisica temporaneamente assente (Morelli di Gregorio 1827). Viene seguito da Celestino Orlandi, vescovo di Molfetta dal 1754 al 1774, e prende gli Ordini minori, ossia i ministeri ecclesiastici che nella Chiesa Cattolica Latina non implicano un'ordinazione sacramentale, ma attribuiscono lo *status* di chierico. Un fratello suo omonimo (Molfetta, 1768-Napoli, 1841) intraprende la carriera ecclesiastica e diventa dal 1824 al 1834 vescovo di Angiona e Tursi nei pressi di Matera (Minieri-Riccio 1844, p. 278). In quello stesso Seminario, fondato subito dopo il Concilio di Trento da Maiorano Maiorani, vescovo della città pugliese dal 1553 al 1566, si

formano altri tre naturalisti molfettesi: Ciro Saverio Minervini (1734-1805), Giuseppe Maria Giovene (1753-1837) e Giulio Candida (1756-1785) caratterizzati da una dimensione europea non solo per la conoscenza delle lingue straniere ma anche per i rapporti costanti tenuti con studiosi europei con i quali vi è anche una scambievole frequentazione, nonostante i viaggi siano all'epoca molto disagiati.

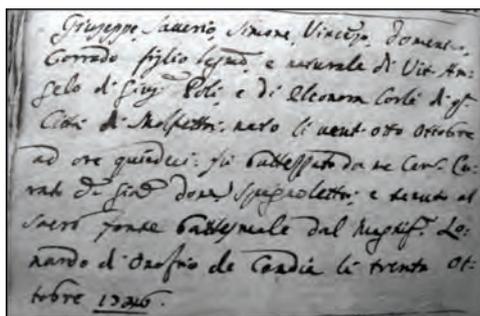


Fig. 1. L'atto di battesimo di Giuseppe Saverio Poli (Archivio Diocesano Molfetta, Parrocchia Cattedrale, Battesimi 1727-1753, *Liber Baptizatorum ab anno D. 1741 usque ad 1747*, f. 40v)

Giovene ha un ruolo di primo piano nella vicenda della dolina carsica denominata *Pulo*, presente nel territorio molfettese, ove scopre dei reperti archeologici risalenti al Neolitico, v'individua la presenza di salnitro naturale, che viene estratto, per circa un decennio, nella nitriera borbonica i cui resti sono ancora visibili (De Santis 2010), ed effettua un primo censimento della flora della dolina utilizzando, per la prima volta in Puglia, la nomenclatura binomia di Linneo (De Santis 1983). Giovene pubblica anche i suoi studi meteorologici relativi al territorio di Molfetta (1788-1797, 1799); anche Poli (1773) ha la meteorologia tra i suoi interessi.

Ciro Saverio Minervini (talvolta Minervino) può considerarsi il maestro, anche per motivi anagrafici, del gruppo di naturalisti molfettesi. Ben nota è la sua collezione archeologica, geologica e di storia naturale, e la biblioteca in parte ceduta a Giovene e da questi passata successivamente al Seminario Diocesano di Molfetta (Fig. 3). Storia dell'agricoltura, geografia, numismatica e mineralogia sono gli argomenti più diffusamente trattati da Minervini.



Fig. 2. Uno scorcio del porto di Molfetta: sulla destra il palazzo della famiglia Poli (B), sulla sinistra, accanto al duomo dai due campanili, l'antico Seminario Diocesano (A)



Fig. 3. La biblioteca storica nell'attuale Seminario Diocesano di Molfetta

Giulio Candida è il meno conosciuto del gruppo, anche perché muore all'età di ventinove anni. Risulta pubblicato un unico suo studio (1785), dedicato al botanico Vincenzo Petagna (Napoli, 1730-1810).

Poli mantiene sempre vivo il suo rapporto con i concittadini Minervini e Giovene, e, più in generale, con la città natale ove ritorna almeno un paio di volte e vi svolge, per un breve periodo, l'attività di medico. Fa pressione presso il governo borbonico per la costruzione del nuovo porto di Molfetta realizzato poi, in diverse fasi, a partire dal 1844. I primi approdi sono, infatti, insufficienti a soddisfare le necessità della marineria locale che svolge un notevole traffico mercantile con i porti dell'Adriatico settentrionale. Nel 1824 il Comune di Molfetta commissiona a Francesco Sponsilli, già Tenente del Genio, il progetto di un porto che viene preparato, con i relativi disegni, dopo un sopralluogo alla rada antistante l'antico Seminario, con la consulenza di Giovene. Per la posa della prima pietra si sceglie il 30 maggio 1844, giorno dell'onomastico di re Ferdinando II; i lavori terminano nel 1846 e il 24 maggio 1847 il re visita l'opera, approva un progetto suppletivo e, unitamente alla regina Maria Teresa, resta a Molfetta fino al 27 maggio, ospite in casa Poli. Nel 1796 Poli interviene presso i Gallarati-Scotti, feudatari di Molfetta, per affrancare la città da tale servaggio; Carlo Gallarati-Scotti (Milano, 1775-1840) è il primo Principe di Molfetta, seguito da Tommaso Anselmo (Milano, 1819-1915). Poli fa diventare la sua casa molfettese sede di un'accademia e di un museo naturalistico (Morelli di Gregorio 1827) ed esprime la volontà di lasciare alcuni suoi strumenti scientifici al Seminario nel quale aveva studiato da giovane; attualmente in Molfetta non risulta alcuna traccia di quegli strumenti. L'antico Seminario Diocesano sarà trasferito nel 1875 in altro edificio tuttora in uso, da non confondere, come talvolta è accaduto, con il Pontificio Seminario Regionale Pugliese intitolato a Papa Pio XI ed edificato, anch'esso a Molfetta, tra il 1925 e il 1926.

Poli rinviene sul litorale molfettese alcune conchiglie descritte e raffigurate nella sua opera malacologica *Testacea Utriusque Siciliae*. Nel tomo I ritrova il *Chiton Cinereus* (*Lepidochitona cinerea* secondo l'attuale nomenclatura) «in sino Appulo prope Melphictum» e crea, dedicandolo al luogo natio, il binomio *Lophyrus Melphictensis* (Poli 1791, p. 4). Nel tomo II afferma che la conchiglia *Chama Muricata* (*Glans trapezia*) «inanem invenimus in litore maris Adriatici prope Melphictum» (Poli

1795, p. 121) e, con espressione simile, *Arca interrupta (Lembulus pella)* «inanem invenimus [...] cum arena litoris Melphictensis secus oram Maris Adriatici» (Poli 1795, p. 137). Mie ricerche condotte sul litorale molfettese nel periodo 1990-1992 hanno portato a sporadici ritrovamenti delle medesime conchiglie spiaggiate; nessun confronto è però possibile perché nulla ci dice il Poli sulla frequenza e sull'abbondanza dei suoi ritrovamenti. È da notare che, a parte le numerose località del litorale campano, nella suddetta opera di malacologia risultano citate solo due altre località di ritrovamento dei molluschi: Molfetta e Taranto.

Dopo la sua morte, avvenuta a Napoli il 7 aprile 1825, numerose iniziative mantengono vivo il rapporto tra Molfetta e il suo illustre figlio. Sulla facciata del palazzo Poli, sito in via S. Domenico, è collocata nel 1906 una lapide commemorativa che, per tradizione, indica in quell'edificio il luogo di nascita di Poli che, in realtà, nasce nella città antica, in via Morte 10 (Samarelli 1934). Al Poli è intitolata la scuola media statale sita in via Molfettesi d'Argentina 11/A che, nel progetto scolastico denominato "Scienzapoli", propone l'esecuzione da parte degli studenti, di alcuni esperimenti descritti negli *Elementi di Fisica sperimentale*. Gli viene intitolata anche la via cittadina che fiancheggia il palazzo di famiglia; un suo ritratto è inserito nella "Galleria degli uomini illustri della città di Molfetta" che si trova a Palazzo Giovene (piazza Municipio), la raccolta di ritratti nasce nel 1811 per volere del sindaco Sergio Fiore; nel 1999, a cura del "Circolo Filatelico Molfettese", è coniata una medaglia celebrativa (Fig. 4) realizzata dallo scultore Luigi Teruggi, che raffigura al diritto l'immagine di Poli nella sua carica di Vice Presidente del Consiglio di Stato e, al rovescio, sotto gli stemmi dei Borbone di Napoli e della famiglia Poli, l'ergometro, ossia lo strumento ideato dal Nostro per misurare la forza muscolare dei molluschi bivalvi, disegnato nella sua opera malacologica (Poli 1791, Tavola II). Anche Poli coltiva la medagliistica con, ad esempio, le serie dei Pontefici Romani, dei Napoleonidi e i medaglioni della Russia. Egli è anche collezionista di monete: la sua raccolta diviene tanto vasta da richiedere la collaborazione dell'erudito svedese Federico Schurer e dell'abate Nicolantonio Gangemi. In un primo tempo c'è l'intenzione di lasciare tali raccolte alla città natia, ma poi viene nominato erede l'ex discepolo Francesco di Borbone. Esse, comunque, in parte disperse, in parte unite ad altre raccolte, perdono col tempo la propria identità (Minervini 2014).



Fig. 4. La medaglia commemorativa realizzata nel 1999 dal Circolo Filatelico Molfettese



Fig. 5. Il primo nucleo del previsto museo naturalistico di Molfetta: conchiglie appartenenti alle stesse specie descritte e illustrate da Poli nei suoi tre tomi di malacologia

Il 18 novembre 2001 presso l’Auditorium S. Domenico di Molfetta vengono eseguiti, dopo due secoli di oblio, alcuni suoi componimenti letterari musicati da Luigi Capotorti: *Ore volubili*, *Miserere* e *La solitudine*; di essi vi è registrazione audio-video effettuata da chi scrive. Il Capotorti, compositore e violinista nato a Molfetta nel 1767 e morto a San Severo nel 1842, mantiene col Poli rapporti di collaborazione e forse di amicizia per i quali, tuttavia, mancano, a parte le opere prima citate, prove documentarie. Poli, nell’ambito dei suoi studi di fisica acustica e della formazione del suono, fa interessanti valutazioni sulla musica che appaiono nei suoi *Elementi di Fisica sperimentale*:

Reca veramente stupore il riflettere alla grandissima influenza, che ha la musica sull’animo umano. Non v’ha passione in noi, la quale non sia capace di esser calmata, oppur di farsi più violenta, con certe date sorte di musici componimenti. La tristezza, la gioja, l’ira, il furore cedon molto sovente al poter della musica (Poli 1817, Tomo IV, p. 30).

Collabora anche con l’amico Vito Giuseppe Millico, facendogli musicare il suo poema in endecasillabi *Inno al Sole* (Poli 1814, pp. 61-92) rieseguito (prima assoluta in tempi moderni, sotto l’egida del Comune di Molfetta e l’Alta Adesione del Presidente della Repubblica) il 14 novembre 2009 nella Cattedrale di Molfetta dai soprani Angela Nisi e Annamaria Bellocchio con l’orchestra da camera “Nino Rota”, diretti dal maestro Antonio Magarelli. La rappresentazione è possibile grazie al ritrovamento, presso l’Archivio Diocesano di Molfetta (Fondo Peruzzi, Ms. 1.1), dell’unico manoscritto musicale fino ad ora noto. Millico, cantante castrato soprano, compositore e maestro di canto, nasce a Terlizzi, città confinante con Molfetta, nel 1737 e muore a Napoli nel 1802. Nella strofa XLIII dell’*Inno al Sole*, «In sì feral sterminio / Serba pacati i sguardi, / E con nuov’arte insolita / Salvati sol Bernardi», Poli fa riferimento al canonico Oronzio De Bernardi, anch’egli nato a Terlizzi nel 1735, cultore del nuoto e studioso della meccanica del galleggiamento e del movimento del corpo umano in acqua (a questo si allude con l’espressione «nuov’arte insolita»), con evidenti analogie ai medesimi temi trattati dal Poli nei suoi *Elementi di Fisica sperimentale*. Il De Bernardi propone a John Acton, ministro della guerra del governo borbonico, che questi suoi studi diventino patrimonio dei militari, in particolare della Regia Marina Borbonica, e perciò li fa

sperimentare, con esito positivo, sugli allievi della Scuola militare “Nunziatella” di Napoli. Muore a Terlizzi nel 1806.



Fig. 6. Casa Poli: Ilya Temkin esamina la “conchigliera” (foto dell’autore, dicembre 2013)

Poli ha frequentazioni con altri suoi conterranei, in particolare con il medico, anatomista e chirurgo Domenico Cotugno (Ruvo di Puglia, 1736-Napoli, 1822) anch’egli formatosi presso il Seminario Diocesano di Molfetta, con Michele Troja (Andria 1747-Napoli 1827) scienziato e chirurgo della cui collaborazione si avvale per l’analisi comparata anatomo-fisiologica dei molluschi (Poli 1791, p. vii), e con Giuseppe Capecelatro (1744-1836) napoletano di nascita, ma arcivescovo di Taranto dal 1778 al 1816, illuminista, letterato e anch’egli interessato alla malacologia, tanto da scrivere nel 1780 una *Lettera sulla conchiliologia de’ mari di Taranto* inviata a Caterina II di Russia con una collezione di conchiglie, e una *Memoria sui Testacei di Taranto classificati secondo il sistema del ch. Linneo*, dedicata a Gabriele di Borbone (con data Taranto, 30 maggio 1782). Poli cita Capecelatro a proposito di ostriche e mitili (Poli 1791, Parte II, Capitolo VIII, p. 69), molluschi considerati non solo dal punto di vista naturalistico, ma anche nel più concreto loro uso culinario molto diffuso in Terra di Bari e riportato più volte da Poli come, ad esempio, quando apprezza le qualità organolettiche del cannolicchio (Poli 1791, *Ordo Secundus*, p. 12).

Sulla rivista del Comune di Molfetta viene pubblicato (Chiapperini 1997) uno studio sul testo di malacologia di Poli finalizzato a far conoscere, a un livello divulgativo, quelle tematiche che, sia pur talora complesse, sono apparse sulla stampa locale con errori e imprecisioni. Nel medesimo studio è lanciata l’idea di realizzare a Molfetta un museo naturalistico dedicato a Minervini, Giovane, Candida e, in particolare, ai Molluschi (Fig. 5) studiati e illustrati dal Poli nei suoi tre tomi di malacologia, mettendone anche in evidenza il complesso percorso tassonomico compiuto fino ai giorni nostri. Così Molfetta potrà mantenere vivo il legame con i suoi illustri figli anche sotto l’aspetto scientifico-naturalistico. Chiunque voglia collaborare

a realizzare il museo e a fornire i campioni da esporre, può contattare chi scrive al proprio indirizzo e-mail.

Giuseppe Saverio Poli IV, omonimo discendente dello scienziato, ha raccolto e continua a raccogliere testimonianze documentarie nella sua casa-museo, già in precedenza citata, il prezioso luogo storico che a Molfetta, in via S. Domenico, custodisce documenti, pubblicazioni e reperti riferibili sia al Poli sia alla dinastia borbonica con la quale lo scienziato ebbe strettissimi rapporti; tra essi la “conchigliera” (Chiapperini 1997, pp. 39-40; Temkin 2015, pp. 152-153) e l’edizione con tavole a colori dell’opera malacologica custodita anche, nell’edizione con tavole in bianco e nero, presso la biblioteca comunale di Molfetta “Giovanni Panunzio”. Casa Poli è diventata meta e luogo di ricerca da parte di studiosi italiani e stranieri, tra i quali Ilia Temkin (Fig. 6), biologo della “Smithsonian Institution” di Washington, che ha ritrovato nei depositi del “Muséum national d’Histoire naturelle” di Parigi i modelli in cera dei molluschi realizzati dal Poli dei quali si erano perdute le tracce (Temkin 2015, pp. 158-160). Dopo la sua venuta a Molfetta nel dicembre 2013 e grazie alle sollecitazioni ivi ricevute, Temkin ha promosso l’edizione digitale di *Testacea Utriusque Siciliae* con tavole a colori sul sito <www.biodiversitylibrary.org> attraverso un’ottima scansione dell’opera custodita nella Biblioteca dello “Smithsonian National Museum of Natural History” di Washington, che migliora l’edizione digitale presente sul sito <www.gallica.bnf.fr> con tavole in bianco-nero della “Bibliothèque nationale de France” di Parigi.



Fig. 7. Il curioso refuso che confonde “le cere” (ossia i modelli di cera dei molluschi) con «le ceneri» di Poli (8 luglio 2016)

E infine una curiosità: sul sito del quotidiano «La Repubblica», edizione online di Napoli dell’8 luglio 2016, vi è un articolo nel cui titolo compare la frase «Ritrovate a Parigi le ceneri di Poli» (Fig. 7). Si tratta di un refuso ove il caporedattore ha inserito nel titolo «le

ceneri» anziché “le cere” ossia i modelli di cera ritrovati da Temkin a Parigi. I resti mortali di Poli sono andati dispersi in seguito ai lavori di restauro effettuati a Napoli, dopo il terremoto del 1980, nella chiesa di S. Giuseppe dei Nudi ove era sepolto.

Bibliografia

- Candida G. (1785). *Sulla formazione del molibdeno. Lettera di Giulio Candida al Signor Vincenzo Petagna*. Napoli: Porcelli.
- Chiapperini R. (1997). “Gli studi malacologici di Giuseppe Saverio Poli”. *Studi Molfettesi*, 3, pp. 31-65.
- Croll G. (1997). *Millico, (Vito) Giuseppe*, in Sadie S. (a cura di), *The New Grove Dictionary of Opera*, vol. III. New York: Grove.
- De Bernardi O. (1794). *L'uomo galleggiante o sia l'arte ragionata del nuoto scoperta fisica*. Napoli: Stamperia Reale.
- De Gennaro G. (1975). *L'abate Ciro Saverio Minervini storico ed economista pugliese del XVIII secolo*. Milano: Giuffrè.
- De Renzi S. (1911). *Considerazioni sulla vita ed opera di Giuseppe Saverio Poli*. Molfetta: Candida.
- De Santis M.I. (1983). “Sulla vegetazione del Pulo di Molfetta. Contributo alla conoscenza della flora molfettese e della prima attività botanica scientifica in Puglia”. *Quaderni del Centro Studi Molfettesi*, 3, pp. 45-65.
- De Santis M.I. (2010). *Molfetta nella descrizione di viaggiatori del Settecento e le vicende della nitriera borbonica al Pulo*. Molfetta: La Nuova Mezzina.
- De Tommasi G. (1822). *Ciro Saverio Minervino*, in *Biografia degli uomini illustri nel Regno di Napoli ornata dei loro rispettivi ritratti*. Tomo VIII. Napoli: Gervasi.
- Delle Chiaje S. (1826). *De vita praestantissimi equitis Iosephi Xaverii Polii Plinii Neapotani pauca*, in Poli G.S., *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata*. Parma: Ex Ducali Typographeio.
- De Rosa C.A. (Marchese di Villarosa) (1834). *Ritratti poetici di alcuni uomini di lettere antichi e moderni del Regno di Napoli*. Napoli: Stamperia e Cartiera del Fibreno.
- Filioli P. (1837). *Giovanni Maria Giovane arciprete della cattedrale chiesa di Molfetta (Necrologia)*, in *Annali civili del Regno delle Due Sicilie*. Tomo XIII. Napoli: Tipografia del Real Ministero degli Affari Interni.
- Filipponi A. (1826). *In morte del Chiarissimo Giuseppe Saverio Poli. Epicedio*. Napoli: Tipografia di Criscuolo.
- Gatti S. (1825). *Elogio del Cavaliere Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Agnello Nobile.
- Gazzeri G. (1825). [Sine inscriptione], in *Antologia (Aprile, Maggio, Giugno)*. Tomo decimottavo. Firenze: Gabinetto Scientifico e Letterario di G.P. Vieusseux.
- Ghisotti F. (1974). “Malacologi Italiani illustri. Giuseppe Saverio Poli”. *Conchiglie*, 10, pp. i-ii.
- Ghisotti F. (1993). “La classificazione dei bivalvi, l'opera di Giuseppe Saverio Poli”. *Lavori della Società Italiana di Malacologia*, 24, pp. 149-156.

- Giampaolo P.N. (1825). *Elogio del Commendatore Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Gabinetto Bibliografico e Tipografico.
- Giovene G.M. (1802). *Osservazioni elettrico-atmosferiche e barometriche insieme paragonate*, in Fortis A., *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle d'Italie et des pays adjacens*. Paris: Fuchs.
- Giovene G.M. (1840). *Discorsi meteorologico-campestri*, in Marinelli Giovene L. (a cura di), *Raccolta di tutte le opere del chiarissimo cavaliere Giuseppe Maria Giovene - Memorie fisiche*. Bari: Cannone.
- Heppell D. (1995). "The long dawn of malacology: a brief history of malacology from prehistory to the year 1800". *Archives of Natural History*, 22, pp. 301-319.
- Jatta A. (1887). "Giuseppe Saverio Poli". *Rassegna Pugliese di Scienze, Lettere ed Arti*, 4, pp. 227-229.
- Mattei L. (2001). *I lavori teatrali di Luigi Capotorti: esempi dell'opera napoletana di primo Ottocento fra esigenza di rinnovamento e di ossequio al potere*, in Fabris D. (a cura di), *Luigi Giuseppe Capotorti musicista pugliese allievo di Piccinni*. Bari: Liantonio.
- Minervini C. (2014). "L'enciclopedico Giuseppe Saverio Poli, numismatico dimenticato". *L'altra Molfetta*, 10, pp. 36-37.
- Minieri-Riccio C. (1844). *Memorie storiche degli scrittori nati nel Regno di Napoli*. Napoli: Tipografia dell'Aquila.
- Morelli di Gregorio N. (1825). *Elogio funebre del Cav. Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Niccola Gervasi Calcografo.
- Morelli di Gregorio N. (1826). *Cav. Giuseppe Saverio Poli*, in *Biografia degli Uomini Illustri del Regno di Napoli*. Tomo undecimo. Napoli: Nicola Gervasi.
- Nicolucci G. (1881). "Sulla vita e sulle opere di Giuseppe Saverio Poli". *Memorie della Società Italiana delle Scienze*, Serie III, Tomo IV, pp. 46-53.
- Olivier Poli G.M. (1825). *Cenno Biografico sul Cavalier Commendatore Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Marotta e Vanspandoch.
- Peruzzi F. (1931). *Maestri compositori e musicisti molfettesi*. Molfetta: Picca.
- Poli G.S. (1773). *Riflessioni intorno agli effetti di alcuni Fulmini*. Napoli: Donato Campo.
- Poli G.S. (1791). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Primus*. Parma: Ex Regio Typographeio.
- Poli G.S. (1795). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Secundus*. Parma: Ex Regio Typographeio.
- Poli G.S. (1814). *Saggio di poesie italiane e sicule*. Palermo: Reale Stamperia.
- Poli G.S. (1817). *Elementi di Fisica Sperimentale*. Venezia: Santini.
- Poli G.S. (1826). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Tertius. Pars Prima Posthuma*. Parma: Ex Ducali Typographeio.
- Samarelli F. (1917). "La Biblioteca del Seminario di Molfetta e la provenienza di taluni suoi codici e manoscritti". *Rivista delle biblioteche e degli archivi*, XXVIII, pp. 5-7.
- Samarelli F. (1934). *Ricerche storiche su Molfetta marinara attraverso i secoli*. Molfetta: Scuola Tipografica per Sordomuti dell'Istituto Provinciale Apicella.

- Temkin I. (2012). *At the Dawn of Malacology: The Salient and Silent Oeuvre of Giuseppe Saverio Poli*, in Baione T. (ed.), *Natural histories: extraordinary rare book selections from the American Museum of Natural History Library*. New York: Sterling.
- Temkin I. (2015). *The art and science of Testacea Utriusque Siciliae by Giuseppe Saverio Poli*, in Del Re M.C., Del Monte R., Ghiara M.R. (a cura di), *Atti del bicentenario del Museo Zoologico 1815-2015*. Napoli: Università di Napoli "Federico II".
- Toscano M. (2009). *Gli archivi del mondo: antiquaria, storia naturale e collezionismo nel secondo Settecento*. Firenze: Edifir.
- Tridente M. (1951). *Il molfettese Giuseppe Saverio Poli, antesignano della moderna biologia*, in *Archivio storico pugliese*. Bari: Cressati.
- Vaccolini D. (1836). *Poli*, in De Tiplido E. (a cura di), *Biografia degli Italiani Illustri*, vol. 3. Venezia: Tipografia di Alvisopoli.

The “poles” of healing: mineral magnetism vs. animal magnetism

Lucia De Frenza - Seminario di Storia della Scienza, Università degli studi di Bari
“Aldo Moro” - lucia.defrenza@uniba.it

Abstract: The study of electricity and magnetism acquired great importance in the scientific work of Giuseppe Saverio Poli. From the essay *La formazione del tuono* (1772), Poli took a well-defined position; according to the Franklinean theory, he said that meteoric phenomena had an electrical origin. In *Osservazioni fisiche* (1788) Poli dealt with the effects of electricity on living organisms; while in *Elementi di fisica sperimentale* (1781) he mentioned the electrotherapy and he dealt with Galvanism.

In 1811 Poli published *Breve saggio sulla calamita e sulla sua virtù medicinale*, an instructions booklet for creating magnetic talismans and for using them in the cure of nervous disorders. The essay was not a “divertissement” and it did not represent a popular and intuitive knowledge contrasting to the distinct ideas of rational tradition. Medical theory of the magnet had an experimental basis, i.e. the studies conducted by French physiologists frequented by Poli in Paris, who attributed the magnetic healthy effects on humans to the presence of ferrous elements in the blood. This theory was proposed as “mineral magnetism” against the Mesmer’s better known one, who claimed that same person might catalyze the universal magnetic fluid. In Neapolitan discussions about animal magnetism, Poli brought the instruments of an experience conduct knowingly and without prevention.

Keywords: Giuseppe Saverio Poli, magnetic fluid, mineral magnetism.

1. Poli-edrico sperimentatore

Figura eclettica d’intellettuale, Giuseppe Saverio Poli dedicò uguale interesse agli studi fisici, alla medicina e alle scienze naturali, fu appassionato di antichità, collezionista e poeta. Compì gli studi medici a Padova con Leopoldo Marcantonio Caldani, docente di anatomia e fisiologia di fede halleriana, e Giovan Battista Morgagni, padre dell’anatomia patologica, colui che pose le basi del metodo sperimentale nella medicina clinica. Questi insegnamenti furono preziosi per l’indirizzo che Poli dette ai suoi studi. La vocazione sperimentale costituì, infatti, la marca fondamentale dell’approccio che ebbe verso le scienze, sia fisiche sia biologiche. Un altro tratto caratteristico fu la ricerca di affinità nel comportamento di entità differenti del mondo naturale (De Frenza 2007; Castellani 1975).

La prima opera che segnò l'ingresso di Poli nel pubblico agone scientifico fu *La formazione del tuono, della folgore e di varie altre meteore* del 1772. Lo scritto era un manifesto a favore della teoria frankliniana dell'origine elettrica delle meteore, contro l'idea ordinaria che tutti i fenomeni meteorologici potessero essere spiegati attraverso dinamiche basate sulle forze newtoniane di attrazione e repulsione. L'opera di Poli seguì il riaffermarsi a Napoli di un nuovo interesse per gli studi elettrici a partire dagli anni Settanta del XVIII secolo, rivolto in particolare a indagare le manifestazioni dell'elettricità naturale, tra le cause di alcuni eventi meteorologici ordinari e straordinari e di fenomeni geofisici di notevole importanza, come i movimenti tellurici e determinati processi geologici. Poli e studiosi come il fisico Gian Gaetano Del Muscio, il medico Antonio Pitaro, l'arciprete e naturalista Giuseppe Maria Giovine si occuparono di meteore ignee e della variazione dell'elettricismo atmosferico giornaliero e annuale; Giuseppe Marzuocco e Vito Caravelli promossero l'impianto del parafulmine; Luigi Maria Curtis e Nicola Pacifico esaminarono i fenomeni elettrici collegati all'attività vulcanica e ai terremoti.

In questa produzione, pur modesta rispetto al resto dell'Italia, le riflessioni di Poli dimostravano il vivace intuito del giovane e la capacità di una rielaborazione personale. Già in quest'opera, ad esempio, Poli avanzò l'ipotesi che «il Magnetismo altro non sia, salvocché un semplice, e puro effetto della Elettricità» (Poli 1772, p. LXXVI), provando a risolvere il nodo che aveva lasciato aperto Epino e che in Italia aveva visto per primo Gian Francesco Cigna parlare di cause identiche per i due fluidi, senza ammettere una loro completa coincidenza. Ancora sull'identità tra elettricità e magnetismo Poli scrisse nelle sue *Osservazioni fisiche concernenti l'elettricità, il magnetismo e la folgore* (Poli 1788). Qui non solo sostenne che l'elettricità e il magnetismo influivano l'uno sull'altra, ma affermò chiaramente che tali forze avevano la stessa natura, anche se diversa era la direzione in cui si esprimeva il loro potere, il quale in una calamita agiva secondo linee curve intorno ai poli, mentre in un corpo carico emanava da tutta la sua superficie.

Un altro tema interessante di quella memoria era l'analisi degli effetti dell'elettricità sugli organismi viventi. Poli aveva sperimentato che una forte scarica, come quella del fulmine, era in grado di infiammare le sostanze ricche di flogisto, sia quelle inorganiche che quelle organiche: le piante seccavano con facilità; gli uomini, se erano direttamente colpiti, rischiavano di morire, mentre, se si trovavano nell'area in cui si liberava la scarica, avvertivano fastidi al capo, alle gambe, ecc. Queste osservazioni davano validità alla terapia elettrica. Poli riferiva che la medicina elettrica, che all'inizio era apparsa poco efficace, aveva trovato la sua strada grazie alle tecniche proposte dagli inglesi, in particolare Miles Partington e John Birch. A Napoli l'attenzione all'applicazione dell'elettricità statica alla cura delle malattie era stata sostenuta dalla traduzione dell'opera di Tiberio Cavallo, preceduta dalla storia dell'elettricità medica di Vivenzio (Cavallo 1784). Quest'ultimo aveva riportato anche l'esperienza di Domenico Cotugno, della scossa ottenuta dal corpo vivisezionato di un ratto, la quale faceva presagire che la materia elettrica dovesse avere una qualche relazione con la fisiologia degli esseri viventi. Benché l'esperienza fosse isolata, alcuni autori già alla fine del Settecento videro nel racconto di Cotugno il primo annuncio dell'ipotesi dell'elettricità animale (Humboldt 1799, pp. 26-27).

A Napoli s'iniziò a discutere di galvanismo solo nei primi anni dell'Ottocento. Poli ebbe un ruolo fondamentale nel preparare il terreno al confronto su questa ipotesi. L'Accademia Reale delle Scienze, ricevuta la copia del *Commentarius* di Galvani, aveva immediatamente incaricato Poli di replicare le esperienze. Questi, però, aveva tenuto nel cassetto le sue osservazioni, ritenendo che non ci fosse ancora un fondamento di certezza tale da dare conferma alla novità; sciolse il silenzio solo nel 1803, scrivendo il saggio sul *Galvanismo*, che aggiunse ai suoi *Elementi di fisica sperimentale* (Poli 1808, Tomo 5, p. 161). In realtà, Poli aveva una formazione halleriana, e la teoria dell'elettricità animale, proponendo la centralità dello stimolo nervoso sull'irritabilità muscolare, benché scalzasse i tradizionali spiriti animali con una forza meno oscura, metteva in crisi il sistema delle sue conoscenze fisiologiche. Luigi Galvani aveva spiegato la contrazione muscolare come un riequilibrio elettrico tra nervo e muscolo, considerati come le due armature di un condensatore. In questo modo aveva dato centralità nel movimento alla funzione dei nervi, veicoli dell'elettricità animale.

Nel saggio sul *Galvanismo* Poli riconobbe l'importanza dell'ipotesi galvaniana, che non solo prometteva ai filosofi naturali di approdare a ulteriori scoperte, ma apriva nuove prospettive anche ai chimici e ai medici. Tuttavia, il galvanismo non rientrava ancora tra i fatti scientifici, perché non si comprendevano fino in fondo le ragioni di quei fenomeni. Pertanto, Poli invitava alla prudenza: «Lungi dall'abbracciare alcun partito nell'attuale incertezza delle cose, rimetteremo al tempo, ed alle indagini ulteriori, se mai sarà possibile, il felice scoprimento della verità» (Poli 1808, Tomo 5, p. 158).

A Napoli la riflessione sul galvanismo coinvolse solo i medici, i quali ne discussero in sordina e senza fomentare polemiche. Dopo la rivoluzione del 1799, i Borboni avevano cercato di tenere a freno la ricerca. Questo clima di chiusura è testimoniato dall'episodio di cui fu vittima Luigi Sementini, docente di fisiologia, che nel 1805 insieme a ventotto dei suoi allievi scontò cinque mesi di carcere, per aver eseguito una dimostrazione delle proprietà della pila. L'accusa millantava che egli avrebbe potuto appiccare il fuoco ai castelli di Napoli e al Palazzo Reale, usando l'elettricità (De Nicola 1906, Tomo 2, pp. 167-169). Il sospetto alimentato dal Governo nei confronti delle novità scientifiche determinò la rinuncia degli studiosi a riflettere sugli aspetti più controversi della ricerca e, quindi, a cercare una via alternativa nell'occuparsi delle indagini applicative. Poli, che era un fedelissimo della corte, fu cauto a esporsi sulle novità. La stessa cautela, però, si legge in Antonio Miglietta che nel 1802 scrisse un saggio sul galvanismo, nel quale lamentò il fatto che si fossero moltiplicate le discussioni astratte sulla natura di questo fluido, creando divisioni nella scienza. A suo parere, occorreva continuare le esperienze, senza lasciarsi prendere «dalla folla delle ipotesi, e da' delirj di una fervida immaginazione» (Miglietta 1802, p. 3). Separando l'indagine fisiologica dalla discussione sulle cause del galvanismo, potevano essere utilizzati i metodi e gli strumenti di Galvani e Volta senza riserve. La ricerca napoletana, quindi, riservò poco spazio agli aspetti più propriamente teorici del dibattito che contrappose l'elettricità metallica di Volta a quella organica di Galvani, dibattito che stava infiammando gli altri centri culturali della penisola.

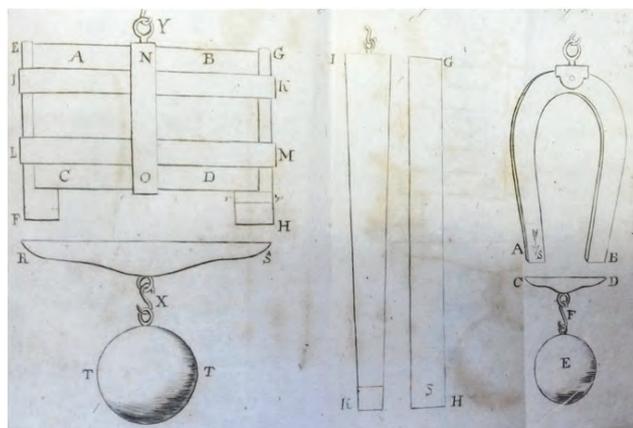


Fig. 1. Calamite “armate” per aumentarne la forza di attrazione (Poli 1815)

2. La cura magnetica: da Parigi a Palermo

Nel 1811 Poli pubblicò il *Breve saggio sulla calamita e sulla sua virtù medicinale*.¹ L'opera intendeva fornire, a coloro che difettavano di una conoscenza completa delle proprietà fisiche del magnetismo, istruzioni precise su come ottenere e adoperare amuleti magnetici per la cura dei disturbi di natura nervosa. Il *Breve saggio* era diviso in due parti. La prima illustrava il magnetismo dal punto di vista teorico, definendo la natura e l'origine del minerale, distinguendo quello naturale, estratto dal sottosuolo, da quello artificiale, ottenuto calamitando il ferro, e riferendo come trattarlo per aumentarne la potenza. Un capitolo, quello che riguardava la trasmissione del potere magnetico e i metodi per ottenere calamite artificiali, era ripreso dagli *Elementi di fisica sperimentale*, dimostrando che l'autore scriveva per un pubblico colto, interessato alle nozioni scientifiche e in grado di apprezzare i continui riferimenti ai lavori più recenti nel campo della fisica e delle scienze naturali. La seconda parte trattava, invece, dell'efficacia terapeutica della calamita. Era abbastanza diffusa la pratica di curare alcune malattie, in particolare la podagra, con frammenti di ferro calamitato, avvolti in borsette di flanella e appesi al collo. Poli non condannò questo metodo, anzi dichiarò che la calamita poteva essere un «farmaco meraviglioso», ma lo scopo del suo lavoro non era quello di esaltarla, bensì «unicamente di esporre i fatti per incoraggiare il pubblico a sperimentarla» (Poli 1815, p. 55).

Quando scrisse il *Breve saggio*, Poli si trovava in esilio a Palermo con la corte. La politica repressiva dei Borboni dopo la rivoluzione del 1799 aveva agito da bavaglio sull'avanzamento degli studi e sulla pratica scientifica siciliana. Il declino della medicina era evidente. Nei primi decenni del XIX secolo erano diffuse molte pratiche

¹ L'opera ebbe anche due edizioni napoletane, la prima del 1815 e la seconda del 1825.

mediche irregolari ed esisteva una terapeutica improvvisata e ciarlatanesca. Nelle Università di Palermo e Catania i docenti migliori erano stati allontanati. Nella professione si era fatta strada una schiera sempre più numerosa di imbonitori senza solide basi teoriche, solo buoni a riciclare le ricette o a suggerire medicinali fantasiosi (Vetro 1985, p. 195). Per contrastare questa pratica ‘alla buona’, Poli fornì un esempio di manuale d’istruzioni ragionato e fondato scientificamente, che doveva indirizzare la sperimentazione terapeutica.

Poli non eseguì per conto proprio nessuna nuova osservazione, ma si servì dei resoconti ricevuti da medici locali. Trascrisse, quindi, integralmente la relazione sul trattamento della podagra con la calamita trasmessagli da Giovanni Meli,² riportò anche le notizie ricevute da Domenico Scarcella sui tentativi fatti da un gentiluomo di curarsi con i magneti senza successo, anzi con un aggravamento dei sintomi,³ e quelli del principe di Butera e del principe di Paternò Moncada, che, invece, avevano trovato sollievo con questo metodo.⁴ Tali testimonianze, tra l’altro, dimostravano la diffusione della medicina magnetica tra le personalità di alto rango e il ricorso abituale all’automedicazione.

L’efficacia della calamita dipendeva da come era adoperata. Gli antichi la polverizzavano e ne facevano dei composti da ingerire o degli unguenti; nel XVII secolo cominciò a essere applicata direttamente sulle parti da sanare, perché si era stabilito che il potere curativo derivava dalle sue specifiche proprietà fisiche. La *Société de Médecine* di Parigi, intorno al 1780, si era proposta di verificare la terapia magnetica, soprattutto per stabilirne le connessioni con la teoria mesmeriana del magnetismo animale. Poli aveva discusso di tali argomenti direttamente con diversi degli scienziati coinvolti nella *bagarre*, da Lenoble a Thouret, Andry, Sigaud de la Fond, Vicq-D’Azyr. Della medicina magnetica, tuttavia, aveva evitato di parlare nelle prime edizioni dei suoi *Elementi di fisica sperimentale* come di un argomento ancora troppo oscuro, perché se ne potesse proporre la pratica, mentre aveva riferito favorevolmente delle prime esperienze di elettroterapia. Fu nell’edizione del 1808 che vi fece cenno per la prima volta, introducendo la lezione sul *Galvanismo*: «Però, facendosi attenzione a’ fenomeni del Galvanismo, [...] potrà forse non istimarsi dispregevole l’influenza, che il magnetismo esercitar potrebbe sull’economia animale» (Poli 1808, Tomo 5, p. 158). Come l’elettricità animale regolava alcune funzioni organiche, così poteva farlo il magnetismo, perché i cosiddetti fluidi imponderabili (elettricità, galvanismo, magnetismo) avevano molte affinità tra loro. Tra l’altro, Poli aveva dichiarato che anche l’elettricità metallica di Volta doveva avere «con l’elettricità la massima analogia possibile, e forse non è che una pura modificazione di essa» (Poli 1808, Tomo 5, p. 206).

² Giovanni Meli (1740-1815), noto soprattutto come poeta, praticò la medicina per molti anni prima di laurearsi *honoris causa* nel 1808. Fu docente di Chimica nell’Università palermitana.

³ Domenico Scarcella (1779-1850), medico originario di Savoca, in provincia di Messina, apparteneva a una ricca famiglia di possidenti terrieri e fu sindaco della sua città dal 1818 al 1821.

⁴ La relazione sulla guarigione del principe di Paternò Moncada fu inviata a Poli da Salvatore Manzella, professore straordinario di Chirurgia ed Ostetricia dal 1807 presso l’Università di Palermo.

C'erano somiglianze anche tra la teoria medica della calamita e quella del magnetismo animale. Poli in un primo momento tenne distinti i due ambiti, perché il mesmerismo, non presentando garanzie sperimentali adeguate, appariva anche ai suoi occhi una «solenne ciarlataneria» (Poli 1808, Tomo 5, p. 158). Nel *Breve saggio*, invece, ammise che potesse esistere una certa influenza trasmessa da un uomo a un altro attraverso i movimenti delle sue mani e che queste operazioni in un certo senso inducessero la guarigione di particolari mali (Poli 1815, p. 82). La costruzione teorica del mesmerismo era insostenibile, per Poli, ma la pratica in alcuni casi sembrava in qualche modo funzionare.

Il *Breve saggio*, al di là di questo fugace cenno al magnetismo animale, prendeva le distanze dai sistemi medici arcani, proponendo, invece, di sfruttare le proprietà fisiche della calamita. Per distinguere questa proposta dall'altra più controversa la definiva «magnetismo minerale». In realtà, Poli non diceva nulla di nuovo: in Francia, intorno agli anni Ottanta del XVIII secolo, magnetismo animale e magnetismo minerale si erano intrecciati strettamente. Anche Mesmer, condividendo le opinioni dell'astronomo gesuita di Vienna, Maximilian Hell, all'inizio aveva praticato una medicina magnetica, servendosi di fasce, braccialetti e altri dispositivi, che applicava direttamente sulle parti malate (Mesmer 1778). Secondo Hell erano le proprietà fisiche del minerale che generavano l'effetto curativo sugli esseri viventi. Questi aveva fornito a Mesmer l'armamentario magnetico per sperimentare la cura su diverse malattie e in tal modo gli aveva permesso di ottenere anche qualche insperato successo (Zweig 2015). Tuttavia, Mesmer abbandonò presto tale strada, convinto di poter dimostrare che il vero potere taumaturgico risiedeva nel medico, il quale ristabiliva attraverso le mani lo stato di salute di altre persone, agendo come catalizzatore del fluido magnetico universale. Già i suoi primi avversari lo avevano attaccato sul fatto che, pur ammettendo una qualche azione del magnetismo sulla materia vivente, di natura più oscura di quella esercitata sul ferro, era escluso che gli organismi possedessero in se stessi la forza magnetica e fossero in grado di usarla sugli altri.

Per altro verso, i sostenitori del magnetismo minerale, pur prendendo le distanze da Mesmer, non riuscivano a spiegare con un meccanismo fisico chiaro l'azione di questo fluido sugli organismi viventi. Le Noble, che Poli aveva conosciuto durante il suo soggiorno a Parigi, aveva affermato che il potere curativo della calamita dipendeva dall'attrazione esercitata sulle particelle ferrose del sangue e degli altri umori corporali (Andry, Thouret 1783). Anche Steiglehner, che, seguendo Musschenbroek, aveva provato con successo a calamitare del sangue secco, ritenne che un qualche potere magnetico in senso stretto potesse essere attribuito naturalmente all'organismo; però, sempre a suo parere, non era provato che l'applicazione di una barra magnetica potesse avere effetti visibili sulla distribuzione dei fluidi interni, a meno che non ci fosse una condizione di estremo scompenso, cosa che si verificava solo nell'organismo malato (Steiglehner 1784). Invece, per Andry e Thouret, la calamita applicata esteriormente sotto forma di armatura o amuleto, esercitava un'azione concreta sull'organismo vivente, non perché fossero interessate le particelle ferrose del sangue, che non erano così numerose da manifestare in maniera sensibile l'effetto magnetizzatore, ma poiché si determinava una reazione nelle strutture nervose. Come aveva proposto van Swinden, vi era una relazione

tra fluido magnetico e nervoso (Swinden 1784). Se la calamita agiva sui nervi e non sugli umori, era inutile applicarla alla cura dei disturbi della circolazione. Per Andry e Thouret il fluido magnetico serviva solo come calmante e antispasmodico.

Poli nel *Breve saggio* richiamò questa controversia, ma non prese posizioni precise. Affermò di condividere l'idea che l'azione del magnetismo si manifestasse direttamente sulle fibre nervose, per cui gli effetti terapeutici maggiori dovevano attendersi nella cura dei disturbi di origine nervosa (mal di denti, emicranie, convulsioni, palpitazioni, dolori vagali, ecc.), ma riferì anche di successi ottenuti nel trattamento di affezioni umorali o delle articolazioni. Per Poli non vi erano dubbi che il fluido magnetico influisse sui processi vitali, come suggeriva l'analogia con l'elettricità e il galvanismo. La giustificazione fisiologica era data dalla presenza di una certa quantità di particelle ferrose nel sangue. Però, poi, trascurava di spiegare come l'attrazione sui fluidi organici potesse determinare una regolazione delle funzioni nervose (De Frenza 2003, p. 94).

Il *Breve saggio* di Poli ebbe una scarsa accoglienza da parte della scienza medica ufficiale. Mentre si continuò ad apprezzare la chiarezza dell'esposizione dei principi fisici del magnetismo, si stroncarono le opinioni sulle proprietà terapeutiche della calamita. Gennaro Maria Paci negli *Annali civili del Regno delle due Sicilie* scrisse nel 1858:

la scienza però oggigiorno ha visto che la calamita non gode affatto di questa voluta virtù medicinale, e se qualche volta produce un certo effetto in alcune malattie nervose lo è solo perché agisce come un amuleto: ond'è che le cose egregiamente esposte dall'autore del citato saggio cadono con i lumi che fornisce la scienza attuale (Paci 1858, p. 122).

L'opera di Poli esprimeva, però, un disegno ben preciso. Essa era il tentativo di limitare, ricongiungendosi alla produzione del razionalismo francese, quell'inflexione verso il naturalismo, che all'inizio del XIX secolo stava caratterizzando la cultura napoletana. Molti intellettuali, soprattutto quelli che lavoravano lontano dai centri di cultura, avevano accolto con un certo favore l'ideologia della jettatura, la fisiognomica, il mesmerismo e la raddomanzia, che erano congruenti con una visione del mondo più labile, articolata e pulsante di quella scaturita dalle scienze matematiche. L'adesione a tali proposte non indicava la persistenza di mozioni culturali anacronistiche, ma era il riflesso di nuovi ideali, provenienti ancora dalla Francia, ben integrati con la tradizione locale di derivazione dell'aportiana (Ferrone 1989). Mentre cercava di arginarli, Poli, tuttavia, cedeva a quelle suggestioni, sostenendo una medicina popolare, intuitiva e alla portata di tutti, che era l'antitesi del sapere distinto della tradizione razionale. Ebbe un'inclinazione più marcata per la raccolta, la classificazione dei fatti, anziché per l'analisi scientifica. Come ha scritto Salvemini, egli optò decisamente per un'idea di ricerca di stampo baconiano, in realtà troppo riduttiva per porsi come alternativa al modello newtoniano, sostenuto da Genovesi, o all'inversione diderotiana evidente all'inizio dell'Ottocento (Salvemini 1980).

Poli non esclude la riflessione sulle realtà fisiche, di cui mancava una compiuta spiegazione scientifica, come l'elettricità, il magnetismo o il galvanismo, tuttavia rinviò i progressi in questi campi all'esperienza condotta senza prevenzione, ma anche senza una mira teorica ben definita. Invitando alla ricerca su temi ancora incerti, suggerì:

Siate però guardinghi di non divenir presuntuosi, e di non prendere un tuono decisivo, quando trattasi di dar giudizio sulle ascose cagioni, che gli producono. Lungi noi dall'adottare nelle nostre ricerche le altrui capricciose immaginazioni, abbiám seguito costantemente la scorta fedele dell'esperienza, da cui vi esortiamo di non dipartirvi giammai (Poli 1808, Tomo 5, p. 228).

Limitato il suo progetto di costruzione razionale del sapere scientifico a una sistematicità solo classificatoria, Poli mostrò gli esili traguardi dell'esperienza intellettuale napoletana della seconda metà del Settecento, la quale non riuscì a liberarsi dalle sue costrizioni e ad acquisire piena consapevolezza delle sue possibilità.

Bibliografia

- Andry C.-L.-F., Thouret M.-A. (1783). *Rapport sur les aimants présenté par M. l'abbé Le Noble*. Paris: P.-D. Pierre.
- Castellani C. (1975). *Poli, Giuseppe Saverio*, in Gillispie C. (ed.), *Dictionary of Scientific Biography*, vol. XI. New York: Scribner's.
- Cavallo T. (1784). *Teoria e pratica dell'elettricità medica*. Napoli: Stamperia Reale.
- Cotugno D. (1986). *Opere*. Manduria: Lacaita.
- De Frenza L. (2003). "Verghe elettriche e verghe magnetiche a Napoli nei primi decenni dell'Ottocento". *Anthropos & Iatria*, 7 (1), pp. 88-96.
- De Frenza L. (2007). *Giuseppe Saverio Poli, tra tuoni, fulmini... e conchiglie*, in De Ceglia F.P. (a cura di), *Scienziati di Puglia*. Bari: Adda.
- De Nicola C. (1906). *Diario napoletano 1798-1825*. Napoli: Società Napoletana di Storia Patria.
- Ferrone V. (1989). *I profeti dell'Illuminismo. Le metamorfosi della ragione nel tardo Settecento italiano*. Roma-Bari: Laterza.
- Humboldt (von) F.H.A. (1799). *Expériences sur le galvanisme et en général sur l'irritation des fibres musculaires et nerveuse*. Paris: Didot.
- Mesmer F.-A. (1778). *Sammlung der neuesten gedruckten und geschriebenen Nachrichten von Magnet-Curen, vorzüglich der Mesmerischen*. Leipzig: Hilscher.
- Miglietta A. (1802). "Memorie concernenti l'elettricismo animale e le scoperte galvaniche del Dottor Antonio Miglietta". *Memorie per i Curiosi di Medicina*, 7, pp. 3-24.
- Paci G.M. (1858). "Sul progresso delle scienze fisiche nel Regno delle due Sicilie". *Annali civili del Regno delle due Sicilie*, 63, pp. 117-127.
- Poli G.S. (1772). *La formazione del tuono, della folgore e di varie altre meteore, spiegata giusta le idee del signor Franklin*. Napoli: Campo.
- Poli G.S. (1788). "Osservazioni fisiche concernenti l'elettricità, il magnetismo e la folgore". *Atti della Reale accademia delle scienze e belle lettere*, 1, pp. 169-195.
- Poli G.S. (1808). *Elementi di fisica sperimentale composti per uso della Regia Università*. Napoli: Sangiacomo.
- Poli G.S. (1815). *Breve saggio sulla calamita e sulla sua virtù medicinale*. Napoli: Eboli.

- Salvemini B. (1980). “Propaggini illuministiche. Intellettuali ‘nuovi’ e sviluppo dipendente in Puglia fra Settecento e Ottocento”. *Lavoro Critico*, 20, pp. 145-198.
- Steiglehner C. (1784). *Second mémoire sur l’analogie de l’électricité et du magnétisme*, in *Recueils de mémoires sur l’analogie de l’électricité et du magnétisme*. Tomo II. La Haye: Libraires Associés.
- Swinden (van) J.H. (1784). *Réflexions sur le magnétisme animal et sur le système de M. Mesmer*, in *Recueils de mémoires sur l’analogie de l’électricité et du magnétisme*. Tomo II. La Haye: Libraires Associés.
- Vetro C. (1985). *Società, medici e terapie nel colera del 1837 in Sicilia*, in Valenti C. (a cura di), *Malattie, terapie e istituzioni sanitarie in Sicilia*. Palermo: Società Grafica Artigiana.
- Zweig S. (2015). *Franz Anton Mesmer*. Roma: Lit Edizioni.

The dismantling of the Giuseppe Saverio Poli collections and the *damnatio memoriae* of his scientific heir

Marielva Torino - Università Suor Orsola Benincasa, Naples

Abstract: Giuseppe Saverio Poli's favourite pupil, and the one who took over his work, was Stefano Delle Chiaje (Teano, 1794-Napoli, 1860). Delle Chiaje successfully completed the third volume of Poli's important work on Mollusks, and it was thanks to him that some of Poli's research gained recognition. Delle Chiaje was a scientist of the same caliber as Poli, but he fell victim to the contemporary political climate of the new unified Italy, and the science community forgot his name. After Italy unification, the authorities chose to cancel out all scientific discoveries made during the Bourbon regime. The *spoils system* did not strike Delle Chiaje as a man, as death had already got there first, but it destroyed him as a scientist, a fate that was spared to his great Master.

Keywords: Giuseppe Saverio Poli, Stefano Delle Chiaje.

L'allievo prediletto di Giuseppe Saverio Poli, il suo erede scientifico, fu il teanese Stefano Delle Chiaje (1794-1860). Questi gli fu presentato all'incirca nel 1818 all'Istituto d'Incoraggiamento, di cui Poli era Presidente, dal suo collega e amico Francesco Folinea (Nicolucci 1879), Docente di Anatomia umana e Anatomia patologica nonché fondatore del primo Gabinetto anatomico dell'Università. Ormai settantaduenne, Poli era da poco rientrato al seguito del Re Ferdinando I dall'esilio del decennio francese, a causa del quale per una seconda volta, così com'era già accaduto nel 1799 per la Rivoluzione napoletana, aveva dovuto interrompere la sua grande opera sui Molluschi i cui primi due tomi erano stati pubblicati nel 1791 e nel 1795. Ritornato a Napoli, aveva dato inizio al terzo volume e, convinto dalle parole del suo amico Folinea sulla validità del Delle Chiaje, lo chiamò per farsi aiutare.

Poli convinse il giovane medico, all'epoca ventiquattrenne, a occuparsi della fine anatomia dei molluschi marini e lo spinse a perfezionare la tecnica delle iniezioni di mercurio: l'allievo fu all'altezza delle aspettative. Il giovane teanese giunse in questo campo a nuove scoperte che lo fecero rapidamente conoscere negli ambienti scientifici internazionali. E fu grazie a Delle Chiaje che alcuni studi di Poli ebbero conferma: lo studioso ripeté le iniezioni di mercurio effettuate dallo scienziato molfettese in taluni invertebrati i cui risultati erano stati contestati dal naturalista francese Georges Cuvier a cui aveva fatto eco in Italia il medico e patologo pavese Valeriano Luigi Brera; la replica degli esperimenti dimostrò l'esattezza delle osservazioni del Poli (Delle Chiaje 1826). I risultati raggiunti dal giovane studioso furono eccellenti e frutto di un grande e penoso

lavoro. Tra i due studiosi nacque un rapporto di grande stima e di amicizia che non ebbe mai uno screzio; l'allievo seguì il Maestro sia nello studio sia nelle occasioni pubbliche.

Poli aveva un rapporto privilegiato con il Re Francesco I, di cui era stato istitutore, e quindi poté chiedergli di nominare Delle Chiaje curatore del suo Museo, e che per lui fosse fondata la Cattedra di *Notomia comparata* (Delle Chiaje 1856). Lo scienziato molfettese, che chiamò quale suo erede universale il figlio di suo fratello Giacinto, Vitangelo, nelle sue volontà non dimenticò il suo allievo e gli lasciò, tramite il nipote, il danaro necessario per il completamento dell'opera sui Molluschi. È da notare che il legato testamentario era talmente noto che fu menzionato in tutti gli elogi funebri di Poli. Delle Chiaje esaudì i desideri del Maestro e nel 1826, seguendo lo schema tracciato, completò il terzo volume. Da rilevare che Delle Chiaje utilizzò per il volume non solo gli stessi disegnatori di cui si era servito Poli, ma impreziosi i capitoli, così come i primi due volumi, di scene di genere riproducenti la vita dei popolani che vivevano lungo i lidi, e il lavoro dei marinai e dei pescatori. Queste rappresentazioni possono essere considerate un documento nel documento.

L'opera andò soggetta all'esame di un'apposita Commissione dell'Istituto di Incoraggiamento che accertò la fedeltà di Delle Chiaje nella trascrizione degli appunti lasciati dal Poli (Delle Chiaje 1826), e fu salutata molto favorevolmente: questo lavoro fece conoscere lo studioso in tutta Europa come l'abile continuatore del grande Poli (Guérin-Méneville 1835). Il medico abruzzese Tito Livio De Sanctis nel necrologio di Delle Chiaje affermò che lo scienziato teanese aveva fermato «così l'epoca del Poli per continuarla» (De Sanctis 1863). Il suo impegno fu ancora più onorevole in quanto le volontà testamentarie non erano state rispettate: lo studioso infatti non vide un solo ducato del lascito e Vitangelo Poli gli negò anche il suo aiuto a dispetto di quanto auspicato e ripetuto persino in riviste internazionali (Delle Chiaje 1838).

Poli lasciò a Delle Chiaje anche l'organizzazione e la cura del suo ricco museo privato che, nonostante avesse subito danni e spoliazioni, sia durante gli eventi rivoluzionari del 1799 sia durante la dominazione francese (Toscano 2006), era ancora decisamente imponente, tant'è che nel 1816 era stato venduto allo Stato per 15.000 ducati (Monticelli 1900; Toscano 2006; Toscano 2009). In questo senso fece una formale richiesta al Ministero dell'Interno (Monticelli 1900), a seguito della quale, con Reale Rescritto del 12 maggio 1824, Delle Chiaje ebbe un sussidio di sei ducati al mese sul fondo dei letterati meritevoli di aiuto.¹

Il Museo Poliano, una volta acquistato, fu collocato in un locale del Convento di Monteverginella, e Luigi Petagna, già Direttore del Museo Zoologico e Professore di Zoologia dal giugno 1813 (Vulpes 1834), ne fu nominato Direttore; l'incarico di custode fu conferito a D. Giuseppe Siano, e in realtà fu a questi che venne affidata la reale conduzione del Museo. Il parere discordante dell'ingegnere incaricato della scelta della collocazione più opportuna per le collezioni fece sì che il Museo fosse posto nel Monastero di S. Lorenzo, pur conservando la denominazione di *Museo Poliano*. I francescani, che nel 1819 erano ritornati in possesso del Convento, volendo riottenere l'uso dei locali fecero una serie di pressioni e di rimostranze a seguito delle quali si

¹ Archivio di Stato di Napoli (ASN), Ministero Interno, II Inventario, Fascicolo 957.

affacciò l'ipotesi, avanzata dal Principe di Cardito, all'epoca Ministro dell'Interno, di trasferire il Museo Poliano nei locali dell'Università. A questa soluzione era contrario lo stesso Poli che voleva tenere distinte le sue collezioni da quelle dell'Università. I rapporti tra i monaci e lo Stato per la presenza del Museo nel Convento di S. Lorenzo furono molto tesi e il definitivo spostamento delle collezioni avvenne nel 1826, cioè dopo la morte di Poli. Al Museo del naturalista fu dedicata una sala del Museo Zoologico e i suoi oggetti furono destinati al Museo Mineralogico e al Museo Zoologico e quindi, come Poli aveva previsto e temuto,² le raccolte vennero smembrate e i pezzi confusi. La contestuale dispersione dei cartellini originari ha reso impossibile ogni tentativo di ricomposizione delle collezioni (Monticelli 1905).

Delle Chiaje (1838) accusò «un uomo invidioso» (Delle Chiaje 1838), un «uomo maligno ed ingrato» (Delle Chiaje 1856), di aver voluto distruggere il Museo Poliano. Questo passaggio chiarisce come e perché avvenne la disgregazione delle collezioni, notizia sempre trascurata e poco valutata negli scritti ottocenteschi che trattarono l'argomento e in cui furono solo laconicamente registrati i cambiamenti di sede. Il nome dell'«uomo maligno ed ingrato» è reso noto in una lettera inviata nell'ottobre 1848 al Rettore dell'Università da Delle Chiaje, che chiese di continuare a percepire i 6 ducati per la cura del Museo: si trattava del Marchese Felice Amati che, morto Poli, «contro la di lui testamentaria disposizione e per secondare le mire del Prof. Petagna»,³ fece trasportare gli oggetti delle collezioni nei Musei di Zoologia e di Mineralogia della R. Università.

Gli oggetti di Giuseppe Saverio Poli furono dunque conservati per la maggior parte nel Museo di Luigi Petagna. Questi morì nel marzo 1832 sulla strada di ritorno dalla missione compiuta insieme con altri colleghi naturalisti per studiare da vicino il colera che allora imperversava in Austria e Ungheria (Vulpes 1834; Monticelli 1905; Zazo 1924), e il Museo fu lasciato in completo abbandono per alcuni mesi, stante che le chiavi erano rimaste nelle mani della vedova di Petagna, Emmanuela Sanfelice; a causa di ciò, la maggior parte dei reperti deperirono. Delle Chiaje era a conoscenza di dove fossero andati a finire molti dei modelli cerei trafugati durante la Rivoluzione napoletana: gli oggetti erano nel Museo di Anatomia comparata di Parigi. Lo scrisse nel necrologio di Poli (Delle Chiaje 1826), in un suo articolo sulla storia della *Notomia Patologica* (Delle Chiaje 1838)⁴ e in un altro sulla storia del Museo di Anatomia (Delle Chiaje 1856).

Delle Chiaje intitolò al Maestro un ciclamino, il *Cyclamen poli*; un organo dei molluschi, l'*ampolla Poliana*; una specie di *Holothuria* e una di *Aplysia* (Delle Chiaje 1824); e nominò *Polia* un genere di Anellidi (Delle Chiaje 1825).

² La richiesta di Poli di far designare Stefano Delle Chiaje curatore del suo Museo fu motivata dal desiderio di tenere distinte le sue raccolte da quelle di proprietà dell'Università per preservare l'unicità dell'insieme. In tal modo la sua opera sarebbe stata per sempre riconoscibile perpetuando il ricordo del suo lavoro.

³ ASN, Consiglio Generale Pubblica Istruzione, b. 3072. *Domanda di S. Delle Chiaje per continuare a percepire i 6 ducati per la cura degli oggetti Poliani*.

⁴ Stefano Delle Chiaje citò in nota la fonte bibliografica: *Duvernoy, Not. sur la vie de Cuvier. Paris 1833, 8° p. 131* (Delle Chiaje 1838, p. 108).

Allorché divenne Direttore del Museo Anatomico, nel 1846, Delle Chiaje si adoperò affinché vi fossero posti i mezzibusti dei «fondatori e promotori della Notomia umana e comparata» nel Regno delle due Sicilie, ovvero Marco Aurelio Severino, Tommaso Cornelio, Domenico Cotugno e naturalmente Giuseppe Saverio Poli (ad eccezione del busto di Cotugno, gli altri furono opera dello scultore «Della Rocca»).⁵ Le sculture furono collocate agli angoli del Salone su quattro colonnette di pioppo realizzate dagli ebanisti Henzel.⁶

Delle Chiaje fu all'altezza dell'eredità scientifica di Poli tanto che dallo zoologo Francesco Saverio Monticelli fu annoverato tra coloro che avevano segnato un'epoca di studi fecondi e di gloria scientifica per il nostro Paese unitamente al suo mentore: «Poli, Cavolini, Delle Chiaje, la triade luminosa della scuola zoologica napoletana» (Monticelli 1900). Eppure Stefano Delle Chiaje è stato dimenticato nella cultura scientifica dell'Italia unita.

Delle Chiaje morì il 22 luglio 1860 e solo per questo non subì l'allontanamento dalla scena universitaria e scientifica italiana: egli è stato vittima del nuovo clima politico conseguente all'unificazione che ha voluto cancellare con un colpo di spugna le conquiste scientifiche realizzate durante la temperie borbonica, e in particolare quelle di uno studioso che non fece mai politica, ma che dal Governo dei Borbone «fu in diversi modi remunerato, come Medico, come Insegnante, e come Scienziato» (Minichini [s.d.]).

Come è d'uopo in politica, furono invece esaltati coloro che si erano espressi contro il governo della Casa delle due Sicilie: i suoi studi in campo naturalistico vennero dimenticati, complice anche la direzione della Cattedra di Zoologia affidata nel 1860 ad Achille Costa (1823-1898),⁷ figlio di Oronzio Gabriele Costa⁸ con il quale Stefano Delle Chiaje si era violentemente scontrato e che aveva patito, insieme al figlio, l'esilio. Lo *spoils system* colpì non l'uomo Delle Chiaje solo perché la morte lo aveva già rapito, ma lo scienziato; destino che al suo grande Maestro fu risparmiato.

Fonti manoscritte

Archivio di Stato di Napoli, Consiglio Generale Pubblica Istruzione.

Archivio di Stato di Napoli, Ministero dell'Interno.

Archivio di Stato di Napoli, Ministero Pubblica Istruzione.

⁵ Forse lo scultore Gaetano della Rocca.

⁶ ASN, Consiglio Generale Pubblica Istruzione, b. 3072.

⁷ Achille Costa fu chiamato alla Cattedra di Zoologia e alla Direzione del Museo di Zoologia con un *Decreto Pro-Dittatoriale* il 29 ottobre 1860 (Battaglini 2008, p. 68).

⁸ Oronzio Gabriele Costa rifiutò la Cattedra di Zoologia offertagli dal Governo adducendo motivi di età e di stanchezza ma soprattutto per favorire il figlio (Della Valle 1899).

Bibliografia

- Battaglini P. (2008). *Storia della Zoologia napoletana*. Napoli: Fridericiana.
- Della Valle A. (1899). “Commemorazione di Achille Costa. Letta all’Accademia Pontaniana nella tornata del 21 maggio 1899”. *Atti dell’Accademia Pontaniana*, XXIX (4), pp. 1-6.
- Delle Chiaje S. (1824). *Sunto del fascicolo III° e IV° delle memorie su la storia e notomia degli animali senza vertebre del regno di Napoli*. Napoli: Società Tipografica.
- Delle Chiaje S. (1825). *Memorie sulla storia e notomia degli animali senza vertebre del Regno di Napoli*, vol. II. Napoli: Società Tipografica.
- Delle Chiaje S. (1826). *De vita praestantissimi equitis Iosephi Xaverii Polii Plinii Neapolitani Francisci I P.F.A. Siciliarum et Hierusalem Regis institutoris Pauca* in Poli G.S., *Testacea Utriusque Siciliae eorumque historia et anatome tabulis aeneis. Tomus tertius*. Parma: Ex Ducali Typographeio.
- Delle Chiaje S. (1838). “Lettera da Stefano Delle Chiaje indiritta al ch. prof. N. de S. su l’oggetto della notomia comparata”. *Effemeridi di Medicina, di Chirurgia e di Chimica-Farmaceutica*, IV (4), pp. 97-108.
- Delle Chiaje S. (1856). “Discorso storico di S. Delle Chiaje sul Museo di Anatomia e sulle opere notomiche de’ pubblici professori della R. Università degli Studi di Napoli”. *Filiatre Sebezio*, 304, pp. 214-238.
- De Sanctis T.L. (1863). “Elogio del naturalista Stefano Delle Chiaje”. *Rendiconto dell’Accademia Pontaniana*, 7, p. 185.
- Guérin-Méneville F.-É (1835). *Bulletin zoologique, contenant l’analyse raisonnée des ouvrages les plus remarquables parus sur la Zoologie*. Paris: Lequien.
- Monticelli F.S. (1900). “La Scuola Zoologica Napoletana. Lezione inaugurale del Corso di Zoologia letta il 3 marzo 1900 nella R. Università di Napoli”. *Giornale Internazionale delle Scienze Mediche*, XXII, pp. 1-25;
- Monticelli F.S. (1905). “Notizie sulla origine e le vicende del Museo Zoologico della R. Università di Napoli”. *Annuario del Museo Zoologico della Reale Università di Napoli*, I (2), pp. 1-47.
- Nicolucci G. (1879). “Sulla vita e sulle opere di Stefano delle Chiaie”. *Memorie di Matematica e di Fisica della Società Italiana delle Scienze*, Serie III, Tomo III, pp. CXXIII-CXXXIX.
- Poli G.S. (1791). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Primus*. Parma: Ex Regio Typographeio.
- Poli G.S. (1795). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Secundus*. Parma: Ex Regio Typographeio.
- Poli G.S. (1826). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Tertius. Pars Prima Posthuma*. Parma: Ex Ducali Typographeio.
- Toscano M. (2006). *Nature caught in the fact. Sperimentalismo e collezionismo antiquario-naturalistico nel Regno di Napoli, Veneto, Gran Bretagna tra il XVIII e il XIX secolo* [Tesi di Dottorato in Scienze Archeologiche e Storico-Artistiche. Indirizzo Storico-Artistico]. Università degli Studi di Napoli “Federico II”.

-
- Toscano M. (2009). *Gli Archivi del mondo. Antiquaria, storia naturale e collezionismo nel secondo Settecento*. Firenze: Edifir.
- Vulpes B. (1834). "Necrologia di Luigi Petagna". *Atti del Real Istituto di Incoraggiamento*, V, pp. 287-310.
- Zazo A. (1924). *L'ultimo periodo borbonico*, in Torraca F. et al., *Storia dell'Università di Napoli*. Napoli: Ricciardi.

Giuseppe Saverio Poli as a collector between Natural History and antiquarianism

Maria Toscano - Università degli Studi di Napoli "L'Orientale" -
maria_toscano@libero.it

Abstract: Giuseppe Saverio Poli's passion for collecting was aimed both to understand Nature and to reconstruct history of world through the observation of specimens selected by him. In fact he was the proprietor of a museum in which were displayed objects of anthropological and archaeological interest, fossils, minerals and rocks. As this collection included different categories of objects, it could recall XVI and XVII centuries *Wunderkammern*; but Poli did not want to wonder anyone, his was just an attempt to record and understand the world. This is clearly explained in his *Lezioni di Geografia e di Storia militare*, where Poli says that making history the result of a process based on the critical study of the written sources.

Keywords: Giuseppe Saverio Poli, Natural History, antiquarianism.

Lo scopo principale di questa relazione è definire la figura di Giuseppe Saverio Poli come collezionista, e attraverso la tipologia del tutto particolare della sua collezione far emergere anche la specifica categoria di intellettuali alla quale egli appartenne. Tale categoria, come si cercherà di mostrare, non è per nulla isolata nel panorama dello scorcio di secolo, e al contrario assai diffusa in Europa, in special modo nel Regno Unito, dove aveva avuto origine, e in Italia soprattutto nei territori dello Stato Veneziano e, più tardi, nel Regno di Napoli. Carattere distintivo di tale genere di intellettuali era lo studio congiunto dell'antiquaria e della storia naturale, per essi non due campi di ricerca separati ma aspetti diversi e strettamente correlati di una medesima materia, la storia, che, secondo il concetto di storia universale di Buffon, era congiuntamente storia del pianeta – e dunque della Terra e delle sue vicende geologiche – e storia del mondo, e dunque degli uomini che lo avevano abitato. Ho avuto modo di studiare a lungo tale fenomeno culturale e di definirlo altrove, circa un decennio fa, antiquario-naturalismo, proprio per questa peculiare maniera di intendere la storia che, ancora al di qua dello specialismo positivista, affondava le sue radici nell'alta considerazione attribuita a essa, che veniva considerata la disciplina principe dello scibile umano, secondo un punto di vista che richiama da vicino le teorie di Giambattista Vico, il quale insieme a Francesco Bacone rappresentava uno dei capisaldi della cultura antiquario-naturalista (Schnapp 1993; Toscano 2009).

L'ispirarsi al metodo sperimentale induttivo teorizzato da Bacone spingeva tutti questi studiosi a recarsi personalmente nei luoghi di particolare interesse geologico o storico per osservarne le caratteristiche direttamente e con i loro stessi occhi. Per lo stesso motivo, una volta sul posto essi raccoglievano numerosi reperti e saggi che curavano poi di classificare con estrema attenzione e che andavano a formare delle vere e proprie collezioni; miste per tipologie di oggetti, poiché nella maggioranza dei casi comprendevano antichità, minerali e rocce delle località oggetto della loro analisi scientifica (per lo più classificati per luoghi di provenienza) e anche dipinti, molto spesso acquerelli o *gouaches* che rappresentavano i siti visitati, talvolta eseguiti sotto la loro direzione, talaltra, specie nei casi in cui lo studioso era britannico, disegnati direttamente dal naturalista. Per lo studioso naturalista-antiquario, tali oggetti non avevano senso per se stessi ma ne acquisivano unicamente se considerati nel loro insieme, poiché rappresentavano la maniera, per così dire, di inventariare il mondo, ovvero raccogliere e fermare il maggior numero possibile di informazioni di ogni genere su ciascun sito allo scopo di accumulare dati per tentare di ricostruirne la storia geologica e umana, specie quella più antica e oscura per la quale le fonti scritte non esistevano o non potevano essere considerate sufficientemente attendibili. Dunque tali collezioni rappresentavano un vero e proprio strumento di lavoro, per coloro che le possedevano e per tutti quelli che volessero recarsi a visitarle.

Tale era la natura della collezione di Poli; come quella degli altri suoi colleghi antiquario-naturalisti, composita e insieme esclusivamente finalizzata a scopi scientifici; in quanto tale, essa era in qualche maniera l'esatto contrario delle *Wunderkammern*, tipologia con la quale spesso questo genere di raccolte sono erroneamente confuse, poiché anche queste composte da oggetti e reperti di genere estremamente vario. Tuttavia, a ben guardare, gli elementi in comune tra queste collezioni scientifiche e le raccolte di *mirabilia* messe insieme da sovrani e nobili, soprattutto della mitteleuropa, tra il Rinascimento e il tardo Seicento, per stupire i loro nobili ospiti, finiscono qui. Poiché il discrimine essenziale sta non nel genere di reperti presenti, ma nella maniera in cui questi venivano presentati, e ancor più nel motivo per cui essi erano raccolti ed esposti: che nel caso delle *Wunderkammern* consisteva nel meravigliare, come suggerisce la parola stessa, incutere una sorta di timore reverenziale al cospetto della grandezza del creato e dei suoi insolubili arcani. Poli, invece, nel raccogliere e allestire i suoi reperti non voleva stupire, ma esporre, spiegare, fornire elementi utili a cercare di comprendere la Natura e a ricostruire i suoi lenti cambiamenti nel tempo (in altre parole fare appunto storia della natura).

La *ratio* di tale peculiare maniera di collezionare, caratterizzata dal fatto di considerare gli oggetti come *monumenta*, ovvero testimoni della storia universale, è espressa molto bene dal naturalista Jean Baptiste Le Clerc de Buffon, autore al quale tutti gli antiquari naturalisti facevano riferimento. Nell'*incipit* del suo *Des époques de la nature*, egli infatti invita gli studiosi a lasciare le carte di archivio per dedicarsi allo studio degli «archivi del mondo», ossia allo studio diretto dei luoghi e allo scavo dei siti più interessanti, allo scopo di trarne reperti (rocce o antichità che fossero): essi rappresentano le «ossa della terra», ovvero l'essenza più profonda e antica della natura e della storia di essa.

Comme dans l'histoire civile, on consulte les titres, on recherché les médailles, on déchiffre les inscriptions antiques pour déterminer l'époque des révolutions humaines et constater les dates des événements moraux; de même dans l'histoire naturelle, il faut fouiller les archives du monde, tirer des entrailles de la terre les vieux monuments, recueillir leurs débris, et rassembler en un corps de preuves tous les indices des changements physique qui peuvent nous faire remonter aux différent âges de la nature. C'est la seul moyen de fixer quelques points dans l'immensité de l'espace, et de placer un certain nombre de pierres numéraires sur la route éternelle du temps (Buffon 1776, p. 3).

Nel testo di Buffon trova la sua espressione più compiuta una mentalità che aveva avuto origine in Inghilterra già entro la prima metà del Settecento e che era andata poi diffondendosi in tutta Europa e specialmente in Veneto e nel Regno di Napoli, e qui particolarmente tra gli studiosi provenienti dalla Puglia – terra tradizionalmente legata anche da scambi commerciali al Veneto – e tra quelli che vivevano nella capitale, che a causa del Vesuvio, perennemente in eruzione dalla fine del Settecento in poi, era stata oggetto di grande interesse da parte dei naturalisti di tutta Europa, e meta di continue escursioni che talvolta avevano i caratteri di veri e propri pellegrinaggi laici. La repentina e vasta diffusione della mentalità antiquario-naturalista avvenne attraverso una rete fittissima di rapporti, prevalentemente epistolari, che si potrebbe ripercorrere relazione per relazione, lettera per lettera. Cercando di seguire le trame di tali rapporti, si vede bene come tali studiosi collaborassero in maniera assai efficace, nonostante i limiti posti dalle distanze geografiche e dalle lingue diverse. Essi, infatti, si scambiavano essenzialmente informazioni, ma anche oggetti, diremmo meglio reperti e immagini provenienti dai luoghi designati come più interessanti dal punto di vista geologico disseminati in tutta Europa (Findlen 1994; Ciancio 1995, 2009; Toscano 2009).

Uno dei gangli più rappresentativi di questa efficace e vasta rete di rapporti nello scorcio di secolo fu rappresentato da Sir William Hamilton, ambasciatore, poi ministro plenipotenziario di Sua Maestà Britannica nel Regno di Napoli. Trasferitosi nella capitale partenopea nel 1764, in verità egli pensava di rimanerci poco e aveva accettato la meta assegnatagli dalla corte britannica soprattutto perché sperava che a Napoli la salute malferma della sua prima moglie ne avrebbe potuto avere qualche giovamento. Interessato in un primo momento esclusivamente all'arte figurativa, qualche anno dopo il suo arrivo in città Hamilton si avvicinò allo studio delle scienze della natura, pratica alla quale fu vivacemente spinto da Joseph Banks che era venuto a conoscenza delle frequentissime e spettacolari eruzioni del Vesuvio e che necessitava di un testimone oculare attendibile che potesse anche essere in grado di spiegare con chiarezza il fenomeno partenopeo. L'invito di Banks era legato al tentativo di radicale innovazione della "Royal Society" posto in atto da Banks, presidente di questa dal 1778. Uno dei risultati più evidenti di tale radicale cambiamento, che non mancò di incontrare forti resistenze interne, fu il ritorno della storia naturale tra gli argomenti principali affrontati nel nobile consesso e di conseguenza tra gli articoli stampati all'interno delle *Philosophical Transactions*. Il tema era infatti stato per anni tacitamente pressoché bandito, poiché sgradito ai membri più conservatori e ai numerosi esponenti del clero

presenti all'interno della Società. Infatti, quanto i naturalisti andavano sempre più inoppugnabilmente dimostrando sull'età del mondo con l'ausilio degli studi stratigrafici, era oramai in aperto e inconciliabile contrasto con quanto si leggeva nei testi sacri della tradizione giudaico-cristiana (Toscano 2009, pp. 30-34).

Sir Hamilton raccolse l'invito e rivelò una passione crescente per la materia vulcanica che lo portò ad acquisire dimestichezza con la pratica scientifica e ad ampliare le sue conoscenze di storia naturale, tanto che nel 1776 era già in grado di scrivere *Campi Phlaegraei*, testo divenuto notissimo per le sue spettacolari incisioni acquerellate a mano una per una sugli splendidi schizzi di Peter Fabris, e giustamente apprezzato anche per le teorie, sostanzialmente plutoniste, in esso esposte. Quello che tuttavia nella maggioranza dei casi non emerge è che quanto esposto dall'ambasciatore britannico nella sua opera maggiore ricalca in buona sostanza quanto si andava elaborando a Napoli dagli studiosi locali da più di un decennio, attraverso gli studi di Giuseppe Braucci, Giovanni Maria della Torre, Giuseppe Mecatti prima, e soprattutto, successivamente, di Giuseppe De Bottis, sacerdote locale considerato all'epoca la massima autorità in fatto di studi vesuviani. Egli nel 1776, anno di edizione di *Campi Phlaegrei*, si era già reso autore di una serie di interessanti testi sulle osservazioni delle eruzioni vesuviane. Il religioso era ben noto a Hamilton che vi si riferisce in numerose occasioni come a persona degna di fede in materia di storia naturale, e i suoi testi sono spesso citati come punto di riferimento per le sue stesse teorie. I due, infatti, collaborarono piuttosto intensamente a partire dagli anni Sessanta, e spesso si recavano insieme sul cratere ed effettuavano in maniera congiunta o quanto meno coordinata gli esperimenti necessari ai loro studi. Dal confronto fra le opere dei due studiosi emerge tutta una serie di intense relazioni, fatta di citazioni incrociate e continui rimandi che dimostra quanto fosse diventato forte il legame scientifico e umano tra di loro (Toscano 2012, pp. 29-34).

Forte di una particolare capacità relazionale, e spinto dalla sua stessa adesione al naturalismo antiquario, che vedeva nella collaborazione e nello scambio di informazioni, immagini e reperti la maniera più celere ed efficace per far progredire la conoscenza, Hamilton era riuscito in breve tempo a stabilire tutta una serie di relazioni con numerosi uomini di scienza e intellettuali fuori e dentro il Regno di Napoli, fungendo di fatto da vero e proprio punto di riferimento per chiunque, soprattutto ma non solo britannico, si volesse recare a Napoli; specie se interessato al Vesuvio o all'arte, altra grande passione del diplomatico. Fu proprio William Hamilton a indirizzare lo stesso Poli alla "Royal Society" e al suo amico Banks, allorché a partire dal 1775, fu inviato dal re Ferdinando in giro per l'Europa e in particolare nel Regno Unito, dove si trattenne più a lungo, allo scopo di migliorare le sue conoscenze scientifiche e acquisire macchine e altri reperti per la neonata scuola militare, di cui lui era docente, promossa dall'onnipotente ministro di Guerra e Marina John Acton allo scopo di formare una nuova classe dirigente autoctona, moderna e scientificamente competente (Borrelli 1996, Toscano 2003, pp. 95-100).

Molto probabilmente, dunque, Poli giunse presso l'accademia britannica su segnalazione di Hamilton, ma poi furono le capacità e le competenze dimostrate a metterlo in mostra all'interno del dotto consesso, al punto tale da esserne nominato *home*

member, come dimostra una lettera datata 7 luglio 1779 e firmata da uomini del calibro di John Pringle, Daniel Solander, John Reinold Forster, John Paradise. La concessione di un tale riconoscimento a uno studioso straniero, e in particolare italiano, era un evento davvero raro, che non solo fece crescere rapidamente la fama di Poli nei cenacoli scientifici italiani ed esteri, ma provocò una decisa impennata della considerazione che di lui si aveva a corte. L'apprezzamento ricevuto da Poli in terra britannica è certamente legato alle sue non ordinarie capacità di scienziato, ma il suo valore nelle scienze, le sue conoscenze aggiornate e tutta intera la sua mentalità erano anche frutto di un'educazione per lo più avvenuta in patria o altrove in Italia nei luoghi di eccellenza per l'insegnamento delle materie scientifiche, come Padova, ed erano dunque il risultato di un sistematico tentativo di rinnovamento della cultura meridionale, in special modo di quella scientifica, messa in atto dentro e fuori dell'ateneo cittadino fino almeno dalla metà del Settecento. Tale processo, parte certamente di una più vasta volontà, anche politica, di rinnovamento, era stato stimolato senz'altro anche dall'arrivo in massa dei naturalisti stranieri che continuamente giungevano a Napoli per osservare il cratere in eruzione.

Tale massiccio flusso di scienziati è generalmente incluso nella definizione un po' generica di *Grand Tour*, fenomeno dal quale andrebbe invece, se non separato, certamente distinto (Bertucci 2007). Poiché, infatti, lo stuolo foltissimo di stranieri che viaggiava da un capo all'altro dell'Italia in quegli anni in realtà non era affatto una massa omogenea ma al contrario una schiera assai composita di persone differenti per età, ceto sociale, condizioni economiche, e ciascuno di essi era spinto a visitare la penisola dalle motivazioni più diverse, che andavano dal semplice svago, al recupero della salute malferma, al viaggio di istruzione, quello tipico del *Grand Tour strictu sensu*, allo studio della storia naturale, appunto (Sweet 2015; Cioffi 2015). Il senso di quest'ultimo tipo di viaggio era quello di osservare direttamente i luoghi di particolare interesse geologico, molti di essi situati in Italia e, in particolar modo, in Campania, specialmente se legati al vulcanismo, e di conseguenza alla teoria del plutonismo, allora molto diffusa, specie tra i naturalisti britannici. Il dibattito, annoso e aspro, nasceva sullo sfondo della delicata questione – legata alla veridicità dei testi biblici e alla loro interpretazione – dell'origine della terra e dell'antichità del mondo. Il plutonismo, basato sulle teorie di James Hutton e della scuola di Edimburgo, fu maggiormente diffuso in ambito anglosassone e tra gli intellettuali più vicini al mondo britannico – regnicoli e veneti in testa –; il cosiddetto nettunismo, legato invece alle idee dello scienziato elvetico Werner, trovò i suoi sostenitori soprattutto in Francia e, almeno parzialmente, in area germanica (Ciancio 1995, pp. 95-166).

Dalle colonne del periodico capitolino *Effemeridi letterarie*, Giancristofaro Amaduzzi, erudito di origini romagnole stabilito a Roma, fornisce una suggestiva ed efficace idea di quello che rappresentò per i contemporanei questa vera e propria pacifica invasione del suolo campano e del Vesuvio, in particolare da parte degli studiosi di storia della natura:

La natura dappertutto grande e maestosa sembra far pompa delle sue ricchezze, del suo potere e della sua magnificenza nel Regno di Napoli, dove ora prodiga nei suoi doni ed ora terribile nelle sue minacce, potrebbe dirsi in un certo modo aver fissato

il suo trono. Quindi è che desso è divenuto il paese favorito e come il gran museo de' naturalisti, i quali non vi entrano senza riportarvi dietro una suppellettile di cognizioni che in qualunque altro luogo cercherebbero inutilmente. La scienza de' vulcani, principalmente, di quei terribili fenomeni per nostra sorte si rari, si dee quasi interamente alle osservazioni e ricerche fattesi nel Regno di Napoli, dove oltre al Vesuvio, che tuttora spaventa col suo fragore e le sue frequenti eruzioni i vicini abitanti, s'incontrano pressoché ad ogni spazio gl'indizi di altri vulcani già estinti, che hanno dovuto cagionare non minori catastrofi ne' passati tempi (Amaduzzi 1779, p. 179).

Si noti come Amaduzzi adoperi l'espressione suppellettile di conoscenza a voler icasticamente indicare come se da una parte questi dotti visitatori certamente raccoglievano, o talvolta comperavano, reperti di ogni genere provenienti dai luoghi oggetto dei loro studi, dall'altra sul posto avevano modo di raccogliere anche informazioni scientifiche attraverso l'osservazione diretta, ma anche attraverso il contatto e il confronto con gli studiosi locali e con quelli come loro in visita. Ma il dato davvero interessante per comprendere meglio la mentalità che abbiamo definito antiquario-naturalista è la perfetta fusione (e non confusione) dell'oggetto e del concetto: nelle parole di Amaduzzi emerge con chiarezza come l'oggetto raccolto e destinato a divenire reperto di una collezione fosse stato selezionato non per se stesso ma come portatore di un significato, mezzo per contribuire a comprendere la natura. Analogamente il testo di un altro studioso della generazione precedente a quella di Poli, l'Abate Domenico Tata, dimostra quella continuità assoluta tra i reperti di tipo mineralogico e quelli di tipo archeologico, vero carattere distintivo della mentalità antiquario-naturalistica. Dalle sue parole appare davvero con chiarezza come un reperto antico o un esemplare di minerale o roccia rappresentassero per loro null'altro che strumenti diversi al servizio della storia, accomunati dal fatto di essere fonti materiali e come tali certamente attendibili.

E veramente non meno importante dovrà reputarsi da ognuno ch'abbia fior di senno, un sasso logoro e vecchio, una medaglia d'ignoti caratteri segnata, una statua di logoro disegno ed anticaglie altre tali; che tanti fossili, tanti minerali, tanti solfi, tanti vulcani, tante acque acidole, tante mofete, tante erbe e piante delle quali è stata dalla benefica mano del Signore Dio arricchita quella felicissima isola (Tata 1772, p. 9).

Spinti dunque dalla presenza dei naturalisti stranieri ma anche seguendo la volontà di sviluppo culturale dimostrata da Carlo prima e da Ferdinando poi, i naturalisti meridionali cercarono di rilanciare la scienza e di contribuire alla formazione di una nuova generazione di scienziati che avessero cognizioni migliori e più aggiornate dalle loro. Quanto questa esigenza di ammodernamento fosse sentita da parte degli studiosi napoletani, si può leggere bene in una lettera scritta proprio all'Amaduzzi dal naturalista pugliese Ciro Saverio Minervino il 10 giugno del 1777. In essa egli si compiace della presenza di tanti dotti in città, ma al contempo si rammarica dello stato miserando in cui è caduta la cultura meridionale e auspica che grazie ai nuovi mezzi promessi dalla politica

borbonica si possa finalmente dare avvio a una stagione di nuovo fulgore della scienza a Napoli che già non mancava né di cognizioni aggiornate né di personalità di valore.

Chi sa che ora che si pensa ad aggiungere più cattedre necessarissime alla nostra università, che si pon mente alla specola, all'orto botanico, ad un teatro anatomico, all'ostreticia, alla pubblica libreria nell'università che non ripullulino le letterarie accademie? Non depongo la speranza. Son impazientissimo per vedere il felice momento nel quale cesseranno gli esteri di pretendere d'istruirci (con ischerno, vitupero ed ingiuria di una nazione fornita di grandissimi talenti e meravigliosi ingegni, di estesissime cognizioni, a quali solo manca una nobil gara, i mezzi di eseguire ed una valida protezione) della nostra storia naturale, della nostra antichità, della nostra corografia (Andreoni 2003, pp. 118-119).

Ciro Saverio Minervino non si limitò a proclamare velleitariamente quanto andava scrivendo, si adoperò e agì in prima persona per contribuire alla svolta che si augurava. Da maestro di Giuseppe Saverio Poli, come lui pugliese e molfettese, egli non si limitò a fornire al giovane concittadino i rudimenti delle scienze esatte e della storia naturale, ma lo ospitò in casa propria e agì da tramite per inviare il giovane promettente studente a Padova, dove il dotto religioso molfettese aveva alcuni suoi corrispondenti che si occuparono di portare a compimento l'educazione scientifica del ragazzo nel migliore dei modi. Grazie ai suoi contatti veneti Minervino cercò in ogni maniera di favorire gli scambi tra gli intellettuali del meridione borbonico e quelli del nord dell'Italia; infatti spesso spinse anche naturalisti veneti a venire al Sud nella speranza che potessero contribuire a migliorare le condizioni economiche del regno diffondendo le loro conoscenze scientifiche e tecniche. Minervino, infatti, fu a lungo al centro della vicenda fallimentare della nitriera del Pulo di Molfetta e causa prima del lungo e triste soggiorno di Alberto Fortis nel Regno di Napoli.

Poli non fu il solo a effettuare questo viaggio di formazione, ma lo stesso Minervino spedì negli anni via via numerosi giovani a studiare presso l'ateneo patavino e, anche successivamente alla sua morte, furono molti coloro che scelsero di partire per quella città, poiché era oramai diventata una pratica usuale per i giovani più brillanti e determinati a imparare il mestiere delle scienze ed era considerata una prassi di sicura efficacia.

Un altro illustre molfettese, Giuseppe Giovene, non poté recarsi a Padova solo perché costretto a tornare nella sua città natale per ottemperare agli impegni assunti presso il seminario diocesano. Egli visse in casa di Minervino negli stessi anni in cui c'era anche Poli del quale fu amico per l'intera esistenza anche al di là delle diverse scelte politiche, solo apparentemente opposte, e delle vicende biografiche che li allontanarono. Infatti, Giovene partecipò al movimento giacobino che sfociò nei moti rivoluzionari del '99 e continuò ad essere impegnato politicamente tanto da essere eletto in vecchiaia membro del Parlamento Costituzionale del 1820, mentre Poli, già aio del principe ereditario a fine secolo, seguì il re e la sua corte a Palermo in tutte e due le sue fughe (1799 e 1806). Tuttavia le opposte scelte di campo furono dettate più che da ragioni ideologiche da ragioni di opportunità, infatti, pur condividendo la stessa idea di scienza come disciplina utile a perseguire il bene pubblico, i due concittadini dovettero

avere in gioventù opinioni diverse sulle modalità attraverso le quali perseguirlo; ma è molto probabile che essi invece tornassero concordi sull'appoggio alla Costituzione del 1820, visto che la breve vita del governo costituzionale fu segnata dal sostegno del principe ereditario Francesco che, come si è detto, era stato allievo di Poli e come tale dovette essere intriso di quelle idee di filantropismo, amore per la cultura e liberismo moderato, trasmessegli dal maestro. Quel che è certo è che Poli stesso in una poesia impetra la clemenza di re Ferdinando nei confronti dei rivoltosi, il che conferma che il rapporto di amicizia tra il precettore reale e i suoi antichi compagni non era stato scalfito dalle vicende politiche anche drammatiche che caratterizzarono gli anni che corrono tra fine secolo e il primo ventennio dell'Ottocento (Poli 1814, p. 72).

Anche Giovene, come il suo più noto concittadino, coltivò studi scientifici e fu apprezzato dagli studiosi in Europa e nel resto d'Italia, benché la sua condizione di prete secolare, vicario generale della diocesi e direttore del seminario arcivescovile lo costringesse a dedicare meno tempo ai suoi studi e ad assumere una posizione più defilata all'interno del panorama scientifico regnicolo. La collezione di Giovene riveste qui particolare interesse poiché dovette essere del tutto simile, quanto a tipologie di oggetti, allestimenti e scopi, a quella del suo concittadino e collega accademico Poli, ma a differenza del Museo Poliano, essa si è conservata in maniera quasi integra poiché l'arciprete la incluse e poi la donò all'interno del seminario che diresse e che provò a rinnovare istituendo insegnamenti più moderni e componendo una biblioteca ricca di testi precedentemente considerati non idonei all'istruzione del futuro ceto clericale.

La collezione Giovene è, infatti, tuttora allestita nel seminario della sua città e comprende esemplari di minerali e rocce, fossili, strumenti scientifici per lo studio e gli esperimenti e infine antichità (vi era un ricco e perduto medagliere composto di molte monete di epoca greca) e numerosi interessanti oggetti che oggi definiremmo di interesse paleontologico. Si tratta di punte di lance, utensili e altri oggetti fittili risalenti a epoca preistorica e ritrovati dallo stesso arciprete all'interno delle grotte presenti nel Pulo, un'enorme dolina situata appena fuori l'abitato nel territorio di Molfetta, oggetto di studio di tutta una vita per Giovene. In una delle sue opere egli descrive parte di questi particolarissimi oggetti, molto interessanti per un antiquario naturalista come lui, poiché testimoniavano una delle prime tracce lasciate dalla presenza dell'uomo e dunque i primi passi della civiltà. Nel brano che segue, si coglie altresì la stretta relazione, anche scientifica, che ci fu tra l'arciprete e il suo più illustre concittadino, nonché una certa qual idea di origine vichiana che la civiltà percorresse tappe obbligate e che non dovunque nel mondo fosse allo stesso stadio di evoluzione. Egli, infatti, paragona il materiale paleontologico ritrovato al Pulo ai reperti provenienti dalle isole del Pacifico acquistati dal Poli in occasione del suo soggiorno londinese a fine Settecento.

Mentre si svuotavano alcune grotte ingombrate ancora di macerie, furono trovate delle stoviglie di argilla, certamente lavorate a mano ed alla peggio, senza vernice alcuna e cotte fino a nerezza. Quello però che è più straordinario si fu che furono ancora trovati in quantità coltelli di pietra focaia, ed alcuni pochi ancora di vetro vulcanico nero. Oltre a ciò furono ancora trovate alcune accette di giada verdastra e

durissima, tutte affilate a taglio, e alcun poco convesse da una parte e dall'altra appuntate. Allorché vidi nel museo del signor Poli in Napoli le accette degli isolani di Othaiti, fui sorpreso dalla perfetta somiglianza con quelle del Pulo di Molfetta (Giovene 1840, p. 592).

Il Pulo fu al centro di una lunga e fallimentare vicenda che ebbe grandissima risonanza nelle gazzette e nel mondo scientifico contemporaneo. La questione scientifica era la presenza di nitrato di zolfo all'interno della dolina e la possibilità di poterne trarre uno degli elementi essenziali per costituire la polvere da sparo. La vicenda vide coinvolti numerosi e prestigiosi studiosi, da William Hamilton allo svizzero Wilhelm von Zimmermann, al mineralogista britannico John Hawkins, a Scipione Breislak, a Lazzaro Spallanzani, tanto per fare solo alcuni nomi, i quali tutti presero posizioni a favore o contro il "nitro", come allora si chiamava, del Pulo. Protagonista fu Alberto Fortis che, condotto alla dolina da Ciro Saverio Minervino, si fece poi promotore principale della possibilità di stabilire una manifattura di "salnitro" all'interno del Pulo, presentando un progetto al re che fu sì approvato anche dagli scienziati dell'ateneo cittadino e della Società di Scienze e Belle Lettere, ma che poi, una volta costruito l'impianto, non riuscì mai a decollare poiché non si riuscì a ottenere mai, di fatto, una quantità di prodotto tale da poter portare utile. Dopo molti tentativi il progetto fu accantonato. Frutto dell'impegno di molti dei suoi amici più stretti, anche Poli fu indirettamente coinvolto; uno dei fratelli dello scienziato Giacinto, infatti, fu a lungo direttore dell'impianto del Pulo e sotto la sua direzione, per altro, si riuscirono a ottenere i risultati migliori quanto a produzione di nitrato di zolfo (Toscano 2003).

Tali premesse, riguardanti la mentalità che caratterizzò Giuseppe Saverio Poli e l'ambiente nel quale crebbe e si formò, sono essenziali per comprendere appieno i suoi studi che, sebbene spaziarono dalla storia alla fisica, conservavano secondo la sua mentalità una stretta continuità nel comune metodo sperimentale e induttivo e nell'approccio, sempre volto a considerare esclusivamente i fatti certi provenienti da fonti preferibilmente materiali piuttosto che documentarie. In altre parole come nella fisica e nella chimica il solo esperimento e la possibilità di ripeterlo concedevano certezze; così nell'accingersi a fare storia, bisognava preferibilmente considerare le testimonianze materiali ritrovate e raccolte sul posto, che doveva essere visitato personalmente. Questa prassi, come s'è detto, tipica del naturalismo antiquario, caratterizzò anche gli studi storici dello stesso Poli. Egli, infatti, all'inizio della sua carriera di docente e prima ancora di compiere il viaggio in Europa, insegnò prima di tutto Storia e Geografia nella neonata accademia militare. I primi paragrafi del testo scritto per i suoi studenti confermano, infatti, la sua piena adesione a questo metodo basato sulle cose e sui fatti e il suo scarso affidamento per tutte le fonti scritte, che, spesso redatte a molti anni di distanza, sono per lo più imprecise, lacunose o frutto di mistificazioni *ex post*; o ancora peggio, volutamente mendaci per esaltare o al contrario screditare delle persone piuttosto che della altre.

Le Storie, i Giornali e le Memorie registrate presso le varie Nazioni ne' secoli consecutivi, sono rimaste del tutto sepolte nel più profondo sen dell'oblio, oppur non ne sono giunti a noi, se non degli squarci, e de' frammenti imperfetti e sformati.

Il dominante genio per tutto che destar potea la meraviglia, il forte orgoglio delle Nazioni, e forse ancor l'interesse, furon poi altrettanti fonti ampi ed aperti, onde si sparse la favola, per così dire, a gran torrenti negli Annali di tutti i Popoli, inguisacché riesce affatto impossibile in varj incontri il discifrare il vero dal falso, ovvero lo storico dal favoloso (Poli 1776, pp. 2-3).

Altrettanto eloquente, per quel che riguarda il versante scientifico degli studi di Poli, è l'incipit *Ragionamento intorno allo studio della Natura*, nel quale Poli compie un *excursus* storico utile a definire bene i confini della tradizione di cui si sentiva figlio e nello stesso tempo il metodo scientifico e l'idea stessa di scienza a cui faceva riferimento. Egli, infatti, si preoccupa innanzitutto di sottolineare l'antica tradizione scientifica del meridione d'Italia che rimanda ai greci e a Pitagora, tradizione perdutasi già in parte con la conquista romana e definitivamente nel medioevo. Tuttavia egli definisce comunque il Sud come principale erede in età moderna di quella tradizione, ripresa da personaggi come Bernardino Telesio, Tommaso Campanella, Giovanni Battista della Porta, Giordano Bruno. Ovviamente Poli menziona anche altri grandi scienziati non meridionali, quali Galileo e Newton, che hanno contribuito a rendere nuovamente la scienza, e la fisica in particolare, non pura e vuota teoresi, ma scienza esatta, condotta con l'ausilio dei fatti e del metodo sperimentale, nonché, baconianamente, disciplina indirizzata al bene comune. Quest'ultimo è un aspetto essenziale della mentalità di Poli e dei suoi colleghi, partenopei e non, e spiega anche la ragione per cui per poco meno di un secolo lo sperimentalismo e la nuova scienza furono indissolubilmente legati a idee rivoluzionarie o quanto meno progressiste. La maggior parte degli scienziati più aggiornati in Italia e in Europa furono, infatti, strenui sostenitori delle idee giacobine a fine secolo, e successivamente apprezzarono molto i cambiamenti apportati dai dominatori francesi durante il decennio, specie riguardo all'ammodernamento dell'istruzione pubblica, alla promozione della cultura scientifica e allo snellimento della burocrazia. Infine, dopo il 1815, i pochi sopravvissuti della prima generazione, tra cui Poli stesso e Giovene, per lo più promossero la Costituzione del 1820. L'onda lunga di quest'atteggiamento che diremo progressista arriva fin quasi a lambire i moti rivoluzionari del 1848, benché sostenuti non più dalle stesse persone che avevano partecipato alla Repubblica del '99 ma dai loro diretti discendenti, per sangue o legame tra maestro e allievo. Il costante appoggio alle idee politiche più aggiornate si basava, infatti, proprio su di un certo qual concetto di scienza quale mezzo per migliorare la vita dell'uomo e l'economia dello stato.

Toccò avventurosamente questa sorte prima di tutti agl'Italiani, somministrandone loro la favorevole opportunità que' dotti Greci, che volendosi sottrarre all'aspra tirannia de' Turchi, che aveano già invaso l'Impero di Costantinopoli, rifuggirono nella nostra bella Italia, e scelsero principalmente per lor soggiorno questa nostra Città di Napoli, e quella di Firenze. Quindi n'è addivenuto, che possiamo or noi aver la gloria di vantare parecchi de' nostri compatriotti come i primi ristoratori della fisica e matematica, e come coloro che accrescendola considerabilmente, incominciarono ad avviarla a quel grado di perfezione a cui la veggiamo con tanto profitto giunta a' di nostri. Bernardino Telesio, nobile di Cosenza, Giordano Bruno da Nola, Giulio Cesare Vanino di Taurisano, Campanella di Stilo, e Giambattista della Porta Napoletano, che fioriron tutti tra 'l 15 e 16 Secolo, sono nomi assai

famosi anche al di d'oggi, o per essere stati i primi a scuotere il gravoso giogo della Peripatetica Filosofia; ad introdurre il buon gusto degli sperimenti; ed a fare de' nuovi lodevolissimi ritrovati. Lo stesso intender si dee di quegli altri Filosofi, che stabiliti erano in differenti siti della nostra Italia, tra' quali merita il primo luogo il non mai abbastanza celebrato Galileo Galilei Matematico Fiorentino, illustre in tutto il Mondo pe' suoi sublimi talenti, e per le ragguardevoli scoperte da lui fatte [...]. Ciò non ostante però, non è da negarsi a Renato delle Carte il grandissimo merito di aver proposto all'intera Europa il proprio metodo per poter filosofare; quantunque in pratica fosse stato poi superato di gran lunga dal celebratissimo Newton, lume e decoro della Nazione Britannica; il quale sbandite affatto le congetture, e le ipotesi, si diè a seguire unicamente la via della sperienza, e fece tanti fortunati progressi che può dirsi a tutta ragione d'aver fatto cambiar faccia a ciascheduno de' differenti rami dello studio della Natura (Poli 1781, pp. xii-xv).

Ma la parola “storia” fa capolino finanche nel manifesto promozionale di un'altra sua ben più nota opera, *Testacea Utriusque Siciliae*, in tre volumi, l'ultimo dei quali portato a termine alla sua morte dall'allievo Stefano Delle Chiaje. Nell'invitare i cultori di scienze naturali a prenotarsi per l'acquisto dell'opera secondo il sistema dell'associazione (come si faceva all'epoca per tutte le imprese editoriali di una certa importanza) si fa, infatti, riferimento a tutti i motivi d'interesse del testo e si sottolinea come esso contenga molte nuove scoperte sul mondo dei testacei, e proponga classificazioni più precise; ma si tiene a precisare anche che l'opera è frutto di uno studio annoso e impegnativo eseguito dall'autore sugli esemplari vivi, osservati direttamente nei luoghi in cui si trovavano. Infine, si sottolinea che il testo ricostruisce persino la “storia”, appunto, di ciascun esemplare esaminato; nel senso che se ne definiscono fin nei minimi particolari i comportamenti e le varie fasi di vita. Dunque è chiaro che anche in questo caso la continuità metodologica e ideologica tra vari campi di interesse dello studioso è conservata ed evidente.

Laboriose, assidue e diligenti osservazioni, praticate e ripetute dall'autore lungo il corso di parecchi anni su d'un copiosissimo numero di testacei d'ogni sorta (il cui accurato esame richiedeva talvolta che se ne fossero disseccate più centinaia per poter chiaramente rilevare la struttura d'una sola specie); e la vantaggiosa opportunità di poterne spiare gli andamenti, le varie proprietà ed i costumi, attesa la vicinanza del mare, per indi tesserne la storia colla massima verità ed accuratezza possibile, lo han messo in istato di poter venire a capo del suo interessante disegno (Anonimo 1789).

La storia delle collezioni messe insieme da Poli è stata travagliata e non risulta ancora del tutto ben chiara (Toscano 2015). Stando alle fonti a nostra disposizione, sembrerebbe, infatti, che già a fine secolo egli avesse messo insieme una ragguardevole raccolta della quale facevano parte di certo minerali e rocce, esemplari di molluschi che testimoniano che i suoi interessi conchiliologici risalivano a ben prima della pubblicazione dei volumi di *Testacea*; e alcuni reperti provenienti dai viaggi nelle isole del Pacifico, acquistati dallo scienziato durante la sua permanenza britannica.

Tanto per conoscere i più distinti fra quei viaggiatori, e ricavarne utili notizie intorno alla geografia, alla storia naturale ed alla filosofia morale, quanto per fare acquisto di alcuni de' più rari oggetti ch'essi avevano recati da lontane regioni e particolarmente di molte vesti, armi ed utensili delle isole degli Amici e della Società, poste nel grande Oceano Pacifico. Aggiunse a questa collezione un'altra non meno pregevole delle più belle conchiglie e pietrificazione del globo, ed una serie di graziose e variopinte farfalle e d'insetti del Surinam; e con tutti questi tesori, che il volgo ignaro non prezza ma estatico ammira, s'incamminò alla volta dell'Italia (Olivier Poli 1825, p. 9).

Non può dirsi poi quanto lieto e superbo ei si mostrasse dell'acquisto di nuove spoglie, con quanta compiacenza ei vagheggiasse le sue ricchezze, con quale esultanza le ordinasse e ne facesse bella mostra ai curiosi sguardi de' dotti. Aveva egli nella sua dimora in Inghilterra, in Olanda, in Francia, ed in altri paesi, raccolta con incredibile avidità ricca copia di testacei di tutt'i mari, e formatone un museo degno dello studio e dell'ammirazione de' naturalisti: il quale aggiuntavi la collezione delle conchiglie del regno di Napoli e di Sicilia, divenne il più bello e più copioso di quanti in sì fatto genere si fossero giammai veduti. Era inoltre pregevolissima la raccolta ch'ei possedeva di litofiti e zoofiti; ed un'altra di fossili e minerali; e l'assortimento di tele, di armi, di utensili d'ogni specie, di Otahiti, della nuova Zelanda, e d'altre regioni, recati dal celebre capitano Cook dopo i suoi viaggi intorno al mondo. Così le ingiurie e le vicende de' tempi non avessero in gran parte dissipati e distratti questi tesori! (Gatti 1825, pp. 31-32).

Alcuni dei suoi biografi asseriscono che tale collezione fosse stata depredata nei giorni concitati che precedettero la breve Repubblica Napoletana, nel 1799; tuttavia per la dispersione di questi primi reperti si dovrebbe parlare di requisizione, piuttosto che di rapina. Il trattato di Campoformio, infatti, stabiliva la requisizione non solo di beni legati alle arti figurative ma anche di quelli che inerivano la storia naturale come collezioni di minerali e rocce, fossili, macchine e strumenti scientifici e reperti riguardanti il mondo animale. Per tali particolarissime tipologie di materiali fu, infatti, stabilita una commissione di esperti *ad hoc*. Fu dunque molto probabilmente su indicazione di tali esperti che alcuni dei reperti messi insieme da Poli furono presi e trasportati in Francia: si trattò certamente della collezione di molluschi bivalvi, una serie di conchiglie apprezzabile non solo per qualità e quantità, visto che comprendeva molte specie presenti nel Mediterraneo meridionale, ma anche per la particolare fattura; poiché Poli stesso, in maniera del tutto insolita e diremmo unica per l'epoca, aveva pensato di riprodurre attraverso la collaudata tecnica della ceroplastica all'interno di ciascuna conchiglia anche il gheriglio, essenziale per distinguere e dunque classificare, i molluschi. A differenza della maggior parte delle opere di arte figurativa, tornate in patria dopo la caduta di Napoleone nel 1814, gli esemplari sottratti alla collezione Poli a fine secolo restarono in Francia. Circostanza confermata dalla recente scoperta a Parigi, nei depositi del Museo di Storia Naturale della capitale francese, di alcuni esemplari provenienti inequivocabilmente dalla collezione dello scienziato pugliese (Temkin 2015).

La ripetuta invasione del regno e 'l conseguente provvisorio allontanamento della Corte e di Poli dalle nostre contrade, avevano lasciato esposto in gran parte il museo di quest'ultimo al saccheggio di mani depredatrici. Al suo primo ritorno dalla Sicilia a Napoli, nel 1800, egli ebbe il dispiacere di trovare le sue collezioni di storia naturale che alla meglio gli era riuscito, partendo, di mettere in qualche sicurezza, depauperate de' migliori e più rari oggetti. Ciò lo disgustò in certa guisa e lo alienò da questo ramo di raccolte; egli cedé al governo, mediante compenso, quelle che ancora gli rimaneano, ed applicassi, in vece, a far acquisto di ricchezze di un altro genere, di medaglie cioè e di bronzi antichi, su di cui imprese benanche a scrivere un trattato, che titolar volea la *Filosofia ovvero la Storia ragionata della Numismatica* (Olivier Poli 1825, p. 14).

Secondo le stesse fonti, al suo ritorno in patria Poli avrebbe dismesso le collezioni di storia naturale, ma anche questo risulta inesatto, poiché è Poli stesso in un suo testo del 1824 a testimoniare il contrario, per cui forse i suoi biografi potrebbero avere inteso dire che, dopo le perdite dovute alle requisizioni francesi, Poli non avesse aggiunto nuovi esemplari a quelli già esistenti.

La galleria della mia abitazione, non giacente sul lato occidentale di essa [loggia], non fu scrollata che leggermente, siccome fanno prova i pezzi di Storia Naturale del mio Museo ivi esistente i quali, benché appoggiati sopra una base vacillante, non soffrirono il menomo dissesto [...]. Ed infatti fra migliaja di prodotti di Storia Naturale serbati quivi entro a scaffali alti appoggiati semplicemente alle mura ed in altri nel mezzo di una gran galleria, non ne è stato rimosso neppure uno dal suo sito, quantunque poggiassero sopra di una tenuissima base; laddove altri oggetti di gran volume esistenti nel braccio opposto su basi ampie e solidissime sono stati impetuosamente sbalzati da terra (Poli 1805, pp. 47-56).

Benché con il passare del tempo e il progressivo definirsi dei confini tematici e metodologici tra *humanitates* e scienze e tra le stesse discipline scientifiche avesse portato Poli a dedicarsi sempre più esclusivamente alle scienze, l'interesse per la storia non venne mai meno in lui. Infatti, qualche anno prima di morire risulta che egli avesse nuovamente messo insieme un certo numero di monete antiche, anche se aveva affidato il compito di classificarle e commentarle in maniera adeguata e competente a un esperto di antichità e in particolare di numismatica. Certo è che al suo ritorno in patria nel 1815, e ancora di più dopo il fallimento dei moti del 1820, Poli aveva ben chiaro di stare assistendo alla fine di un'epoca, di vivere una fase di passaggio segnata non solo dalla trasformazione degli storici della natura in scienziati esperti nello studio del mondo naturale, ma anche dalla transizione da un'idea privata di museo scientifico, considerato strumento di un lavoro personale da condividere con gli altri studiosi per comprovare le proprie teorie, a un'idea pubblica dello stesso, considerato piuttosto innanzitutto come un mezzo per educare le giovani generazioni e per diffondere il sapere scientifico. Queste furono probabilmente le ragioni profonde che spinsero Poli a donare la maggior parte delle sue raccolte allo stato borbonico mentre era ancora in vita. Non a caso anche il suo antico compagno e conterraneo Giuseppe Giovene, in

maniera del tutto analoga, negli stessi anni affidò le sue collezioni al seminario arcivescovile che per tanti anni aveva diretto.

Lasciò l'immenso suo museo numismatico a Sua Maestà il Re. Questa preziosa collezione contiene, oltre alle monete di tutti i tempi e di quasi tutte le culte nazioni, la serie delle medaglie de' romani pontefici, tranne assai poche; altre di quelle varie reali Dinastie che hanno imperato nel nostro paese; la riunione de' magnifici medaglioni battuti in Russia fin dal regno di Pietro il Grande, e tutte le monete e medaglie coniate dai Napoleonici nelle varie epoche del loro passeggero esaltamento. Si ha il motivo di sperare che il nostro munificente Monarca farà unire siffatte alle altre di storia naturale già cedute alla corte da questo scienziato e che sotto il nome di Museo Poliano, sono state da parecchi anni rendute di pubblico uso (Olivier Poli 1825, p. 24).

Non immemore del suo natio fece anch'egli a quel Seminario ove ebbe il primo latte di sua morale e letteraria educazione, il ricco dono di molte macchine, tra le quali si distingueano l'intero apparato della pneumatica, un altro microscopio, un barometro ed un termometro, lavori pregiatissimi del famoso Dollond, ed altri ordigni meccanici; onde potesse la gioventù coltivare con miglior successo le scienze fisiche e trasferirne il gusto in quella dell'età vegnenti (Gatti 1825, p. 45).

Il Museo Poliano, come si decise di battezzare giustamente il materiale ricevuto, fu collocato nella torre della chiesa di San Lorenzo Maggiore, in precedenza sede delle riunioni del Comune della città di Napoli. Il suo primo Direttore fu Stefano Delle Chiaje. Allo stesso Delle Chiaje, allievo di Poli e considerato, dai contemporanei, suo erede intellettuale, fu affidato anche il gravoso compito di portare a termine *Testacea Utriusque Siciliae*. Come si è detto, essa è una delle opere più rappresentative dello scienziato che nell'elaborarla aveva profuso tempo e impegno. La morte lo aveva colto appena prima che potesse applicarsi alla redazione del terzo e ultimo volume; per cui all'indomani della sua scomparsa si era posto il problema di trovare uno studioso di vaglia che ne potesse completare il testo. La questione fu affrontata e risolta da Teodoro Monticelli, noto per i suoi studi di vulcanologia e il suo impegno politico (fu, infatti, tra le schiere giacobine prima e tra i sostenitori del governo costituzionale del 1820 poi). Egli esercitò, non solo attraverso i suoi numerosi e prestigiosi incarichi ufficiali, un grande potere nel mondo delle istituzioni culturali del Regno dall'inizio del secolo alla sua morte, avvenuta nel 1845. Pugliese come Poli, Monticelli lo conosceva personalmente e lo frequentava; anche per questo fu affidato a lui il compito di individuare colui che sarebbe stato in grado di portare a termine l'opera dello scienziato scomparso. Monticelli, da studioso e uomo concreto, pensò giustamente di incaricare Delle Chiaje, che da allievo di Poli ne aveva seguito da anni il lavoro, per cui lo individuò giustamente come colui che meglio e più celermente di chiunque altro sarebbe stato capace di portare a termine l'opera. Il problema rimaneva convincere della ragionevolezza della soluzione l'erede di Poli, a quanto pare completamente avulso dalla vita quanto meno scientifica del congiunto, ma sufficientemente venale per essere pronto a profittare, o cercare di profittare, sulla scomparsa del parente. Questo è quello che si coglie da un breve carteggio intercorso a tal proposito tra Monticelli,

appunto, e Giuseppe Giovene che, amico sia di Poli che di Monticelli, essendo rimasto a Molfetta aveva modo di parlare direttamente con l'erede e quindi poteva tentare di convincerlo ad assentire alla proposta proveniente da Napoli.

A dare opera per eseguire il comando del quale si è compiaciuta onorarmi, infiniti motivi mi spingono. L'autorità sua primieramente, che su di me pesa moltissimo, la gloria del defunto mio amico [Poli], il desiderio di poter servire codesto egregio Sig. D. Stefano delle Chiaie per il di cui nome è il sommo rispetto, e finalmente ancora l'onore delle scienze, della nazione e della patria sono tutti motivi urgenti per me. Fatto è però che si deve trattare con un uomo il qual per un lungo decubito di moltissimi anni non à del tutto belle e chiare le facultà dell'intelletto. Bisogna pertanto che io lo vada prendendo bel bello e dolcemente, ed ò incominciato la mia operazione dal parlare col di lui genero D. Carlo Tortora che così questi sarà dalla mia parte. Io anderò mano mano rendendole conto di quello che anderò facendo e con questa dirò alcuna cosa in prevenzioni [sic] anche per averne degli schiarimenti. Riguardo il nome o nomi che debba portare l'opera da stamparsi in fronte credo bene che si possa combinarsi con lode del defunto e dell'egregio D. Stefano, ancorché vi fosse bisogno di una qualche prefazione che spiegasse le cose. Non sono nuovi simili casi nella storia letteraria. Desidererei poi sapere l'incisore delle tavole chi dovrà essere e se costui sia in Napoli ovvero altrove. Similmente dove e da chi dovrebbe eseguirsi se in Napoli, in Parma, ovvero altrove l'edizione. Queste tali preliminari notizie mi potranno giovare assaissimo per la riuscita dell'affare il quale conosco che bisognerà trattarsi da me con molta delicatezza. [...] Mi dia tempo intanto per il nostro affare. Questo Signor Poli sente l'inferno, quando sente l'ordini del Zio che dice non fidarsi più di cominciar di nuovo. Bisogna prenderlo adagio adagio per non crollarlo di botto.¹

Dalla corrispondenza tra i due, stesa in toni grotteschi che individuano il Giovene come un capace stratega e un ottimo diplomatico e il parente di Poli come un personaggio bizzoso e permaloso, si vede come il lavoro dei due scienziati ottenne alla fine che l'incarico fosse affidato a Delle Chiaje. Benché, poi, lo stesso fosse destinato a patire per lunghi anni prima di riuscire a ottenere il sospirato compenso delle sue fatiche dall'avidò erede. Dallo scambio epistolare tra Monticelli e Giovene emerge anche questo.

Una parola, che non voglio tediarvi a lungo. Desidero sapere se questo Sig. Poli abbia fatto rimessa di denaro al degno Sign. Don Stefano Delle Chiaje ed in quale somma. Mi interessa sapere se le mie reiterate premure per tale rimessa abbiano avuto effetto. Come dovrebbe essere.²

Nel farvi inchiesta se il Signor Delle Chiaje avesse introitato moneta da questo Signor Poli ebbi in mente conoscere se io era o no burlato, giacché ò creduto in tale affare prendere tutto l'interesse e per il defonto amico, e per l'egregio D. Stefano

¹ Biblioteca Nazionale di Napoli. Sezione manoscritti e rari. Carte Monticelli. Carteggio Giovene: G054. Lettera di Giuseppe Giovene a Teodoro Monticelli (Molfetta, 22 novembre 1825).

² Biblioteca Nazionale di Napoli. Sezione manoscritti e rari. Carte Monticelli. Carteggio Giovene: G055. Lettera di Giuseppe Giovene a Teodoro Monticelli (Molfetta, 3 giugno 1826).

che se non ò il bene di conoscerlo personalmente lo conosco assai per il suo chiaro nome. Spero che con questo corriere vogliano partire ordini efficaci di pagamento.³

La dolorosa vicenda però non scalfì l'amore del discepolo per il maestro; Delle Chiaje proclama infatti in più occasioni il suo debito di gratitudine verso Poli. La devozione del più giovane scienziato è testimoniata anche dalla biografia in latino del molfettese scritta da lui, nel cui frontespizio troneggia un'immagine di Poli al fianco della quale egli pone Emanuele Severino, naturalista meridionale del Seicento considerato il fondatore dell'anatomia comparata.

Bibliografia

- Anonimo (1789). *Testacea Utriusque Siciliae, eorumque historia et anatome, tabulis aeneis illustrata*. [S.n.t.]
- Amaduzzi G. (1779). "Lettera sul Monte Volture a Sua Eccellenza il Signor Guglielmo Hamilton". *Effemeridi Letterarie*, VIII (XXIII), pp. 178-181.
- Andreoni A. (2003). *Omero Italico. Favole antiche e identità nazionale tra Vico e Cuoco*, Roma: Jouvence.
- Bertucci P. (2007). *Viaggio nel paese delle meraviglie*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Borrelli A. (1996). "Istituzioni e attrezzature scientifiche a Napoli nell'età dei lumi". *Archivio storico per le province napoletane*, 114, pp. 132-183.
- Buffon G.L. Le Clerc de (1776). *L'Histoire naturelle générale et particulière*, in *Des époques de la nature*. Tome XXIX. Paris: Imprimerie Royale.
- Ciancio L. (1995). *Autopsie della terra: illuminismo e geologia in Alberto Fortis (1741-1803)*. Firenze: Olschki.
- Ciancio L. (2009). *Le colonne del tempo: il Tempio di Serapide a Pozzuoli nella storia della geologia, dell'archeologia e dell'arte (1750-1900)*. Firenze: Edifir.
- Cioffi R., Martelli S., Cecere I., Brevetti G. (a cura di). *La Campania e il Grand Tour: Immagini, luoghi e racconti di viaggio tra Settecento e Ottocento*. Roma: L'Erma di Bretschneider.
- Findlen P. (1994). *Possessing nature: museums, collecting, and scientific culture in early modern Italy*. Berkeley: University of California Press.
- Gatti S. (1825). *Elogio del Cavaliere Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Agnello Nobile.
- Giovane G.M. (1840). *Raccolta di tutte le opere*, vol. 2. Bari: Cannone.
- Lugli A. (1983). *Naturalia et mirabilia: il collezionismo enciclopedico nelle Wunderkammern d'Europa*. Milano: Mazzotta.
- Olivier Poli G.M. (1825). *Cenno Biografico sul Cavalier Commendatore Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Marotta e Vanspandoch.

³ Biblioteca Nazionale di Napoli. Sezione manoscritti e rari. Carte Monticelli. Carteggio Giovane: G056. Lettera di Giuseppe Giovane a Teodoro Monticelli (Molfetta, 20 giugno 1826).

- Poli G.S. (1776). *Lezioni di Geografia e di Storia Militare*. Tomo secondo. Napoli: Fratelli Di Simone.
- Poli G.S. (1781). *Ragionamento intorno allo studio della Natura*. Napoli: Stamperia Reale.
- Poli G.S. (1806). *Memoria sul tremuoto de' 26 luglio del corrente anno 1805*. Napoli: Vincenzo Orsino.
- Poli G.S. (1814). *Saggio di poesie*, vol. 1. Parte 1. Palermo: [s.e.].
- Schnapp A. (1993). *La conquête du passé: aux origines de l'archéologie*. Paris: Carre.
- Sweet R. (2015). *Cities and the grand tour: the British in Italy, c. 1690-1820*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Temkin I. (2015). *Inside the Shell: Giuseppe Saverio Poli and the Birth of Malacology*, in Del Re M.C., Del Monte R., Ghiara M.R. (a cura di), *Atti del Bicentenario Museo Zoologico 1813-2013*. Napoli: Centro musei delle scienze naturali e fisiche.
- Tata D. (1772). *Catalogo di una raccolta di pietre dure native di Sicilia*. Napoli: Raimondi.
- Toscano M. (2003). *Alberto Fortis a Napoli. Naturalismo e Antiquaria*. Bari: Cacucci.
- Toscano M. (2009). *Gli Archivi del mondo*. Firenze: Edifir.
- Toscano M. (2012). *Introduzione*, in De Bottis G., *Ragionamento storico intorno all'eruzione del Vesuvio che cominciò il dì 29 luglio dell'anno 1779*. Napoli: Denaro Libri.
- Toscano M. (2015). *Il Museo Poliano e l'interesse per la zoologia a Napoli tra Sette e Ottocento*, in Del Re M.C., Del Monte R., Ghiara M.R. (a cura di), *Atti del Bicentenario Museo Zoologico 1813-2013*. Napoli: Centro musei delle scienze naturali e fisiche.

HISTORICAL COLLECTIONS OF SCIENTIFIC
INSTRUMENTS IN NAPLES AND SOUTHERN
ITALY

The “Irpinian Science Museum” of Avellino: history and finality

Gaetano Abate - Liceo Statale “P.E. Imbriani”, Avellino - gaetano51@gmail.com

Abstract: I discuss about two remarkable features of the new Science Museum born in Avellino: it shows about one hundred old scientific instruments, accurately restored over the years, and offers a modern environment for creative thinking. Educational institutes, in collaboration with the association *Scienza Viva* and with the Provincial authority, offer educational paths in order to bring scientific culture closer to citizens.

Vorrei ripercorrere la storia di un nuovissimo museo della strumentazione scientifica che sta per nascere ad Avellino, il “Museo delle Scienze Irpino”, inserito nel polo museale cittadino presso i locali dell’ex Carcere Borbonico. Il Museo raccoglie un buon numero di antichi strumenti scientifici, databili tra la seconda metà del XIX e la prima metà del XX secolo, di proprietà delle più antiche istituzioni scolastiche della città, e risulta, dal punto di vista istituzionale, il primo ‘museo della scienza’ istituito nella provincia di Avellino. La sua storia ha radici lontane.

L’operazione di recupero degli strumenti è iniziata nel febbraio del 1993 presso l’Istituto Magistrale Statale “P.E. Imbriani” grazie alla curiosità e all’interesse di alcuni insegnanti assolutamente ignari di tutta la problematica inerente la strumentaria scientifica, appassionati al recupero e al restauro, che hanno poi cercato di realizzare documentandosi, preparandosi e mettendosi alla ricerca di professionalità e competenze artigianali che potessero aiutarli nel compito prefissato.

Gli antichi strumenti, giudicati obsoleti, e per questo abbandonati in cantine e soffitte o lasciati tra ruderi di edifici distrutti dal terremoto del 1980, sono stati riscoperti, puliti, restaurati e studiati dai medesimi insegnanti e da gruppi di studenti con pazienza, entusiasmo e notevole dispendio di energie.

L’esempio dell’“Imbriani” è stato successivamente seguito da altre scuole, determinando un importante lavoro d’équipe che ha consentito il censimento di più di trecento antichi strumenti scientifici provenienti dai laboratori di fisica delle tre scuole più antiche di Avellino: il Liceo Statale (ex Istituto Magistrale) “P.E. Imbriani” (1866), l’Istituto Tecnico Agrario “F. De Sanctis” (1880) e il Liceo Classico “P. Colletta” (1865). Queste collezioni strumentali costituiscono una testimonianza importante per la storia degli istituti che le conservano e una raccolta degna di essere annoverata tra le collezioni scientifiche di rilievo sul territorio nazionale.

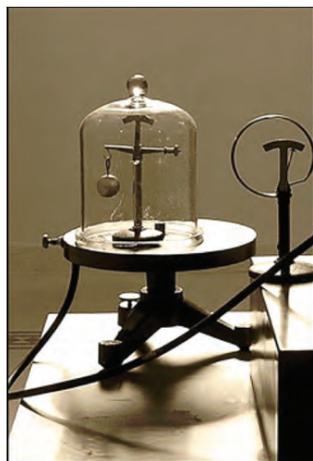


Fig. 1. Pompa pneumatica a olio di Geryc (Liceo Statale “P.E. Imbriani”)

Il prezioso lavoro svolto è stato anche documentato attraverso la pubblicazione di ben quattro cataloghi con foto e schede tecniche relative agli strumenti, una ricerca sugli orologi e sulle meridiane ed una breve storia con esposizione delle macchine da calcolo.

Il “Museo delle Scienze Irpino” nasce con l’idea di raccogliere e valorizzare tutti i materiali recuperati, i restauri realizzati e la documentazione costruita. Attualmente annovera circa 100 pezzi provenienti dalle tre scuole prima citate. Essi potranno fornire lo spunto per interessanti ricerche storiche o per una presentazione in forma diversa di alcune esperienze classiche. È infatti noto che gli strumenti scientifici del passato non avevano solo lo scopo di produrre misure, ma anche quello di meravigliare l’osservatore per la bellezza della fattura, per il gusto estetico e per i materiali usati.

Il nuovo museo scientifico potrà costituire un percorso culturale di notevole spessore ed interesse nella città di Avellino. All’interno delle sale espositive sarà allestito un angolo per il workshop dove sarà possibile far costruire *exhibit* ai visitatori.

Nella prima sala il visitatore potrà osservare quattro vetrine con strumenti di meccanica, più quattro modelli di pendoli posizionati all’esterno delle vetrine. In una seconda zona, al centro, è messa in evidenza una macchina pneumatica a doppio effetto, mentre sul lato destro si trovano due parabole ustorie in ottone con supporti in legno e un apparecchio di Dalton. Sulla sinistra una bilancia analitica e la macchina di Atwood. Nella terza zona, in tre vetrine, sono esposte apparecchiature di ottica, acustica e termologia; fuori vetrina un diascopio, uno spettroscopio e due esemplari di barometri.

Spostandosi nella seconda sala si potranno ammirare due vetrine con strumentaria di magnetismo ed elettrostatica, quindi due esemplari di macchina di Whimshurst e, a destra, una macchina di Winter e una di Ramsden. Nella seconda zona, invece, sono posizionati il banco di lavoro per il restauro e quattro tavoli, una postazione con PC, proiettore e schermo per effettuare lezioni, dimostrazioni, workshop e *tinkering*, per

gruppi di studenti di ogni ordine e grado o semplici visitatori interessati. Nella saletta all'ingresso è possibile ammirare una macchina pneumatica a manovella ed all'uscita un bellissimo e raro tubo di Geissler.



Fig. 2. Macchina a doppio effetto (Liceo Classico “P. Colletta”)

La peculiarità del “Museo delle Scienze Irpino” è duplice in quanto al suo interno vengono presentati e mostrati in pubblico strumenti appartenenti a più scuole di Avellino (nel tempo si potrà arricchire l’esposizione con il contributo di altre istituzioni scolastiche o privati) e inoltre si potrà utilizzare una zona del Museo per il lavoro di restauro, per la costruzione di *exhibit* e per il workshop. Il lavoro di chi da anni si dedica a questo tipo di ricerca attenta e la passione di alcuni volontari potranno contribuire alla migliore diffusione della cultura scientifica e garantire alle future generazioni occasioni di incontro e di scoperta di come in passato venivano effettuate le esperienze di fisica e della successiva evoluzione degli strumenti e dei materiali usati.

Devo quindi rilevare una questione politica che non può essere trascurata: oggi non è ancora chiaro come e da chi sarà gestito lo spazio museale all’interno dell’ex carcere borbonico. L’Amministrazione Provinciale di Avellino non ha ancora chiuso i cantieri di lavoro avviati da alcuni anni, il personale a disposizione è minimo (due persone!), gli orari di apertura al pubblico sono scomodissimi (mattina 9-13; pomeriggio 15-17 solo martedì e giovedì; chiuso sabato e domenica), di conseguenza una eventuale azione di didattica museale risulta estremamente ridotta. Si spera che la legge sulla gestione dei musei possa cambiare e rendere più agevolmente fruibili luoghi come questo a cui stiamo lavorando.

Mi corre l’obbligo, infine, di ringraziare alcune persone. Il primo ringraziamento va alla memoria del preside Giuseppe D’Errico promotore e primo sostenitore della ricerca. Un particolare ringraziamento va al prof. Pietro Cerreta per aver offerto preziosi suggerimenti e anche per aver valorizzato il progetto. Debbo ringraziare, inoltre, il dr. Paolo Brenni della Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze il quale ha

incoraggiato l'iniziativa, lodando il lavoro intrapreso e invitando tutti a continuare la ricerca che si è avvalsa negli anni anche del prezioso contributo del prof. Roberto Mantovani dell'Università di Urbino.



Fig. 3. Tubo di Geissler (Liceo Classico “P. Colletta”)

Costante e continua è la collaborazione con il “Museo Galileo” (Istituto e Museo di Storia della Scienza) di Firenze, nella persona di Andrea Gori.

Ringrazio infine l'operosità e l'inventiva dell'indimenticabile prof. Enrico Biondi (decano di tutti gli insegnanti di Matematica e Fisica di Avellino), che ha vissuto una seconda giovinezza tra i ragazzi e i docenti, realizzando utili esperienze con le apparecchiature ormai in disuso e restaurando personalmente alcune macchine.



Fig. 4. Macchine di Wimshurst (Liceo Classico “P. Colletta” e Istituto Tecnico Agrario “F. De Sanctis”)

Bibliografia

- Abate G. (1995). “Mostra di strumenti scientifici all’Istituto Magistrale”. *Nuovo Meridionalismo*, XI (104).
- Abate G., Acocella G., Aquino S., Cerreta P., De Feo V., De Simone A., Feoli A., Iannuzzi A., Togli C. (2006). “Adottiamo il passato”. *La Provincia Iripina*, II (2).
- Abate G., Ambrosone A. (1993). *Mostra di Antichi Strumenti Scientifici*. Atripalda: Arti Grafiche Pellecchia.
- Abate G., Francese E. (1994). *Mostra di Antichi Strumenti Scientifici - Per le vie della scienza nella scuola, con l’insegnamento di Francesco de Sanctis*. Atripalda: Arti Grafiche Pellecchia.
- Abate G., Francese E. (1995). *Mostra di Antichi Strumenti Scientifici - Lungo le vie della storia del pensiero, il mondo delle scienze ieri e oggi*. Atripalda: Arti Grafiche Pellecchia.
- Abate G., Francese E. (1996). *Settimana Scientifica Nazionale - L’Irpinia con la scienza verso l’Europa*. Atripalda: Arti Grafiche Pellecchia.
- Abate G., Francese E., Di Nardo G. (1997). *Il Tempo: dalla vita del tempo al tempo della vita*. Atripalda: Arti Grafiche Pellecchia.
- Abate G., Testa D. (2000). *Gli strumenti scientifici di palazzo Dorso (già palazzo Litto)*. Avellino: Amministrazione Provinciale di Avellino.

Scientists, makers and instruments between teaching and research experiences in Science: Caserta and Southern Italy around 1861-1920s

Pietro Di Lorenzo - ISS “Lener”, Marcianise; ISS “Mattei”, Caserta -
pietro.dilorenzo@yahoo.it

Abstract: The paper shows the preliminary results of a research (2013-2016) concerning some new aspects of Didactics of Science (with particular reference to Physics teaching) in Caserta and its neighborhood since 1861 to 1920s. The study focuses on administrative aspects (schools and research centers) and teaching strategies (experiments and teaching approaches). Moreover, I briefly analyze Physics textbooks mainly used in that period, and nowadays preserved in historical libraries. Books and teaching strategies are deeply linked to scientists/teachers that worked in local high schools.

Keywords: Caserta, teachers and science teaching, high schools and research centers.

1. Il contesto storico casertano

Dopo quasi un millennio di vita urbana al rango di centro abitato di secondo livello, nel 1818 Caserta divenne capoluogo della provincia di Terra di Lavoro.¹ Dal punto di vista demografico e urbanistico il piccolo borgo (strutturato su casali sparsi e col centro medievale sul colle) non era decollato neppure dopo la costruzione (dal 1752) della grande reggia voluta da Carlo di Borbone e progettata da Luigi Vanvitelli.² Tuttavia dal 1828 la crescita del numero degli abitanti fu impetuosa (+63%), con un incremento massimo che coincise con i prolungati soggiorni di Ferdinando II di Borbone, dal 1849 alla morte (avvenuta proprio in Caserta nel 1859). La crescita continuò, ma con minor forza, nel primo cinquantennio postunitario. In contemporanea nacquero la ricerca scientifica e la didattica delle scienze e delle tecniche. A fronte dei soli tre centri di ricerca attestati nel periodo in studio, furono almeno sette le scuole del territorio a dedicare grande attenzione alla didattica delle scienze, e per certi versi anche alla sperimentazione, grazie alle dotazioni scientifiche di laboratorio (Di Lorenzo 2017).

¹ Regio Decreto del 15/12/1818. Terra di Lavoro fu il nome storico della provincia di Caserta fino al 1927, anno della soppressione e dello smembramento in favore delle province vicinarie; alla ricostituzione, nel 1946, prese l'attuale nome ma non riebbero molte delle città storicamente a essa afferenti.

² Il tema è discusso, con vasta rassegna bibliografica, in (Di Lorenzo 2016b, pp. XXXIII-XXXVIII).

2. I tre centri di ricerca

Il giardino “all’inglese” della Reggia, allestito e utilizzato come un vero e proprio orto botanico negli anni postunitari, è l’unico che sia già stato oggetto di studi pubblicati, e non me ne occupo in questa sede.³ Gli altri due sono descritti in sintesi nel seguito.

2.1. L’Orto agrario sperimentale della Società Economica di Terra di Lavoro

In forza del Regio Decreto di Murat del 16/02/1810 fu istituita la Società di Agricoltura, che dal 1812 prese il nome di Società Economica di Terra di Lavoro (nel seguito indicata come Società). Tra i compiti statutari ebbe la ricerca agraria e lo sviluppo delle tecniche. La sede, inizialmente in Capua, fu trasferita in Caserta dopo l’elevazione della città a capoluogo (Marra 2007, p. 1). La vivace attività scientifica promossa è documentata da pubblicazioni a stampa tra il 1826 e il 1859 (De Nitto 1995, p. 156).⁴ Proprio Giuseppe Maria Bosco, vicepresidente della Società, sin dal 1852 si era distinto per un progetto di riforma dell’istruzione primaria che prevedeva l’obbligo fino a 10 anni, in anticipo con la legge Casati del 1859, estesa dopo l’Unità alle province meridionali (Marra 2007, p. 5). Anche la nascita dell’“Istituto Provinciale Agrario” fu ideata e incoraggiata sin dal 1855 proprio dalla Società. L’Orto agrario sperimentale, subordinato amministrativamente alla Società, fu inaugurato nel 1855 (Di Lorenzo 2004, p. 39); nel 1864 fu inglobato dalla Provincia (Ferrero 1876, p. 117). L’Orto fu affiancato dal 1872 da una Stazione sperimentale di prova,⁵ trasformata, dal 1886 al 1898, in laboratorio agrario.

Dal 1872 al 1915 nella sede casertana⁶ fu attivo un osservatorio meteorologico (che pubblicò i dati in un proprio bollettino), per il quale nel 1873 furono richiesti ed acquistati strumenti scientifici dai più importanti costruttori napoletani dell’epoca: Giovanni Bandieri, Giacomo Arditi, Saverio Gargiulo.⁷ Alla soppressione della Provincia nel 1927 l’Orto fu acquisito dall’Istituto Casertano Zootecnico per il Mezzogiorno e dal 1967, negli stessi luoghi originari, ha sede l’Istituto Sperimentale per la Frutticoltura.

La rilevanza scientifica dell’Orto agrario è attestata dalle attività organizzate in sede,⁸ dalla partecipazione (anche con menzioni e premi) alle esposizioni nazionali ed internazionali⁹ e dalle pubblicazioni promosse.¹⁰ Le sperimentazioni condotte, su temi di

³ Il più recente contributo, con bibliografia completa dei precedenti studi, è di Iacono (2015).

⁴ Da rettificare per gli anni di edizione de *La Campania industriale* perché sono documentati nei 26 anni di stampa (fino al 1866) XIV volumi invece dei IX citati, cfr. Marra (2006, p. 56, n. 85) che rimanda a Scirocco (1995, p. 42), in cui, però, non c’è traccia di questa analisi.

⁵ Nel Regio Decreto del 25/02/1872 sono declinati gli obiettivi di ricerca e di divulgazione della Stazione.

⁶ Archivio di Stato di Caserta (ASCE), Amministrazione provinciale, Elenco 1, f. 9699 (anni 1895-1912), f. 12273 (anni 1882-1884), f. 12820 (anni 1878-1896). Ringrazio l’Archivio di Stato di Caserta (direttrice L. Grillo) per la collaborazione.

⁷ ASCE, Amministrazione provinciale, f. 2302 (1872) e f. 2275 (1866) in (Di Lorenzo 2007, pp. 41-42).

⁸ “Conferenze agrarie magistrali” con lezioni di fisica, chimica, storia naturale, agraria e bacologia, furono tenute nel 1869 e sono attestate dall’opuscolo a stampa del 1870 (Della Fonte 1870). “Comizi agrari” si tennero a Caserta dal 1876 al 1890.

⁹ Nel 1861 in Firenze, nel 1862 in Londra (con menzione), nel 1873 in Vienna ove risultano presenti anche produttori “casertani”. Esposizioni agrarie furono organizzate in Caserta dal 1862 al 1866.

ricerca sia applicata sia teorica, almeno in un caso condussero a ideare e costruire un nuovo strumento, la *trivella geoareometrica* per l'esame delle terre di Ferrero: «L'istrumento fu costruito, or fanno due anni, dal distinto meccanico Di Palma di Napoli dietro le nostre indicazioni ed è rappresentato dall'unito disegno» (Ferrere 1873, p. 269). Non sono noti esemplari effettivamente realizzati dello strumento.

2.2. L'osservatorio meteorologico-astronomico di Piedimonte Matese

L'unico studio pubblicato sull'Osservatorio Meteorologico e Astronomico (specola) è (Giugliano 1981).¹¹ La specola fu realizzata nel convento francescano di Santa Maria Occorrevole sul Monte Muto per opera di Beniamino Caso nel 1875. La sezione meteorologica funzionò fino al 1940, e nel 1949 la maggior parte gli strumenti storici fu inviata all'Ufficio Centrale di Meteorologia ed Ecologia Agraria di Roma. Come evidenziato in (Di Lorenzo 2016a, pp. 184-185) una delle due meridiane riporta il nome di Francesco Denza, che fornì i calcoli o direttamente il disegno per il quadrante.

3. Scuole e laboratori scientifici scolastici

Per inquadrare il contesto che guidò la realizzazione della didattica delle scienze, e in particolare della fisica, nelle scuole italiane postunitarie è di grande utilità il pensiero di Blaserna sulla necessità della pratica sperimentale:

Noi diamo troppa importanza alle lezioni ed alla forma più o meno brillante, più o meno chiara, con cui vengono fatte, e crediamo che in ciò risieda la bontà dell'insegnamento. [...] Ma mentre in Germania si parla male, si lavora bene; da noi invece si parla bene e si lavora poco e male. [...] Il vero insegnamento comincia là dove la lezione finisce, e deve farsi nel laboratorio, almeno per i buoni studenti che hanno il desiderio di addentrarsi nella scienza. Qui sta la differenza tra noi e i Tedeschi. Noi facciamo lezione nell'anfiteatro, loro nel laboratorio (Blaserna 1868, pp. 4-5).

In ambito napoletano, Del Giudice (1863) era convinto che «i progressi della tecnologia sono intimamente congiunti a quelli delle scienze» e che anche per l'istruzione tecnica era necessaria una solida base scientifica:

¹⁰ Pubblicazione di "Annali" dal 1872 almeno al 1880 [Internet culturale].

¹¹ Altre notizie, tutte prive di fonti, sono pubblicate, presumibilmente dallo stesso autore, su una pagina web del sito dell'Associazione Storica del Medio Volturno, da cui si desume un «Elenco dei direttori dell'Osservatorio di Monte Muto (da un quadro a muro): 1) Padre Francesco Denza (14 ottobre 1875); 2) Prof. D. Andrea Maciocio; 3) Prof. D. Pietro Del Prete (fino al 20/01/1914); 4) P. Ermenegildo Lupoli O.f.m (Ordine dei frati minori), dal 20/01/1914 fino al luglio 1914; [...]» e la notizia che i dati (forse fino al 1940) furono trasmessi all'Osservatorio di Moncalieri [Associazione Storica del Medio Volturno].

L'insegnamento negli istituti tecnici vuole essere scientifico ma tanto quanto sia necessario a poter collocare sicuramente i processi industriali come appendici di quegli studi, senza farli sorgere da fatti ignoti (Del Giudice 1863, p. 7).

Nella retorica prolusione inaugurale del ciclo di conferenze agrarie magistrali tenuto a Caserta nel 1869, Ettore Giuliani (docente di fisica nell'Istituto Agrario) spera di collaborare col suo insegnamento a «gettare anche noi una pietra nelle solide fondamenta della gloria nazionale, il cui maestoso edificio non s'ergerà sulle armi, ma solo sulla inconcussa base della scienza» (Giuliani 1870, p. XVI).

Ma alle dichiarazioni teoriche seguirono i fatti? Fu proprio così ovunque, anche nelle città di provincia come Caserta? Ci sono i primi elementi per ipotizzarlo. Il preside dell'Istituto Agrario, Della Fonte, nel 1869 reclamava al prefetto sulla necessità di fissare un «orario anche domenicale di fisica sperimentale con la prima ora di meccanica e la seconda ora per gli esperimenti di fisica per i quali serve un aiuto».¹²

Il grande impulso alla nascita dei laboratori scientifici nelle scuole fu dovuto alla legge Casati del 1859, divenuta efficace anche al Meridione dopo l'Unità. Dagli anni Settanta, la lezione e l'approccio sperimentali furono ritenuti soluzioni pedagogiche universali al problema della didattica della scienza, e della fisica in particolare (Benassi, Dragoni 1983, p. 23). Anche in Caserta e provincia accadde ciò, come confermano i tanti strumenti ritrovati e studiati in questi anni (Di Lorenzo 2017).

3.1. I docenti-ricercatori

Anche le carte di archivio rintracciate (relazioni, rapporti, inventari di laboratori) iniziano a offrire qualche ulteriore elemento di valutazione. L'Istituto Agrario (sorto nel 1863) fu affiancato da un convitto (soppresso nel 1878) aperto a "giovani" residenti non solo di Terra di Lavoro. Soppresso nel 1878, la sua crescita fu impetuosa se nel 1877-1878 risultò il più popoloso d'Italia (Di Lorenzo 2004, p. 132).

Nel 1869 la Commissione di vigilanza sull'Istituto Agrario Provinciale di Caserta,¹³ presentando relazione unanime al prefetto della Provincia, scriveva:

L'insegnamento è affidato in gran parte ad egregi professori. La commissione ha trovato lodevole l'insegnamento della Chimica. [...] Della Fisica la Commissione non sa se sia a preferenza insegnata quella parte che è necessarissima all'Agricoltura e cioè la Meteorologia. Il professore dell'Istituto Tecnico dee essere eccellente nella scienza eccellentissimo nell'applicazione della scienza.¹⁴

Nel complesso, la Commissione espresse un giudizio lusinghiero sui docenti: «valenti pure e volenterosi come quelli che ora vengono [a Caserta]». La rilevanza, non solo locale, dei docenti dell'Istituto Agrario di Caserta (e non solo di quelli di fisica-

¹² ASCE, b. 234, Amministrazione provinciale, f. 2288, 13 gennaio 1869.

¹³ Composta da Leopoldo Rodinò (illustre letterato), da Arcangelo Scacchi (famoso geologo), dal marchese Giuseppe Cocozza di Montanara e dal marchese Casali.

¹⁴ ASCE, b. 234, Amministrazione provinciale, f. 2288.

chimica) è attestata dalle numerose pubblicazioni scientifiche o didattiche censite anche negli anni successivi (Di Lorenzo 2007). Tutti i tre docenti di fisica documentati nell'Istituto Agrario (poi divenuto Istituto Tecnico "Garibaldi") risultano autori di pubblicazioni: Ettore Giuliani (docente 1864-1884) con 5 pubblicazioni, Giovanni Musaio (docente 1884-1919) con 7 lavori, Gennaro Magli (docente 1919-1920) con 10 pubblicazioni. Luigi Izzo fu supplente di Musaio dal 1913 al 10/05/1915.¹⁵

Anche altri docenti di fisica-chimica, in servizio nella provincia, risultano attivi come ricercatori e autori di testi didattici o di ricerche: Tommaso Sardi (Liceo Classico "Tommaso di Savoia", Santa Maria Capua Vetere, 1891-1911) con 2 titoli, Vincenzo Barbera (Istituto Commerciale "Terra di Lavoro", Caserta, 1915-1918) con 5 lavori, Camillo Lacquaniti (Liceo Classico "Giannone", Caserta, 1916-1917) con 5 pubblicazioni.¹⁶

Tutto sommato, la situazione casertana sembra essere in linea col panorama nazionale. Le carriere dei docenti di molte scuole (anche in provincia) spesso oscillarono per anni tra insegnamento liceale o tecnico e università. D'altra parte, allora gli stipendi dei docenti di scuola erano appena inferiori a quelli dei docenti universitari. Quindi, essi s'impegnarono come giovani assistenti universitari ma lavorarono anche nella scuola, talvolta anche solo per sostenersi economicamente. Nell'Italia di quegli anni l'osmosi tra scuola e università fu cruciale per la formazione e la crescita dei pochi scienziati di rilievo davvero internazionale: si pensi alle figure di docenti/ricercatori quali Roiti, Pacinotti, Rosa e Amidei e ai loro rapporti con i rispettivi allievi: Volterra, Righi, Marconi e Fermi (Dragoni 1989, pp. 319-320).

Nel panorama napoletano la carriera più tipica in tal senso fu Leopoldo Ciccone (Molisso 2008). Tuttavia, nonostante fosse stato assistente universitario e sostituto di Govi, sulla sua produzione scientifica pesa il severo giudizio espresso nel 1892, al fallito concorso (secondo non idoneo) per la cattedra di meteorologia e complementi di fisica della Regia Scuola Superiore di Agraria di Portici: «produsse lavori per la massima parte di compilazione, che appaiono condotti con fretta soverchia e che contengono non poche inesattezze gravi» (Molisso 2008, pp. 105-107).

3.2. I libri

La traduzione/adattamento del manuale di Jamin (1870) realizzata da Ciccone (1880) e il *Corso elementare di fisica* di Ciccone e Campanile ([s.d.]), furono riferimenti per le scuole napoletane e casertane dell'epoca, a giudicare dalla loro attuale diffusione nelle biblioteche locali. In attesa di completare lo studio che perseguo dal 2013, parallelamente ma indipendentemente da quanto pubblicato per il nord dell'Italia da Marazzini (2010),

¹⁵ Archivio dell'ISISS "Terra di Lavoro" (ASISISSTdL), *R. Istituto Tecnico Garibaldi di Caserta, Stati personali dei prof.ri* (s.d.), vv. 1-3; *Cronologia [...] degli insegnanti [...] dall'a.s. 1884-1885*. Ringrazio l'ISISS "Terra di Lavoro" (dirigente scolastico E. Nocerino, prof. M. Lugni) per la collaborazione.

¹⁶ Le fonti sono rispettivamente i registri dell'Archivio del Museo Nevio di S. Maria Capua Vetere (ASNeMuSS), dell'ASISISSTdL e [Internet culturale].

nel seguito mi limiterò a elencare solo i manuali di fisica-chimica e matematica dei docenti in servizio nelle scuole casertane: Musaio (1884), Garrubba (1909), Sardi.¹⁷

La biblioteca dell'Istituto "Garibaldi" di Caserta¹⁸ offre un significativo quadro dei libri di fisica disponibili sul territorio. Alla data di annessione della biblioteca della Società Economica Terra di Lavoro (ritenuta tra le migliori del Regno) nel nascente Istituto Agrario risultavano nell'inventario (Anonimo 1856; Di Nitto 1995, pp. 168-172) solo 5 libri fisica. Alla soppressione dell'Istituto "Garibaldi", erede dell'Agrario, nel 1938 erano schedate ben 65 opere di fisica, astronomia, meteorologia. Di queste, 30 libri erano in lingua francese. Altri 34 testi, sebbene in italiano, erano traduzioni di testi stranieri (34 di autori francesi, 2 inglesi).

3.3. *Le metodologie didattiche*

Anche le uscite didattiche erano occasione di apprendimento disciplinare per le scienze. A titolo di esempio gli studenti dell'Istituto Agrario di Caserta nel 1866 furono condotti in visita al Vesuvio in eruzione.¹⁹ E gli studenti della Scuola Normale Maschile di Caserta, accompagnati il 20 giugno 1883 dal prof. G. Matarazzi, raggiunsero, tra le altre mete della giornata, il Liceo (oggi intitolato a "C. Nevio") di Santa Maria Capua Vetere. Il professor Matarazzi così scriveva nella relazione consuntiva dell'uscita didattica:

[...] feci loro vedere tutte le macchine e gli ordigni esistenti. Prendendo occasione dalle macchine che ci stavano dinanzi ricordai agli alunni del III corso ed a volo d'uccello le nozioni più importanti della meccanica, gravità, sui tre stati fisici dei corpi, sul suono, calore, la luce, sul magnetismo, sull'elettricità statica e dinamica e qualche cenno di fisica terrestre. Pochi esperimenti si poterono ripetere a causa della brevità del tempo.²⁰

Un esempio di didattica delle scienze, realizzata in ambito scolastico ma extracurriculare, è noto grazie al delegato di pubblica sicurezza, Raimondi, che scriveva al prefetto di Caserta, Giuseppe Colucci. Nel rapporto egli racconta in prima persona di aver assistito l'8 luglio 1869 in Santa Maria Capua Vetere a un «saggio di esposizione delle teoriche concernenti le scienze naturali professate nell'anno scolastico in corso dagli alunni della III classe di questo liceo ginnasiale». Il rapporto fornisce dettagli sulla metodologia di presentazione didattica («All'esposizione delle teoriche gli alunni fecero seguire l'applicazione sperimentale») e sull'esito di gradimento ottenuto («dopo le cennate applicazioni [...] [gli studenti] [...] rimasero a disposizione degli astanti e

¹⁷ Un *Corso di fisica e chimica nei licei* e un corso di *Aritmetica teorico-pratica pei ginnasi, scuole tecniche e normali* di T. Sardi sono citati in ASNeMuSS.

¹⁸ Dal 1963 è conservata per la gran parte nell'ISISS "Terra di Lavoro" e per una piccola parte nell'ITS "Buonarrotti" di Caserta.

¹⁹ ASCE, Amministrazione provinciale, f. 2284.

²⁰ ASCE, Amministrazione provinciale, f. 5628.

risposero a diversi quesiti loro fatti in materia e ne ebbero lodi»²¹). L'episodio è di notevole interesse perché attesta l'attivo coinvolgimento degli studenti secondo una metodologia largamente auspicata anche oggi ma molto spesso totalmente disattesa nelle scuole.

Restano da indagare le attività scientifiche finora sconosciute relative ad alcune iniziative popolari di educazione tecnica, principalmente legate alla cultura contadina. L'Orto agrario promosse "Cattedre ambulanti d'agricoltura" dal 1902 (ma forse già dal 1901 [D'Amico 2015, p. 318]) al 1913. In Caserta fu anche attiva una "Biblioteca Circolante delle Gioviette" forse pertinente alla Scuola Normale Femminile di Caserta.²² Sul modello di altre istituzioni simili sorte dal 1861 (Morandi 1868, p. 28; Bruni 1869, p. 60) e legate alla fioritura delle biblioteche popolari, fu impegnata nella promozione dell'educazione e dell'istruzione femminile.²³ Certo appare singolare che i curatori dell'istituzione casertana intendessero far leggere, a un pubblico certamente non in possesso delle competenze di base per poterne trarre profitto, un testo decisamente impegnativo quale il testo di Figuier (1884) sulle applicazioni del gas.

Bibliografia

- Anonimo (1856). "Opere esistenti nella Biblioteca della Real Società Economica di Terra di Lavoro". *La Campania Industriale*, IX, pp. 174-178.
- Benassi S., Dragoni G. (1983). *Didattica e scienza, i laboratori scolastici in Emilia e in Romagna*. Bologna: Istituto per i Beni Artistici e Culturali della Regione Emilia-Romagna.
- Blaserna P. (1868). *Sullo stato attuale delle Scienze Fisiche in Italia*. Parigi: Racon.
- Bruni A. (1869). *Le biblioteche popolari in Italia dall'anno 1861 al 1869*. Firenze: Botta.
- Ciccone L. (1880). *Piccolo trattato di fisica seguito dagli elementi di meteorologia*. Napoli: Pellerano.
- Ciccone L., Campanile F. ([s.d.]). *Corso elementare di fisica*. Napoli: Pellerano.
- D'Amico N. (2015). *Storia della formazione professionale in Italia. Dall'uomo da lavoro al lavoro per l'uomo*. Milano: Franco Angeli.
- Del Giudice F. (1863). *Poche osservazioni intorno al R. Istituto Tecnico di Napoli*. Napoli: Stamperia dell'Iride.
- Di Lorenzo P. (2004). *I documenti di archivio*, in Di Lorenzo P., Iacono M.R. (a cura di), *Il Museo Michelangelo: gli strumenti e i modelli per la topografia. Tradizione, innovazione, didattica. Catalogo del Museo*. Caserta: Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio, per il Patrimonio Storico Artistico e Demotnoantropologico per le Province di Caserta e Benevento.
- Di Lorenzo P. (2007). "I gabinetti scientifici dell'Istituto Agrario". *Rivista di Terra di Lavoro*, II (1), pp. 26-47.

²¹ ASCE, Prefettura, I serie, affari Generali, vol. V, f. 8489.

²² Un piccolo fondo librario siglato "BCdG" è conservato nella Biblioteca Vescovile di Caserta; ringrazio il prof. Antonio Salvatore Romano per la segnalazione dell'esemplare librario citato.

²³ A Caserta nulla del genere fu attivo almeno fino al 1869 (Bruni 1869, p. 44).

- Di Lorenzo P. (2016a). “Meridiane ed orologi storici in Terra di Lavoro: stato degli studi ed inediti”. *Rivista di Terra di Lavoro*, XI (1), pp. 133-191.
- Di Lorenzo P. (2016b). *Introduzione analisi e commento alle Memorie ecclesiastiche*, in Don Crescenzo Esperti, *Memorie ecclesiastiche della Città di Caserta villa reale*. Caserta: Pacifico.
- Di Lorenzo P. (2017). *Historical instruments in Caserta and surroundings: collections and museums*, in Esposito S. (a cura di), *Atti del XXXVI Convegno annuale della SISFA* (Napoli 4-7 ottobre 2016). Pavia: Pavia University Press.
- Dragoni G. (1989). *Per una storia della fisica italiana tra la seconda metà dell'Ottocento e la Prima Guerra Mondiale*, in Maccagni C., Freguglia P. (a cura di), *La cultura filosofica e scientifica. La storia delle scienze*. Milano: Bramante.
- Ferrero L.O. (1873). “Trivella geoarometica metrica per l'esame degli agrumi”, *Le stazioni sperimentali agrarie*, 3, pp. 268-272.
- Figurier L. (1884). *Meraviglie e conquiste della scienza. Il gas e le sue applicazioni*. Milano: Treves.
- Garrubba S. (1909). *Lezioni di fisica per i licei e gl'istituti tecnici rivedute ed ampliate da Camillo Lacquaniti*. Napoli: D'Auria.
- Giugliano G. (1981). *L'Osservatorio di Monte Muto*, in *Almanacco del Medio Volturno*. Piedimonte Matese: Associazione Storica del Medio Volturno.
- Giuliani E. (1870). *Prolusione*, in Della Fonte L. *et al.* (a cura di), *Riassunti delle conferenze agrarie magistrali fatte nell'istituto agrario di terra di lavoro in Caserta*. Napoli: Stamperia della R. Università.
- Iacono M.R. (2014). *Botanici e giardinieri alla Reggia di Caserta*, in Cazzato V. *et al.* (a cura di), *La festa delle arti. Scritti in memoria di M Fagiolo*, vol. 2. Roma: Gangemi.
- Jamin J.C. (1870). *Petit Traité de physique*. Paris: Gauthier-Villars.
- Marazzini P. (2010). “Didattica della Fisica nella Scuola Secondaria Superiore dal 1870 al 1940. Analisi dei libri di testo”, *Giornale di Fisica*, LI, pp. 39-92.
- Marra A. (2006). *La Società economica di Terra di Lavoro: le condizioni economiche e sociali nell'Ottocento borbonico. La conversione unitaria*. Milano: Franco Angeli.
- Marra A. (2007). “La storia della società economica di Terra di Lavoro”, *Rivista di Terra di Lavoro*, II (1), pp. 1-6.
- Molisso G. (2008). *Leopoldo Ciccone*, in Molisso G. (a cura di), *Il Museo del Gabinetto di Fisica e Chimica “Leopoldo Ciccone” del Liceo Ginnasio “Vittorio Emanuele II” di Napoli. Catalogo 1861-1900. Inventario 1861-1960*. Napoli: Liceo Vittorio Emanuele.
- Morandi L. (1868). *Le biblioteche circolanti*. Firenze: Editori della Scienza del Popolo.
- Musaio G. (1884). *Nozioni elementari di analisi chimica qualitativa delle sostanze minerali*. Caserta: Turi.
- Scirosso A. (1995). *Stampa periodica e istituzioni in Terra di Lavoro nell'Ottocento*, in De Nitto G., Tescione G. (a cura di), *Caserta e la sua diocesi in età moderna e contemporanea*, vol. I. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Sitografia

[Associazione Storica del Medio Volturno]. URL: <[asmypiedimonte.altervista.org/Osservatorio_Monte_Muto/Osservatorio di Monte Muto-d.html](http://asmypiedimonte.altervista.org/Osservatorio_Monte_Muto/Osservatorio%20di%20Monte%20Muto-d.html)> [data di accesso: 30/04/2017].

[Internet culturale]. URL: <www.internetculturale.it> [data di accesso: 30/04/2017].

Historical instruments in Caserta and surroundings: collections and museums

Pietro Di Lorenzo - Museo “Michelangelo”, Caserta; Museo “Nevio”, Santa Maria Capua Vetere - pietro.dilorenzo@yahoo.it

Abstract: The different collections of historical scientific instruments in Caserta and surroundings born in different institutions: the Bourbon royal family, some public secondary schools and (few) research centers. Items are stored in specialized museums (*Museo “Michelangelo”* in Caserta; *Museo “Nevio”* in Santa Maria Capua Vetere; *Museo “Olivetti”* in Caserta) and historical fine arts museums (Royal Palace in Caserta and the *Museo “Marrocco”* in Piedimonte Matese). Other items still belong to school laboratories that purchased and used them (*Liceo “Giannone”*, *ISIS “Terra di Lavoro”* and *Liceo Salesiano “Sacro Cuore di Maria”* in Caserta, *Liceo “Bruno”* in Maddaloni). Some instruments in the *Museo “Michelangelo”* and in the *Museo “Marrocco”* belonged to the historically known research centers (*Istituto Agrario* in Caserta and *Osservatorio Meteorologico-Astronomico* in Piedimonte Matese).

Keywords: Caserta, historical instruments, museum collections.

1. I musei scientifici in Provincia di Caserta

La definizione di museo proposta dall’ICOM – International Council Of Museums – (Desvallées, Mairesse 2010, p. 62) è oramai universalmente nota e accettata, quasi letteralmente, persino nella legislazione vigente in Italia.¹ Ma se sulla carta c’è accordo pressoché unanime, cosa nei fatti sia da intendere e riconoscere come museo è questione ben più discussa, raffinata, articolata e complessa, specie se si analizza un contesto a scala territoriale locale. Nello studio sull’offerta museale delle province di Napoli e Caserta, la proposta di Barrella e Solima ha mediato tra i luoghi espositivi che si dichiarano musei (e come tali sono conosciuti e riconosciuti dagli addetti ai lavori e che in qualche modo “appartengono” all’identità culturale dei residenti) e la definizione dell’ICOM (offerta di servizi e produzione di ricerche), escludendo «forme diverse da quelle tradizionalmente individuate col nome di museo» (Barrella, Solima 2011, p. 15) e cioè siti, monumenti, parchi naturali e centri culturali.

¹ Codice dei beni culturali e del paesaggio (2004, articolo 101, comma 2, lettera a) e Decreto Ministeriale MiBACT (2014, capo I, articolo 1, comma 1).

Nei dati che riporto nel seguito ho inteso inserire anche i planetari² e i musei naturalistici riconosciuti dall'ICOM come luoghi museali nel 2001.³

In Provincia di Caserta insistono 35 musei⁴ dei 221 dell'intera Regione Campania [Musealia 2009] (ISTAT 2016), cioè il 16% a fronte di una popolazione e di una estensione territoriale che sono rispettivamente il 16% e il 19% di quelle regionali (ISTAT 2011). I musei effettivamente aperti (e che non siano meri musei-deposito) sono 31. Quelli scientifico-tecnologici e naturalistici⁵ sono 5 sui 12 [Musealia 2009] (ISTAT 2016) dell'intera Campania (42%).⁶

In virtù del rispetto degli standard di qualità fissati dalla L.R. 12/2005 Regione Campania,⁷ in Provincia godono del riconoscimento di interesse regionale solo 13 musei su 105 (12%), di cui solo uno scientifico (Museo "Michelangelo") contro i 14 complessivi nel territorio regionale. Cinque dei musei riconosciuti dalla L.R. 12/2005 costituiscono il Sistema Museale di Terra di Lavoro fondato nel 2009.⁸ Caso a sé è costituito dal Planetario di Caserta (tra i pochi in Italia a tecnologia digitale con platea unidirezionale) per il quale è in istruttoria il riconoscimento regionale come museo (2016) e che ha chiesto l'adesione al Sistema Museale di Terra di Lavoro sebbene non conservi (ancora) collezioni storiche.

Ma collezioni storico-scientifiche sono "nascoste" anche in musei "misti" e sfuggono a quest'analisi puramente statistica, come dimostrato nel seguito.⁹

² I planetari non compaiono nell'elenco dell'articolo 101 del Codice dei Beni Culturali.

³ ICOM (2001, articolo 2, comma b, iii); nello statuto ICOM attualmente vigente non compare più l'elenco dei luoghi identificabili come musei.

⁴ Il censimento è esito di un'indagine personale e della conoscenza diretta dei luoghi che hanno consentito di unificare i dati, altrimenti né omogenei né coerenti per datazione della notizia, per tipologia del museo e per effettiva apertura al pubblico, raccolti dal censimento ISTAT (2016), nella banca dati del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo [Beni culturali] e della Regione Campania [Musealia 2009].

⁵ Rilevazione per conoscenza diretta (gennaio 2017): Museo "Michelangelo", MuDiTeC "Olivetti", Museo "Nevio" Santa Maria Capua Vetere, Planetario di Caserta, Museo "Natura viva" Galluccio.

⁶ In Italia (ISTAT 2016) i musei naturalistici e scientifico-tecnologici sono 492 sul totale di 4158 (12%).

⁷ La L.R. 12/2005 ha recepito le linee guida dell'Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei, Decreto Ministeriale MiBACT (2001).

⁸ Al gennaio 2017 il solo museo di tipologia scientifica è il Museo "Michelangelo". Anche il Sistema Museale di Terra di Lavoro ha ottenuto, primo in Campania, il riconoscimento ex L.R. 12/2005 nel 2016.

⁹ Per aver favorito l'accesso alle collezioni, ringrazio: Museo "Michelangelo"/ITS "Buonarroti" Caserta, dirigente scolastico V. De Lucia (ed ex dirigente scolastico A. Di Pippo); NeMuSS Museo Scientifico "Nevio" Santa Maria C. Vetere, dirigente scolastico R. Bernabei (e prof.ssa L. Baldi); Reggia di Caserta MiBACT, direttore M. Felicori (e dirigente G.O. Graziano); Museo Civico "Raffaele Marrocco" Piedimonte Matese, direttore R. Martino; Archivio di Stato di Caserta MiBACT, direttore L. Grillo (e funzionari S. Vespucci, O. Foniciello, D.N. Migliore); Istituto Superiore di Scienze Religiose "San Pietro" Caserta, preside N. Lombardi (e prof. A.S. Romano); Convitto Nazionale "G. Bruno" Maddaloni, dirigente scolastico M. Pirozzi (e DSGA dott. A. D'Angelo, prof. A. Pagliaro, sig. G. Giaquinto); ISS "Terra di Lavoro" Caserta, dirigente scolastico E. Nocerino (e prof. M. Lugni); Liceo "P. Giannone" Caserta, dirigente scolastico M. Campanile (e DSGA dott. V. Russo); Liceo Istituto Salesiano "Sacro Cuore di Maria" Caserta, dirigente scolastico C. Ciferri (e prof. N. Pecoraro); Museo Dinamico della Tecnologia "A. Olivetti" Caserta, responsabile scientifico ing. M.N. Rossi.

1.1. Reggia di Caserta: “Appartamenti storici” e depositi

Oltre ai notissimi “Appartamenti storici” e allo storico parco, la Reggia di Caserta riunisce (nei depositi e nei diversi percorsi, attualmente fruibili e non) anche beni assai diversi dalle opere d’arte (da fine 1400 agli anni 1990) e di arredo: oggetti archeologici, etno-antropologici, musicali, librari, grafici, fotografici, archivistici e storico-scientifici. Questi ultimi sono quasi tutti inediti – ad eccezione dei due globi (De Nitto 1998, p. 28) e dell’aritmometro (Frizzi 1995, pp. 71-74; Palladino 2006) – perché ignorati nei volumi sulle collezioni d’arte permanenti, nei cataloghi di mostre e nelle guide che, al più, citano quelli esposti nella III sala di lettura della biblioteca.¹⁰

In attesa di pubblicare tutti i dettagli nello studio (che sto completando) sull’intera collezione (o raccolta?), nel seguito riporto l’elenco degli strumenti più interessanti:¹¹ 2 globi (celeste del 1764, terrestre del 1773) di Didier Robert de Vaudondy (Paris, 1723-1786) (De Nitto 1998, p. 28);¹² telescopio siglato “Le Prince Héréditaire des deux Sicilies”;¹³ barometro di G&G Cetti, Londra;¹⁴ orologio di Johann Michael Schmit, Wienn [sic], 1790;¹⁵ 3 orologi solari (B. Bandieri, 1818; G. Cafaro, 1851; anonimo 1805-1816) (Di Lorenzo 2016, pp. 148-153); barometro del 1816.¹⁶

1.2. Museo Civico “Raffaele Marrocco” di Piedimonte Matese

In una piccola sala del Museo (fondato nel 1913, ma più volte chiuso e riaperto) sono visibili gli strumenti dell’osservatorio meteorologico-astronomico di Piedimonte Matese (o specola di Monte Muto nel convento di Santa Maria Occorrevole) di cui è ancora sostanzialmente da ricostruire la storia, specie quella scientifica.¹⁷ Purtroppo, gli oggetti non sono schedati, non compaiono neppure sul sito web del Museo, non hanno alcun apparato didascalico che ne spieghi nome, datazione, costruttore, funzione e origine. Complessivamente vi sono 7 strumenti e diversi frammenti, tra i quali spiccano: le due meridiane a foro gnomonico (una firmata da F. Denza, 1878, l’altra anonima, 1880) (Di Lorenzo 2016, pp. 184-186); due telescopi, anonimi (1875-1900); 2 termometri, anonimi (1880-1900); un grande telescopio a montatura equatoriale firmato Steinheil & Sohne, Munchen, 1912.

¹⁰ «Accanto al caminetto, orologio viennese del 1790 e barometro inglese», in Marotta (1973, p. 43).

¹¹ In aggiunta ai quali segnalo almeno 35 modelli architettonici e tecnologici (giostre e apparati di divertimento) realizzati tra il 1750 e il 1850 circa.

¹² Nel CSABAPCEBN è anche la scheda di un mappamondo da scrivania.

¹³ Speroni (1987a) lo data 1750-1799 e lo dice firmato da John Dolland da rettificare in Dollond; la firma non è visibile in alcuna parte superstite (sopralluogo settembre 2016).

¹⁴ Speroni (1987b) lo data 1800-1849 e rileva correttamente la firma.

¹⁵ Speroni (1987c) lo attribuisce (per analisi stilistica) a Bonaventura Bandieri. Le schede del CSABAPCEBN attestano altri 27 orologi, sia tipicamente da arredo ed uso quotidiano, sia di precisione.

¹⁶ Speroni (1987d). Risultano schedati in CSABAPCEBN anche un termometro e un barometro del XIX sec.

¹⁷ Da Giugliano (1981) si apprende che fu fondata per opera di Beniamino Caso nel 1875 e fu attiva fino al 1940.

1.3. Museo “Michelangelo” di Caserta

Subordinato all’Istituto Tecnico Statale “M. Buonarroti”, è stato istituito e inaugurato nel 2004,¹⁸ riconosciuto di interesse dalla Regione Campania ex L.R. 12/2005 nel 2008; nel 2009 è stato tra i fondatori del Sistema Museale di Terra di Lavoro. La collezione è testimonianza preziosa, per omogeneità e coerenza, dell’attività di tre scuole casertane, l’una erede dell’altra: l’Istituto Provinciale Agrario (1863), poi diventato Istituto Tecnico “Garibaldi” (1883), e l’annesso Orto sperimentale, l’Istituto Tecnico Commerciale e per Geometri “Terra di Lavoro” (1914) e il “Buonarroti” (1963) (Di Lorenzo 2004, pp. 39-46).

Ci sono oggetti di primissimo rilievo tra: 72 strumenti e apparati di topografia (1870ca-1970), la parte più rilevante della collezione; 104 strumenti e apparati di fisica-chimica (1864-1970); 21 macchine di calcolo (1880ca-1990); 12 preparati animali e vegetali (superstiti rispetto ai 131 perduti di recente); 357 esemplari di rocce e minerali; 424 modelli didattico-scientifici (1920ca-1970); 40 apparati di foto, audio e video (1950-1990); 12 macchine d’ufficio (1950-1980). Tuttavia il museo racconta anche beni immateriali perché nel percorso offre diverse occasioni di sperimentazione delle metodologie di misura e delle strategie didattiche del passato, grazie al servizio educativo svolto da studenti del “Buonarroti” opportunamente preparati.

Col numero di esemplari specificati in parentesi, sono documentati i costruttori per la topografia: Spano (6), Kern (1), Galileo (12), Salmoiraghi (19), Fennel (1), BiMa (2), Brunner (2), Wild (3), Tecnitalia (2). Per i modelli: Vallardi (3), Paravia (43), Toffoli (325), altri (5). Per fisica, chimica e agraria: Paravia (13), Filippo De Palma (1), E. Zanchi (1), Pirelli (1), Pio Pion (2), Terni (7).¹⁹ Per scienze naturali: Paravia (7), Vallardi (3). Per calcolo: Coradi (1), Salmoiraghi (2), Olivetti (1), Epson (1), Aristo (3). Per multimedia: Malinverno (2), Philips (2), DuMont (1), Sony (2). Per ufficio: Olivetti (5), Everest (1), Remington (1). Il catalogo (per la sezione di topografia), le 240 schede secondo lo standard ICCD (per una parte di mineralogia e per l’intera sezione di topografia) e la guida a stampa per la visita (disponibile anche in digitale online) documentano in dettaglio la collezione che nel 2015 ha accolto circa 3300 visitatori (Di Lorenzo 2015).

1.4. Museo “Nevio” di Santa Maria Capua Vetere

Istituito a maggio 2016, è stato inaugurato il 20 gennaio 2017. Raccoglie, conserva e valorizza l’eredità storica dei “gabinetti” scientifici del Liceo “Nevio”, nato come liceo comunale “Alessio Simmaco Mazzocchi” nel 1865, intitolato nel 1879 a “Tommaso di

¹⁸ Gli spazi espositivi sono cresciuti dagli iniziali 128 mq agli attuali 750 mq aggiungendo alla sezione di topografia (2004) quelle di modelli (2005-2007), di storia della misura (2008), di mineralogia (donazione F.P. Desiderio, 2009), di storia del disegno (2010), di scienze pure (2011), del giardino delle macchine matematiche (2012) e di tecnologia, calcolo e multimedia (2014).

¹⁹ La documentazione di archivio conserva memoria di strumenti Giacomo Arditi, Giovanni Bandieri, Saverio Gargiulo, Tecnomasio (Di Lorenzo 2004).

Savoia duca di Genova”, pareggiato nel 1883 e dichiarato “regio” nel 1889.²⁰ Esso è subordinato all’Istituto di Istruzione Secondaria Superiore “E. Amaldi-C. Nevio”. La parte più rilevante è la collezione (attestata da inventari storici del 1873)²¹ di strumenti di fisica e chimica, esemplari di anatomia e di minerali e rocce (numerossissimi quelli riportati negli inventari del 1879).²² I costruttori (nell’intervallo di tempo di circa 80-90 anni dal 1870) sono: Pasquale Potenza (Napoli), Giuseppe Bandieri (Napoli), Tecnomasio (Milano), Officine Galileo (Firenze), Vallardi (Milano), G. Manuelli (Reggio Emilia), Emile Rousseau (Paris), Paravia (Torino), Fumeo, Biocraft (Chicago).

1.5. Museo Dinamico della Tecnologia “Adriano Olivetti” di Caserta

Inaugurato nel 2014, è di proprietà del Centro Studi e Alta Formazione “Maestri del lavoro d’Italia” che lo ha allestito in convenzione con la Provincia di Caserta. Espone circa 350 macchine di calcolo, di automazione da ufficio, multimedia, fotografie e libri (dal 1885 al 2000) e 12 modelli.²³ Non ha né catalogo né schedatura secondo lo standard.

2. Le collezioni e le raccolte scientifiche private e scolastiche

L’unica rilevazione delle collezioni scientifiche storiche attestata in Provincia di Caserta è “Muse@lia”, condotta dall’Università degli studi “Suor Orsola Benincasa” di Napoli dal 2002 al 2008. Il progetto, dal sottotitolo “Musei storico-scientifici del Mezzogiorno in rete”, puntò a «individuare e mettere in luce il ricco ma disperso patrimonio culturale, naturalistico e scientifico presente nelle Istituzioni museali, universitarie e scolastiche del Sud Italia» [Musealia 2009],²⁴ raccogliendo e pubblicando online dati frutto di sopralluoghi sul territorio. Furono censiti oggetti naturalistici, medico-farmaceutici, etno-antropologici, tecnico-scientifici e industriali, agrari e “altro” (testi manoscritti, a stampa e cartografici). Il progetto, pionieristico, ebbe qualche nota di criticità nell’esatta datazione degli oggetti e nel distinguere collezioni²⁵ da raccolte (cioè insiemi di oggetti accumulati ma senza selezione e poco rilevanti quali testimonianza di civiltà).

Tutte le informazioni furono raccolte solo sul sito web;²⁶ esso offre sintesi, non sempre accurate, della storia degli enti, ma è piuttosto carente nelle informazioni scientifiche, limitandosi a mettere a disposizione dati aggregati, elenchi e statistiche sugli oggetti. Sorprende negativamente che il censimento non abbia rilevato il Museo

²⁰ In attesa del catalogo e della schedatura ICCD, alla cui stesura e compilazione sto lavorando, le notizie essenziali sulla storia dell’istituzione, sulla missione e la collezione del museo sono pubblicate sul sito web [NEMUSS].

²¹ Archivio Storico Santa Maria Capua Vetere (ASCSMCV), cat. 9.5.1.

²² ASCSMCV, cat. 9.5.4.

²³ In assenza di un catalogo, le notizie sono desumibili solo dal sito web [Museo Olivetti].

²⁴ La ricerca interessò Molise, Campania, Basilicata, Puglia, Calabria, Sicilia e Sardegna, censendo 98 enti titolari di raccolte nell’intera Campania, di cui 11 in Provincia di Caserta.

²⁵ Per l’accezione museale del termine si veda (Desvallées, Mairesse 2010, p. 34).

²⁶ Non mi risulta sia mai stato pubblicato a stampa alcun contributo scientifico o divulgativo complessivo o parziale sui musei o su gli enti titolari delle collezioni e raccolte censite.

“Michelangelo” di Caserta (già aperto dal 2004) o almeno l’Istituto Tecnico “Buonarroti”.²⁷

2.1. Attestazioni storiche di collezioni di strumenti scientifici

La più antica notizia di strumenti scientifici in Terra di Lavoro risale alla fine del XVII, e riguarda la collezione dei Carafa conservata in Maddaloni, nel palazzo ducale (Di Lorenzo 2016, p. 169):

Nella Piazza, trattenuta spesso da’ Mercati, e da’ Forastieri, forma nobil proscenio il Palazzo Baronale, con più Quarti, ciascun capace per l’alloggio di Prencipe, con Galleria di Pitture, e Pezze rare, Spetieria, Museo di Manoscritti, e Libri scelti, Raccolta d’Instromenti Matematici (Pacichelli 1703, p. 147).

La notizia fu riportata da Pacichelli nel 1703 ma si riferisce ad almeno un paio di decenni più addietro rispetto alla data (postuma) di pubblicazione. Essa è l’unica notizia di ambito scientifico in tutta l’opera di Pacichelli sul Regno di Napoli, il che potrebbe essere indicativo della fama e della rilevanza raggiunte all’epoca dalla collezione. Ed è pertanto di grande interesse come testimonianza di collezionismo scientifico in ambito nobiliare. Ma quale dei duchi Carafa di Maddaloni raccolse gli oggetti di cui non si ha alcuna ulteriore notizia? Quando Pacichelli scrisse era duca (Domenico) Marzio III (1645-1703) (Antonelli 2012, p. 585), del quale sono noti gli interessi storici e letterari ma non quelli scientifici (Aldimari 1691, p. 225). Più probabilmente, gli strumenti potrebbero essere stati acquistati da suo padre Diomede V (1611-1660) di cui De Sivo, leggendo un manoscritto del notaio Antonio Fortunato del 1777, evidenzia che egli «si intendesse di fisica e meccanica» (De Sivo 1860-1865, p. 228). Le conoscenze scientifiche (alchemiche?) del duca Diomede, personaggio bizzarro e singolare, sarebbero attestate anche dall’episodio dell’esplosione (con scoppio ritardato) che il duca avrebbe causato al vascello che recava le carte del suo processo in Spagna (De Sivo 1860-1865, p. 228).

Strumenti scientifici, probabilmente di fine 1800-primi 1900, selezionati per scopi didattici, furono quelli (purtroppo dispersi) del Seminario Vescovile di Caserta, così descritti in un documento d’archivio:

Gabinetti scientifici. Gabinetto di Fisica (breve descrizione degli apparecchi): Residui di una macchina pneumatica. Di essa vi esiste il piano di legno appoggiato a tre impiedi di ferro e sul quale si trovano fissati la pompa aspirante premente mossa da manovella ed il tubo fino alla campana della quale non è restato che il solo piatto. Esiste pure una macchina elettrica per strofinio composta da un disco girevole,

²⁷ Il censimento rilevò: Convitto Nazionale “Bruno” (Maddaloni); Fondazione “Villaggio dei Ragazzi” (Maddaloni), Istituto “Gaglione” (Marcianise), Istituto Salesiano “Sacro Cuore di Maria” (Caserta), Istituto Tecnico “Coppola” (Piedimonte Matese), Liceo Classico “Nifo” (Sessa Aurunca), Liceo Classico “Nevio” (Santa Maria Capua Vetere), Liceo Classico “Giannone” (Caserta), Liceo Ginnasio “Cirillo” (Aversa), Liceo Statale “Pizzi” (Capua), Scuola Media “Settembrini” (Maddaloni).

mediante un apparecchio di due ruote accingiate e bracci isolatori. Il tutto su di un piano di legno. Piccola bilancia a due coppe; un piano inclinato con relativo quadrante misurante l'inclinazione; una calamita; diversi oggetti di vetro per le teorie dei vasi comunicanti; un apparato trasmettitore, telegrafo Mors [sic], pompa aspirante e fremente, una bottiglia di Leida, un prisma triangolare per la rarefazione della luce, un disco girevole per la composizione della luce. Un apparecchio mosso da manovella indicante il movimento della terra, luna, marte, Venere intorno al Sole. Un disco di resina, un termometro e una bussola. Il tutto in mediocre stato di uso.²⁸

2.2. Collezioni scolastiche “Bruno”, “Giannone”, “Sacro Cuore di Maria”, “Terra di Lavoro”

Una prima ricognizione in altre scuole casertane ha restituito elementi di grande interesse sia per numero sia per rilevanza rispetto a quelli dell'indagine Muse@lia.²⁹ Il Liceo “G. Bruno” di Maddaloni (nato nel 1807) ha strumenti, modelli e preparati naturali dagli anni 1880.³⁰ Il Liceo “Giannone” di Caserta (nato nel 1866) ha strumenti e preparati naturali dai primi del 1900.³¹ Il Liceo Salesiano “Sacro Cuore di Maria” (fondato nel 1897) sta raccogliendo strumenti (fisica e chimica) e apparati (radio, trasmissioni, multimedia, calcolo) anche da altri istituti scolastici salesiani del Meridione con datazione dai primi del 1800 agli anni 1980. L'ISISS “Terra di Lavoro” è l'altro erede della memoria dell'Istituto Tecnico “Garibaldi”: ma piuttosto che gli strumenti conservati di fisica e chimica, gli esemplari merceologici e gli apparati tecnologico-multimediali (databili 1900-1960), sono molto più rilevanti l'archivio storico e la ricca biblioteca.

Bibliografia

- Aldimari B. (1691). *Historia genealogica della famiglia Carafa. Libro secondo*. Napoli: Bulifon.
- Antonelli A. (a cura di) (2012). *Cerimoniale del vicereame spagnolo e austriaco di Napoli*. Soveria Mannelli: Rubbettino.
- Barrella N., Solima L. (2011). *Musei da svelare*. Napoli: Luciano.
- Della Valle Pauciullo G. (2005). *L'istruzione a Napoli e nel Mezzogiorno d'Italia negli ultimi duecento anni*. Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.
- De Nitto G. (1998). *La reggia di Caserta*. Firenze: Bonechi.

²⁸ Archivio Storico della Diocesi di Caserta, Stato patrimoniale del Seminario, 20 dicembre 1929, I.06.01.01, b. 3, fs. 36, sezione seconda, capo II. Ringrazio il prof. Antonio Salvatore Romano per la segnalazione del documento trascritto in Falcone (2014, pp. 66-67).

²⁹ Le date di fondazione delle scuole sono desunte da Della Valle Pauciullo (2005, pp. 295-301).

³⁰ Si segnala almeno l'elenco dei costruttori/ditte: G. Caputo, Eduardo Mandica, Liborio Salomi Lecce, Officine Galileo, Vallardi, Paravia, S. Brogi Siena, Allamano Gastaldi, Allocchio Bacchini, Lenoir & Forster Wien, AEG, Leybold, Hippe, Richard Freres, Max Kohl Chemnitz, Arthur Pfeiffer Wetzlar am Lahn.

³¹ Si devono ai costruttori/ditte: Officine Galileo, F. Koristka, Paravia, Antonio Tarquini, Erminio Bertoli, Olivetti.

- Desvallées A., Mairesse F. (a cura di) (2010). *Concetti chiave di museologia*. Paris: Armand Colin.
- De' Sivo G. (1860-1865). *Storia di Galatia campana e di Maddaloni*. Napoli: [s.n.t.].
- Di Lorenzo P. (2004). *I documenti di archivio*, in Di Lorenzo P., Iacono M.R. (a cura di), *Il Museo Michelangelo: gli strumenti e i modelli per la topografia. Tradizione, innovazione, didattica. Catalogo del Museo*. Caserta: Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio, per il Patrimonio Storico Artistico e Demotnoantropologico per le Province di Caserta e Benevento.
- Di Lorenzo P. (2015). *Guida al Museo Michelangelo di Caserta: percorsi di visita nella storia della scienza, della tecnologia e della didattica*. San Felice a Cancellò: Melagrana.
- Di Lorenzo P. (2016a). "Meridiane ed orologi storici in Terra di Lavoro: stato degli studi ed inediti". *Rivista di Terra di Lavoro*, XI (1), pp. 133-191.
- Di Lorenzo P. (2017). *Scientists, makers, and instruments between teaching and research experiences in Science: Caserta and South Italy around 1861-1920s*, in Esposito S. (a cura di), *Atti del XXXVI Convegno annuale della SISFA* (Napoli 4-7 ottobre 2016). Pavia: Pavia University Press.
- Falcone L. (2014). *La biblioteca del Seminario di Caserta dalle origini ai primi anni del XX secolo. Dati bibliografici e dati d'archivio* (Tesi di Master di I livello in Biblioteconomia e archivistica ecclesiastica). Pontificia Facoltà Teologica dell'Italia Meridionale, Istituto Superiore di Scienze Religiose "San Pietro", Caserta.
- Frizzi V. (1995). *Sala XII. Vita a corte, in Caserta e la sua reggia. Il museo dell'opera e del territorio*. Napoli: Electa.
- Giugliano G. (1981). *L'Osservatorio di Monte Muto*, in *Almanacco del Medio Volturno*. Piedimonte Matese: Associazione Storica del Medio Volturno.
- ICOM (2001). *Statutes. 18th General Assembly* [online]. URL: <archives.icom.museum/hist_def_eng.html > [data di accesso: 30/04/2017].
- ISTAT (2011). *Censimento della popolazione e delle abitazioni 2011*. Roma: ISTAT.
- ISTAT (2016). *Censimento. I Musei, le aree archeologiche e i monumenti in Italia. Report e tavole*. Roma: ISTAT.
- Marotta A. (1973). *La Reggia e le Fontane di Caserta*. Caserta: Ente Provinciale per il Turismo di Caserta.
- Pacichelli G.B. (1703). *Il Regno di Napoli in prospettiva*. Napoli: Mutio.
- Palladino N. (2006). "L'aritmometro donato da Thomas de Colmar a Ferdinando II di Borbone (Re delle Due Sicilie) conservato alla Reggia di Caserta". *Rendiconto dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche*, 73, pp. 457-479.
- Speroni F. (1987a). *Scheda di catalogo OA 1500051891*, in *Catalogo della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per le province di Caserta e Benevento*. Caserta: Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo.
- Speroni F. (1987b). *Scheda di catalogo OA 1500051840*, in *Catalogo della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per le province di Caserta e Benevento*. Caserta: Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo.

- Speroni F. (1987c). *Scheda di catalogo OA 1500051847*, in *Catalogo della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per le province di Caserta e Benevento*. Caserta: Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo.
- Speroni F. (1987d). *Scheda di catalogo OA 1500051883*, in *Catalogo della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per le province di Caserta e Benevento*. Caserta: Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo.

Sitografia

[Beni culturali]. URL: <www.beniculturali.it> [data di accesso: 30/04/2017].

[Musealia 2009]. URL: <www.unisob.na.it/musealia> [data di accesso: 30/04/2017].

[Museo Olivetti]. URL: <museocasertaolivetti.altervista.org> [data di accesso: 30/04/2017].

[NEMUSS]. URL: <www.nemuss.altervista.org> [data di accesso: 30/04/2017].

The Physics Cabinet of the Liceo “Cuoco-Campanella” in Naples: a school-work project

Laura Franchini - A.I.F. & Associazione Amici di Città della Scienza, Naples - franchinila@libero.it

Maria Moretti - Liceo Statale “Cuoco-Campanella”, Naples - mariamoretti@libero.it

Abstract: The subject of this work is the Physics Cabinet of the high school “Cuoco-Campanella” in Naples, a school that was founded in 1926 in the historic center of the town, as a branch of mathematics and engineering at the Technical Institute for surveyors “Giovanni Battista della Porta”. The Cabinet, set up for Physics experiments, had initially a XIX century style, as pointed out by some pieces dated back to 1870, and later evolved according to modern standards, as shown by the equipment used for the measurement of specific charge of the electron. We here describe just a limited number of instruments, chosen from those best preserved and significant for teaching, in order to give an idea of the original setting of the Cabinet. Our school-work plans are as follows: set up a workshop for the recovery of the instruments; publish a catalog that could be shared online too; set up a permanent exhibition of instruments; re-open the Physics Cabinet for educational purposes by using again antique instruments with more modern ones, and comparing them with those offered by the current technology. These activities will be part of school-work project (*progetto di alternanza scuola-lavoro*) born with the aim to build up the know-how of a restorer of a scientific collection.

Keywords: Physics Cabinet, know-how of a restorer.

1. Introduzione

Il progetto proposto riguarda una proposta di alternanza scuola-lavoro nell’ambito del recupero e valorizzazione del patrimonio scientifico conservato nel Liceo “Cuoco Campanella” di Napoli, e si prefigge come scopo finale, oltre alla formazione in uscita degli studenti, la realizzazione di un museo nel quale esporre i materiali didattici recuperati e restaurati per un pubblico più ampio dei soli addetti ai lavori.

2. Il progetto di alternanza

In questo paragrafo s’illustrano, per somme linee, le caratteristiche principali della pro-

posta del MIUR, relativa alla legge 107/2015 sull'alternanza scuola-lavoro. È noto che, dall'anno scolastico 2015-2016, in accordo con le direttive europee, i licei devono offrire agli studenti percorsi formativi finalizzati all'acquisizione di abilità e competenze tali da favorire il loro passaggio dalla scuola al mondo del lavoro, secondo cinque indicazioni metodologiche: attuare modalità di apprendimento flessibili tali da collegare la formazione in aula con l'esperienza lavorativa; arricchire la formazione, acquisita nei percorsi scolastici, con l'elaborazione di competenze spendibili nel mercato del lavoro; favorire l'orientamento/autorientamento dei giovani per valorizzarne le vocazioni personali, gli interessi e gli stili di apprendimento individuali; realizzare un organico collegamento tra scuola e università e mondo del lavoro; correlare l'offerta formativa allo sviluppo culturale, sociale ed economico del territorio.

I destinatari del progetto triennale saranno gli studenti di una classe terza, individuati dopo un'accurata analisi dei bisogni da parte del Consiglio di Classe.¹

Gli obiettivi generali del progetto sono, in prima istanza, allestire un'area espositiva con una selezione iniziale di strumenti didattici, e poi realizzare un Gabinetto di Fisica costituito dal Museo Storico Scientifico, dal Laboratorio Didattico e dall'Officina Permanente. Intanto sarà avviata una catalogazione degli strumenti d'interesse storico da condividere nel catalogo online del patrimonio museale storico degli strumenti scientifici delle scuole napoletane.

Nella fase iniziale sarà sviluppata una ricerca sistematica di bibliografie riguardanti gli strumenti scientifici del fondo storico della scuola e gli esperimenti storici più significativi per la didattica della Fisica. A lungo termine s'intende realizzare un'officina permanente per il recupero e la manutenzione degli strumenti e la realizzazione di *exhibit* per uso didattico e/o divulgativo.

Il lavoro mira a rendere lo studente protagonista della messa in opera del suo laboratorio di fisica, e a rinforzare il suo legame con il territorio attraverso la ricostruzione storica della scuola e del suo laboratorio. Inoltre, sviluppando una ricerca sull'evoluzione tecnologica degli strumenti e degli esperimenti che si possono eseguire con essi, si raggiungerà l'ulteriore obiettivo di motivare gli allievi alla ricerca scientifica.

3. Le strategie didattiche per la formazione del curatore di collezioni scientifiche

In questo paragrafo saranno illustrate le strategie didattiche individuate. A partire dallo strumento storico come stimolo per lo studio di argomenti curricolari, verranno proposte attività mirate: alla manipolazione per potenziare il ciclo di apprendimento di tipo PEC (vedo-provo-faccio-interpreto-descrivo); a esperienze dimostrative di principi fisici con gli strumenti recuperati per imparare a comunicare in modo efficace; alla progettazione ed eventualmente riproduzione di modelli di strumenti con materiale povero. Il progetto mira anche alla formazione di una nuova figura professionale, ovvero il curatore di collezioni scientifiche, che alla fine del percorso dovrebbe avere acquisito competenze

¹ Il progetto, programmato per il corrente anno scolastico, è stato rinviato al prossimo anno per motivi di messa in sicurezza del laboratorio di Fisica.

nel: costituire una collezione scientifica dopo aver inventariato, descritto e selezionato gli strumenti; realizzare materiali divulgativi fruibili sia dal grande pubblico che da esperti, tra cui il catalogo cartaceo e digitale, da mettere eventualmente in rete, e i pannelli espositivi con cui descrivere gli strumenti esposti; preparare schede didattiche per rifare gli esperimenti ed eventualmente proporre esperimenti dimostrativi volti anche alla divulgazione. La formazione del curatore di collezioni scientifiche sarà articolata in tre anni e prevedrà l'acquisizione di specifiche competenze alla fine di ciascun anno. Alla fine del primo anno le competenze acquisite saranno: sapere identificare e documentare con foto gli strumenti; impostare un inventario; utilizzare le tecniche basilari per il recupero della strumentazione, cioè la ripulitura e la ricostruzione; selezionare gli strumenti adatti per una mostra. Alla fine del secondo anno esse saranno: sapere selezionare e organizzare il materiale da riunire in un catalogo scientifico, cartaceo e digitale; gestire una banca dati; condividere il catalogo in rete. E alla fine del percorso le competenze acquisite saranno: saper descrivere il funzionamento degli strumenti riferendosi alla teoria fisica su cui si basa e agli esperimenti per i quali si utilizzano; realizzare pannelli espositivi *ad hoc*; implementare eventuali esperimenti dimostrativi; realizzare modelli di strumenti con materiale povero; documentare le attività con prodotti multimediali, foto e filmati.

4. Il Liceo “Cuoco” e la sua collezione scientifica

La collezione è conservata nel primo liceo scientifico di Napoli, che, come risulta da una ricerca presso la Biblioteca Nazionale di Napoli, fu istituito il 9 settembre del 1923 all'indomani della riforma Gentile. Questo si evince dalle fonti, ovvero una copia della Guida Stellacci del 1928, in cui è riportato (Stellacci 1928) che il liceo, inizialmente dedicato a Luigi Vanvitelli, nasce come sezione distaccata fisico-matematica dell'Istituto Tecnico “Giovan Battista della Porta”. Nella versione del 1932 della stessa guida (Stellacci 1932), si apprende che il liceo viene rinominato semplicemente Liceo Scientifico. Infine in un terzo documento, ovvero una guida di Napoli del 1941 (Giannini 1941), è riportata la denominazione della scuola come Liceo Scientifico “Vincenzo Cuoco”.



Fig. 1. Panoramica di un esempio di scaffale

Al momento gli strumenti e tutti i materiali sono conservati in appositi armadi della metà del XIX secolo, riverniciati di bianco, e ogni scaffale rappresenta una vera e propria manna, come possiamo vedere nella fotografia riportata in Figura 1.

Un'utile fonte per una prima documentazione è costituita dal catalogo storico, dal quale abbiamo rintracciato le prime notizie sugli strumenti scelti. Molto utili sono anche le schede didattiche raccolte in un "vecchio" schedario e i manuali d'uso perfettamente conservati.

5. Una prima selezione di strumenti

Di seguito illustriamo solo alcuni strumenti della selezione iniziale; si tratta di dieci strumenti scelti come rappresentativi sia sul piano storico che didattico, databili dal 1857 al 1929.

Bilancia a bracci uguali (1857). In una collezione di strumenti di fisica non può mancare la bilancia, lo strumento di misura cruciale per tutti gli esperimenti di Fisica e Chimica.

Apparato di Frick per lo studio del cuneo. Questo strumento s'inserisce bene in un percorso didattico sullo studio dell'equilibrio delle forze, e inoltre è uno dei più celebri esempi di leva di primo genere. L'apparecchio è costituito da una base di legno sulla quale è imperniato orizzontalmente un rullo. A un supporto fissato perpendicolarmente a un'estremità della base, è incernierata orizzontalmente una tavoletta mobile, cui è imperniato inferiormente un secondo rullo, uguale al primo. Nella parte superiore della tavoletta è presente un piatto di ottone (mancante) su cui si poggiano i pesi. Fra i due rulli è posto il cuneo che, tramite una funicella che scorre nella carrucola fissata sulla base, viene tirato da un peso libero di muoversi verso il basso. Variando questo peso e quello appoggiato sul piatto si può studiare la forza di penetrazione dei cunei (mancanti). Con cunei di angolatura diversa si dimostra che al diminuire del rapporto tra l'angolo del cuneo e la sua lunghezza aumenta il potere di penetrazione del cuneo: è il principio di funzionamento di tutti i punteruoli, scalpelli e accette.



Fig. 2. Apparato di Frick per lo studio del cuneo

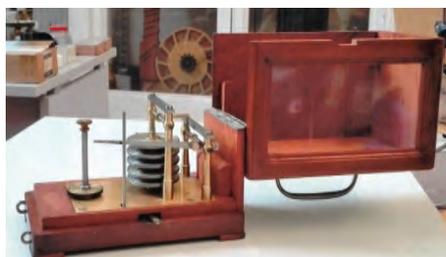


Fig. 3. Barografo aneroide

Barografo aneroide (Richard-Frères, Paris, 1929). Questo modello di barometro registratore su carta a nero di fumo, brevettato nel 1880 da Jules Nicolas Richard, era già stato presentato all'esposizione universale di Parigi del 1878. In seguito, nel 1891, nacque la società Richard-Frères, dei fratelli Jules e Felix. L'apparecchio, racchiuso in una scatola di legno con una finestra di vetro, è costituito da cinque camere metalliche a vuoto di forma lenticolare sovrapposte in modo che le loro deformazioni, dovute alle variazioni della pressione, siano amplificate. I movimenti prodotti da tali deformazioni sono trasmessi, per mezzo di un sistema di leve, a un indice dotato di pennino di forma piramidale che lascia una traccia su un foglio di carta (mancante nella foto di Figura 3) avvolto attorno a un tamburo messo in rotazione da un sistema a orologeria, che gli fa compiere un giro completo in una settimana. La carta è rigata orizzontalmente e verticalmente: sull'asse orizzontale si misura il tempo espresso in ore, su quello verticale la pressione espressa in millimetri di mercurio. Questo tipo di barometro è adatto per misure di tipo meteorologico; infatti, la sensibilità è dell'ordine di 2-5 mm di spostamento della pennina per 1 millibar di variazione della pressione atmosferica, dunque si trovava spesso tra gli strumenti per la navigazione. Lo studio del funzionamento di questo strumento porta notevoli arricchimenti in diversi ambiti della fisica. Certamente in un percorso di meccanica dei fluidi permette di ricostruire la storia della misura della pressione atmosferica. Inoltre, lo studio del sistema di registrazione a orologeria offre gli elementi per comprendere altri strumenti di registrazione importanti per la scienza, come ad esempio sismografi e strumenti della medicina.

Set di prismi. I prismi di cristallo sono fissati su montanti di ottone. È ben noto che con un prisma è possibile realizzare diverse esperienze di ottica, tra cui il famoso esperimento di Newton sulla dispersione della luce, che mette in evidenza che la luce bianca è composta dalla sovrapposizione di diverse frequenze, quelle dei colori fondamentali.

Lampada per proiezione. Su di una base circolare di legno è montato un arco voltaico (su un supporto in ottone) realizzato con due carboni (elettrodi) e un meccanismo a orologeria. Quest'ultimo permette il cosiddetto "adescamento" dell'arco, che si ottiene portando a contatto i due elettrodi (carboni) e poi separandoli quando sono attraversati da

una corrente sufficientemente intensa. Nel punto in cui si ha l'interruzione del contatto tra i due elettrodi, il riscaldamento crea l'arrovamento dell'elettrodo negativo (catodo) con conseguente bagliore. Il fenomeno avviene davanti al fuoco di uno specchio parabolico di ottone. Con questo tipo di lampada, dunque, si produce una sorgente luminosa puntiforme che può raggiungere una brillantezza dello stesso ordine di grandezza della luce solare. Per questo motivo, oltre che per la sua economicità, la lampada ad arco è stata usata fino agli anni 1950 per le proiezioni cinematografiche. Il funzionamento della lampada ad arco è facilmente collegabile allo studio della ionizzazione dei gas.

Elettrometro a campo ausiliario di Bohnenberger. Il tradizionale elettroscopio a foglie d'oro è qui riproposto con un'originale modifica che permette di individuare anche il segno della carica elettrica misurata. La fogliolina d'oro, fissata a un'asticella verticale di ottone avvitata al soffitto della scatola di vetro che racchiude l'apparecchio, è sospesa tra i poli di due pile tipo Zamboni² contenute in custodie di vetro cilindriche e sostenute da treppiedi di ottone. I poli superiori delle pile sono collegati a pomelli di ottone superiormente e lateralmente con due piastrine verticali poste l'una di fronte all'altra. Ai pomelli sono attaccati sostegni metallici per pendolini elettrici, che evidenziano lo stato di carica delle pile. La fogliolina elettrizzata è dunque immersa nel campo elettrico tra le piastrine e si piegherà verso uno o l'altro degli elettrodi secondo il segno della carica che essa porta.

Galvanometro Allocchio-Bacchini. Si tratta di un galvanometro a bobina mobile immersa in un campo magnetico permanente di un magnete naturale. Molto utile per esperimenti dimostrativi dalla cattedra, grazie alle sue scale grandi e ben visibili da lontano.



Fig. 4. Elettrometro a campo ausiliario di Bohnenberger

² Modello di pila a secco costituito da fogli alternati di carta argentata e dorata realizzato nel 1812 dal fisico italiano Giuseppe Zamboni (Verona, 1776-1846).



Fig. 5. Galvanometro Allocchio-Bacchini

Elettrocalamita su base di ghisa. Due avvolgimenti di filo di rame intorno a rocchetti di legno, collegati in serie, sono montati verticalmente, l'uno accanto all'altro, grazie a un sostegno di legno che è poggiato sui treppiedi. Il nucleo di ferro a U attraversa i rocchetti. Un'ancora di ferro dolce poggia sul sostegno chiude il circuito. Quando la corrente elettrica attraversa i due serrafili alla base dell'apparecchio, il nucleo di ferro si magnetizza. Questo strumento, emblematico dei meccanismi di produzione di un campo magnetico grazie a una corrente elettrica, può essere protagonista di molte esperienze dimostrative sulle interazioni tra campi elettrici e magnetici.



Fig. 6. Elettrocalamita su base di ghisa

Modello operativo e dimostrativo di alternatore elettrico (Officine Galileo, 1931). Sopra un anello di ferro di Svezia sono avvolte, in cinque strati di filo di 3 mm, dodici matasse uguali, che si possono collegare fra loro in tre modi differenti, manovrando due ganci d'interruzione sull'anello e quattro spine fissate sulla tavola di base. Nel primo collegamento (monofase), le dodici matasse sono in serie e la presa di corrente si fa in due punti diametralmente opposti. Nel secondo collegamento (bifase), le dodici matasse

costituiscono quattro sezioni di tre elementi in serie; ulteriormente unite in serie – la prima con la terza, la seconda con la quarta – dando luogo a un sistema bifase. Nel terzo collegamento, le dodici matasse sono ancora unite in serie, con presa di corrente da tre punti a 120° (sistema trifase a triangolo). L'anello è fissato verticalmente su di un basamento di ottone che sostiene pure il sistema induttore costituito da un'elettrocalamita girevole nel piano dell'anello ed eccitata con una batteria di accumulatori (8 V) o con una presa di corrente continua con un'intensità massima di 5 A. Il pesante volano (Figura 7) serve a produrre un moto di rotazione uniforme dell'elettrocalamita. Poi, per mezzo di un tasto, si chiude il circuito, e s'attiva l'elettrocalamita dopo aver raggiunto una certa velocità. È di fondamentale importanza la conoscenza di questo strumento per illustrare il meccanismo di produzione della corrente elettrica mediante induzione elettromagnetica.³



Fig. 7. Modello operativo e dimostrativo di alternatore elettrico

Apparecchio per l'esperimento di Hertz-Righi. In Figura 8 è riportato il modello di risuonatore di Hertz-Righi ritrovato nel nostro laboratorio, il cui funzionamento è descritto alla pagina web del Museo Storico della Fondazione “Guglielmo Marconi” consultabile online.⁴



Fig. 8. Apparecchio per l'esperimento di Hertz-Righi

³ Vedi, ad esempio, [Anello di Pacinotti].

⁴ Vedi [Radio Marconi].

Bibliografia

- Giannini F. (1941). *Guida della città di Napoli*. Napoli: [s.n.t].
- MIUR (2015). *Guida operativa per la scuola del MIUR (legge 107/2015): Attività di alternanza scuola lavoro*.
- Stellacci G. (1928). *Guida Generale Stellacci di Napoli e Provincia*. Napoli: Società Anonima Guide.
- Stellacci G. (1932). *Guida Generale Stellacci di Napoli e Provincia*. Napoli: Società Anonima Guide.

Sitografia

- [Anello di Pacinotti]. URL: <http://spazioinwind.libero.it/gabinetto_di_fisica/elmag/generatori.htm#macpacinotti> [data di accesso: 30/04/2017].
- [Radio Marconi]. URL: <http://www.radiomarconi.com/marconi/crono_radio/> [data di accesso: 30/04/2017].

The old scientific instruments of Liceo “Tasso” in Salerno

Rachele Lanzillotti - Liceo Classico “Torquato Tasso”, Salerno -
rachele.lanzillotti@istruzione.it

Abstract: The Liceo Classico “Torquato Tasso” in Salerno owns a laboratory with scientific instruments belonging to the period between 1930 and 1970. The state of conservation is optimal and it deserves a major visibility. Through these instruments, students have the opportunity to improve their skills and learn more about the evolution of scientific instruments.

1. Note storiche e progetti per il futuro

L’epoca della fondazione del Liceo Classico “Torquato Tasso” risale al 1811 ospitato, con annesso convitto, nel soppresso Convento della Maddalena. Con l’inizio dell’anno scolastico 1933-1934 il Liceo si trasferì presso una nuova struttura (Figura 1), l’attuale sede del Liceo.

È stato ereditato un ricco patrimonio di reperti storici che sarà oggetto di un programma di valorizzazione.

Preziose sono le informazioni ricavate dalle pagine degli annuari storici conservati; in quello datato 1935-1936 (Figura 2) si legge:

La Scuola è un tempio; e si allude a ciò che tutti sappiamo, al carattere quasi divino del *tramandare* alle giovani generazioni quanto è degno di esser conservato di ciò che fu nel passato conosciuto, esplorato, creduto e fatto; si allude insomma alla spiritualità della Scuola.



Figg. 1-2. Il Liceo negli anni 1933-1934. *Annuario* 1935-1936



Figg. 3-4. Il gabinetto di Fisica. Pompa pneumatica ad aria

È stato ripreso l’obiettivo dell’epoca cercando di recuperare le vestigia del passato. Notevole è la raccolta di antichi strumenti destinati alla didattica della fisica, di cui si sta attuando un programma di valorizzazione sia per la memoria storica sia per un utilizzo nella didattica. Attraverso lo studio della strumentazione antica si intende condurre gli alunni a delle riflessioni sulla evoluzione del pensiero scientifico, sul rapporto tra scienza, uomo e ambiente. Si tenderà a una sensibilizzazione riguardante la conservazione del patrimonio storico, con approfondimenti di natura prettamente scientifica. Si eseguiranno considerazioni sui cambiamenti nella didattica dello sperimentare a scuola: si presenteranno in parallelo strumentazioni antiche e altre di manifattura più recente in modo da rilevare differenze nei materiali e nella costruzione in genere, si farà notare come si è passati da una didattica in cui nella fase sperimentale l’alunno era solo osservatore del docente a quella odierna in cui è protagonista. Si prevede, inoltre, una fase di catalogazione in cui gli alunni saranno coinvolti in prima persona come attività di alternanza scuola lavoro: “Records Management”.

2. Strumentazione

Nella foto del gabinetto di Fisica nell’*Annuario* 1935-1936 (Figura 3) si nota il gran numero di strumentazione presente in quegli anni; purtroppo non tutto è stato recuperato perché il Liceo durante la seconda guerra mondiale è stato occupato da truppe americane. Probabilmente risalente a quell’epoca, è la pompa pneumatica ad aria della Figura 4.

Il registro di catalogazione più antico di cui siamo in possesso risale al 1952.

Di ogni apparato sperimentale sono catalogati pezzi singoli, espressione della didattica caratteristica dell’epoca, in cui era quasi esclusivamente il docente a manipolare e a sperimentare, non essendosi ancora affermato il metodo costruttivo.

Gli strumenti antichi custoditi sono di ottima manifattura e di materiali pregiati (legno, ottone, rame).

La strumentazione, conservata in buono stato, è di notevole entità. Si possono ammirare i seguenti strumenti.



Figg. 5-6. Macchina di Wimshurst. Condensatore di Epino

2.1. Macchina di Wimshurst

Descrizione: È caratterizzata da due dischi (di cui uno purtroppo è lesionato) montati in verticale che ruotano in direzione opposta, due condensatori, spazzole metalliche, due sfere metalliche per la scarica. Produce scariche elettriche di una lunghezza variabile. Le prime macchine elettrostatiche avevano la tendenza di invertire senza alcun preavviso la polarità. La macchina di Wimshurst fu invece la prima a non avere questo difetto.

Funzionamento: Si fanno ruotare due dischi di materiale isolante in senso opposto. Sulle parti esterne dei dischi sono incollati dei settori metallici che vengono strofinati su spazzole dai crini metallici che si caricano. Tale carica viene impiegata per polarizzare le armature dei condensatori (bottiglia di Leida). Quando questi ultimi hanno accumulato una quantità sufficiente di carica elettrica, l'elevata differenza di potenziale tra i poli della macchina fa scoccare una scintilla. La macchina non ha bisogno di alimentatori elettrici per creare la carica iniziale. Ha invece bisogno di lavoro meccanico per far girare i dischi. Quando produce scintille di notevole lunghezza (dell'ordine dei 10-15 cm) diviene un debole emettitore di raggi X.

2.2. Condensatore di Epino

Descrizione: Il dispositivo è costituito da due dischi di ottone disposti parallelamente tra loro e sostenuti, tramite un raccordo anch'esso in ottone, da due colonne di vetro fissate su un supporto di legno scorrevole in una guida di cui è dotata la base di appoggio. Le estremità superiori delle colonne terminano con due ganci in ottone ciascuno dei quali è atto a sorreggere un pendolo elettrico. Fra i due dischi si trova una lastra di vetro, che funge da isolante, sorretta da una colonna fissata alla tavoletta che sostiene il dispositivo.

Funzionamento: Per mettere in funzione il dispositivo si pongono a contatto i due dischi con il dielettrico e si collegano rispettivamente, uno con una macchina

elettrostatica e l'altro a terra. In tal modo si vengono ad accumulare, sulle facce interne dei dischi, cariche di segno opposto a quelle sulle facce esterne. Nel momento in cui si tolgono i collegamenti il disco collegato a terra si carica negativamente sulla faccia interna e diventa neutro sulla faccia esterna; invece il disco che era collegato alla macchina risulta elettrizzato positivamente su entrambe le facce in modo non uniforme. Lo stato elettrico dei dischi si può evidenziare tramite la divergenza o meno dei due pendoli.



Fig. 7. Campanelli elettrostatici

2.3. Campanello elettrostatico

Funzionamento: Collegando a terra il campanello centrale e gli altri due a un conduttore di una macchina elettrostatica, i pendolini con le sferette sono alternativamente attratti e poi respinti dai due campanelli laterali e da quello centrale a causa delle forze elettrostatiche, dando origine a un vivace scampanello.

2.4. Pile di Volta

Funzionamento: È dovuto alle reazioni chimiche che avvengono tra gli elettrodi di rame e di zinco e la soluzione di acido solforico.



Fig. 8. Sinistra: pila di Volta a colonna. Destra: pile di Volta a tre e a quattro tazze



Figg. 9-10. Apparecchio per l'esperienza di Oersted. Elettrocalamita

2.5. Apparecchio per l'esperienza di Oersted

Descrizione: Su un telaio di legno sono fissate delle barrette metalliche. Uniti alle barrette vi sono tre aghi magnetici. Le estremità delle barrette sono provviste di serratili che permettono di collegare l'apparato a un generatore.

Funzionamento: È possibile ripetere l'esperienza compiuta nel 1820 dal fisico svedese Hans Christian Oersted grazie alla quale si scoprì che un filo elettrico percorso da corrente deviava un ago magnetizzato. Per la prima volta era dimostrata l'interazione tra fenomeni elettrici e magnetici, segnando, di fatto, la nascita dell'elettromagnetismo.

2.6. Elettrocalamita

Descrizione: Due avvolgimenti di filo di rame (ricoperto di tessuto verde) sono eseguiti su piccoli rocchetti di legno. Essi sono disposti in serie verticalmente, l'uno accanto all'altro, su un sostegno di legno. Un nucleo di ferro passa dentro i rocchetti e li collega superiormente.

Funzionamento: Al passaggio di corrente il nucleo di ferro si magnetizza. La magnetizzazione del ferro s'interrompe quando si apre il circuito elettrico.

2.7. Spirale di Roget

Descrizione: È costituita da un solenoide elastico di filo di alluminio sospeso verticalmente a un supporto metallico fissato ad una base di legno. All'estremità inferiore del solenoide vi è una massa sferica con una punta, a contatto con mercurio contenuto in una vaschetta.

Funzionamento: Quando si fa circolare corrente, le spire del solenoide si attraggono, il solenoide si accorcia e la punta esce dal mercurio, interrompendo la corrente. Una volta cessata l'attrazione fra le spire, la punta si immerge di nuovo nel mercurio e ristabilisce il contatto. Ne consegue un'oscillazione verticale.



Figg. 11-12. Spirale di Roget. Pendolo di Waltenhofen

2.8. Pendolo di Waltenhofen

Descrizione: Su una base di legno sono fissate una elettrocalamita, collegata a due serrafili, e una struttura di sostegno alla quale può venire incernierata, tramite un sistema bifilare, o una lastra di rame piena o una fessurata a pettine.

Funzionamento: Se viene fatta oscillare tra i poli dell'elettrocalamita la lamina piena si osserva che, quando si eccita l'elettrocalamita, le oscillazioni si smorzano bruscamente. Tali oscillazioni continuano, invece, se si effettua l'esperienza con la lastra intagliata. Il fenomeno si spiega osservando che nel conduttore massiccio di rame, posto in movimento in un campo magnetico, si formano delle correnti indotte, dette di Foucault o parassite, che, per la legge di Lenz, tendono ad opporsi al movimento che le genera e quindi frenano il conduttore. Nel caso della lastra intagliata le correnti di Foucault sono trascurabili perché la segmentatura impedisce la formazione di correnti intense.



Figg. 13-14. Rocchetto di Ruhmkorff. Tubo di Crookes

2.9. Rocchetto di Ruhmkorff

Descrizione: Esso è posto su una base di legno ed è costituito da un'anima cilindrica di ferro dolce sul quale è avvolto un filo grosso, le cui estremità sono connesse ai poli di una pila che fa parte dell'apparato. Questo avvolgimento è detto primario. Attorno a

esso c'è un secondo avvolgimento, detto secondario, costituito da molti giri di un filo sottile i cui estremi sono collegati, mediante serratili, ai cosiddetti poli del rocchetto. Dalla parte opposta a questi serratili, si trova un interruttore.

Funzionamento: Utilizza il fenomeno dell'induzione elettromagnetica per trasformare differenze di potenziale relativamente deboli in differenze di potenziale enormi, capaci di produrre lunghe scintille e riprodurre tutti gli effetti delle macchine elettrostatiche più poderose. Ogni interruzione provoca un'elevatissima d.d.p. ai capi del secondario, come si può vedere dalla scintilla che scocca nello spinterometro.

2.10. Tubo di Crookes

Descrizione: Il tubo in vetro ha forma troncoconica e al suo interno è contenuto gas a bassissima pressione. Nella parte di diametro minore si trova il catodo, elettrodo costituito da un disco in alluminio. Nella parte centrale si trova l'anodo, elettrodo costituito da una punta in alluminio. In vicinanza della parte a diametro maggiore si trova, sorretto da un supporto in vetro, un oggetto piano a forma di croce di Malta.

Funzionamento: Gli elettrodi del tubo sono collegati ad una sorgente ad alta tensione (catodo al polo negativo, anodo al polo positivo). Nel caso di croce in posizione verticale, i raggi catodici (elettroni) vengono accelerati dal campo elettrico e quelli non intercettati dalla croce colpiscono il fondo del tubo creando una zona luminosa (effetto fluorescenza per eccitazione degli atomi del vetro) al cui interno rimane l'ombra della croce. Ciò dimostra che i raggi catodici si muovono in linea retta e possono essere bloccati da una lamina metallica.



Figg. 15-16. Bilancia idrostatica. Dilatometro

2.11. Bilancia idrostatica

Descrizione: Lo strumento, interamente in ottone, tranne i ganci di ferro, è costituito da un'asta avvitata a un treppiede. Alla base dello strumento vi è una manovella con cui può essere regolata l'altezza. Alla sommità dell'asta è inserito, mediante un sostegno, il giogo della bilancia, costituito da due bracci uguali, solidale a un indice. Alle estremità

dei bracci, mediante ganci di ferro, sono sospesi due piattelli che nel centro della faccia inferiore portano un gancio per appendervi, in uno, dei pesetti, e, nell'altro, un cilindro cavo, e sotto di esso un cilindro pieno il cui volume è uguale al volume interno del cilindro cavo.

Funzionamento: Lo strumento è utilizzato per la verifica del Principio di Archimede. Raggiunto l'equilibrio della bilancia in aria, mediante opportuni pesi si immerge il cilindro pieno in un liquido alterando in questo modo l'equilibrio. Per ripristinare l'equilibrio nel cilindro cavo viene versato il liquido fino al completo riempimento.

2.12. Dilatometro

Descrizione: Lo strumento è in ottone e poggia su un basamento di legno. Il sistema di leva angolare il cui braccio maggiore funge da indice è perfettamente funzionante. Non è conservata la scala graduata originale, si nota, infatti, una rudimentale grossolana scala graduata collocata in sostituzione.

Funzionamento: Un'asta metallica, di cui si vuole misurare la dilatazione, infilata in due colonnine forate è fissa a un estremo. Allungandosi per il riscaldamento agisce con l'estremo libero sopra il braccio minore di una leva angolare. Il braccio maggiore di tale leva fa da indice. Quando l'asta è a temperatura ambiente, segna zero su una scala graduata, mentre si sposta progressivamente sulla stessa riproducendo amplificati i piccoli allungamenti subiti dall'asta riscaldata.

3. Considerazioni finali

L'obiettivo che ci prefiggiamo è fare esplorare i mille volti della sperimentazione attraverso l'uso dello strumento scientifico partendo da quelli antichi, in modo da suscitare curiosità e meraviglia.

Fondamentale è recuperare il ruolo della classicità nel progresso scientifico del domani. Infatti, bisogna inculcare nello studente un nuovo approccio metodologico, rispettoso del passato e proiettato nel futuro, che può essere così sintetizzato: guardare indietro, per sperimentare altro, alla ricerca del nuovo. La scuola deve essere il luogo in cui il presente è elaborato nell'intreccio tra passato e futuro, tra memoria e progetto.

Bibliografia

Franchini L. (1994). *Strumenti vecchi e nuovi per la didattica della Fisica*. Napoli: CUEN.

Amaldi U. (2016). *Le traiettorie della Fisica*. Bologna: Zanichelli.

Caforio A., Ferilli A. (2014). *Le leggi della Fisica*. Firenze: Le Monnier.

The NEMO project: a network for the protection and enhancement of the historical and scientific heritage of Naples schools

Maria Rosaria Cavaliere,¹ Gioia Molisso,² Loredana Palma,³ Maria Candida Petillo,⁴ Paola Romano,⁵ Daniela Rossi⁶ - retenemo@gmail.com

Abstract: The NEMO project - Network Educational Museums Online- is the result of mutual work of six Neapolitan historical schools, dating back to the nineteenth century and sharing the same aims. The purpose is the safeguard of scientific museums and the availability for researchers and everyone interested in the history of physics. A great support to the school network is often provided by the Association “Scienza e Scuola” and by the Department of Physics “Ettore Pancini” of the University of Naples “Federico II”. Agreements were signed among these institutions, Naples’ Municipality and the Nemo School Network. In order to widespread scientific knowledge, the website <<http://progettonemo.it>> represents a partial achievement of the main goals such as: *identification* of historical scientific instruments, *classification* of existing heritage, *gathering* and *recording* of information in a digital catalogue, which is continuously being enriched and is open to the cooperation of other future institutions.

Keywords: Neapolitan historical schools, historical scientific instruments, virtual museum, online museums, school network, NEMO.

1. Il Progetto e la Rete

Il Progetto NEMO – Network Educational Museums Online – nasce da sinergie tra ambienti scolastici e scientifici aventi le stesse finalità e il medesimo impegno nel salvaguardare il patrimonio museale di strumenti scientifici storici esistente nelle scuole napoletane, e per renderlo fruibile al pubblico creando una rete museale disponibile anche su web.

Per dar vita al progetto, con un accordo siglato nel 2013 e rinnovato nel 2016, si sono strutturate in rete sei scuole storiche napoletane con una tradizione ultracentenaria:

¹ I.S.I.S. “Elena di Savoia”, Naples.

² Liceo Classico “Vittorio Emanuele”, Naples.

³ I.S. “Pasquale Villari”, Naples.

⁴ I.T.G. “G.B. Della Porta - Porzio”, Naples.

⁵ I.T.I.S. “Alessandro Volta”, Naples.

⁶ I.S. “G.B. Vico”, Naples.

- Liceo Classico “Vittorio Emanuele II” (fondato nel 1861);
- I.T.I.S. “Alessandro Volta” (1864);
- I.S.I.S. “Elena di Savoia” (1879);
- I.T.G. “G.B. Della Porta-Porzio” (1862);
- Liceo Statale “G.B. Vico” (1894);
- Liceo Statale “Pasquale Villari” (1862).

Nel 2014 la Rete ha ulteriormente esteso la propria *partnership* ad altre importanti istituzioni come l’Associazione “Scienza e Scuola”, che da sempre collabora proficuamente al progetto, il Comune di Napoli e il Dipartimento di Fisica dell’Università “Federico II” di Napoli, stipulando un Protocollo di intesa.

A supportare e sponsorizzare molte delle attività della Rete è giunto, nel corso del 2015, un finanziamento della “Fondazione Banco di Napoli” che ha consentito di realizzare manifestazioni altrimenti improponibili per le esigue risorse economiche delle singole scuole, come, ad esempio, l’importante mostra “Strumenti Scientifici dai Borbone all’Epoca Post-Unitaria. La Fisica nelle Scuole Napoletane dell’Ottocento” che si è tenuta dal 15 al 19 ottobre 2015, presso la Biblioteca Nazionale di Napoli.



Fig. 1. Alcuni degli strumenti delle scuole della Rete in mostra

Con la consapevolezza che per realizzare gli obiettivi prefissati è necessario innanzitutto “conoscere” ciò che è conservato nei diversi istituti scolastici napoletani, il progetto è articolato nelle seguenti azioni:

- censimento dei beni strumentali storici;
- catalogazione del patrimonio esistente;
- informatizzazione delle informazioni raccolte.

2. La Rete e il patrimonio storico scientifico

Particolarmente interessante è comprendere come sia giunto fino a noi e alle nostre scuole questo patrimonio. Sicuramente, durante l’Illuminismo, Napoli è stata al centro di un grande processo di innovazione sul piano scientifico e tecnologico, proseguito anche nel corso dell’Ottocento. Non a caso è in questo periodo che vedono la luce istituzioni di rilevanza mondiale come l’Osservatorio Astronomico di Capodimonte (1819) e l’Osservatorio Vesuviano (1841); la città ospita il VII Congresso degli Scienziati (1845) e vanta numerosi primati nell’industria (Vocino 2007), specialmente siderurgica, che comportano una specializzazione in diversi settori nella produzione di strumenti tecnologici.

Subito dopo l’Unità, un grande impulso venne dato all’istruzione, e le prime scuole istituite nell’ex capitale borbonica (che restava comunque un punto di riferimento per l’intero Meridione) vennero dotate di un patrimonio di strumenti scientifici di tutto rilievo. È questo il caso del primo Liceo Classico di Napoli, il “Vittorio Emanuele II”, che ereditò una parte del Gabinetto Scientifico di Re Ferdinando, arricchito, in seguito, dei lasciti di numerose collezioni private, custodite presso il Gabinetto di Fisica “Leopoldo Ciccone”.

Il “Villari” ereditò dalla prima Scuola Normale maschile, intitolata a Luigi Settembrini (dalla cui costola era nato nel 1923), quelli che sono definiti «magnifici apparecchi di Fisica, degni di una scuola universitaria per solidità, precisione e scelta accurata riguardante i singoli rami della Fisica» (*Annuario* 1924).

L’Istituto Tecnico Industriale “Alessandro Volta” trae invece le sue lontane origini da una scuola di arti e mestieri istituita nel 1856, interrotta e ripresa da una scuola tecnica municipale istituita nel 1864, e trasformata negli anni 1881 e 1885 in Regia Scuola Industriale, che con la riforma Gentile prese il nome di Istituto Tecnico.

Il “G.B. Della Porta”, primo Istituto Tecnico della città, venne fondato sulla scorta dell’impulso dato alla formazione di tecnici preparati dalla “Reale Società di Incoraggiamento” che, come riportato in una tesi di laurea, «coordinava e promuoveva iniziative e ricerche in tutto il Regno e si impegnava ad allestire laboratori e musei scientifici, dove trovarono collocazione le più moderne macchine, per una pronta divulgazione della tecnologia contemporanea» (Punzo 2013).

L’Istituto “Elena di Savoia” nasce dalla fusione di due Regie Scuole professionali femminili: “Regina Margherita” (fondata nel 1879) e “Regina Elena” (fondata nel 1903).



Fig. 2. Gabinetto di Fisica “Leopoldo Ciccone” presso il Liceo Classico “Vittorio Emanuele II”

La fusione fu realizzata nel 1920 quando, con Regio Decreto, Vittorio Emanuele III istituì l’Istituto Professionale Femminile “Elena di Savoia”. Dagli anni Venti, quindi, l’Istituto “Elena di Savoia” è ubicato nello storico palazzo Carafa d’Andria, di impianto quattrocentesco e rimaneggiato nel Cinquecento, che si trova in Largo San Marcellino 15. Alcuni degli strumenti della collezione risalgono probabilmente alla dotazione delle due scuole confluite nell’attuale istituto.

Analoghe vicende, legate alla storia della scuola napoletana, hanno fatto sì che anche le altre scuole che costituiscono la Rete siano venute in possesso di un patrimonio di strumenti scientifici storici la cui esistenza ci ripromettiamo di divulgare.

Questo patrimonio si è conservato finora grazie, soprattutto, alla dedizione di docenti e dirigenti scolastici, impegnati in un’opera di valorizzazione di tale eredità.

Il Gabinetto di Fisica del “Vittorio Emanuele II”, ad esempio, è stato in anni recenti (sotto la direzione del Preside Francesco Di Vaio e la cura della professoressa Gioia Molisso) allestito nella sede dell’antica tipografia dei Gesuiti, cui apparteneva in precedenza l’edificio. Il locale, in cui possiamo ancora ammirare il torchio che diede alle stampe i primi numeri della «Civiltà Cattolica», è stato riservato all’esposizione degli strumenti scientifici provenienti dalla collezione del sovrano borbonico.

Ben conservato, anche il Gabinetto di Fisica dell’Istituto “Elena di Savoia”, costituito da un’aula ad anfiteatro particolarmente idonea alle attività didattiche laboratoriali, e per questo molto amata dagli studenti, con un locale annesso nelle cui armadiature e vetrine d’epoca si trovano diversi strumenti scientifici di interesse storico.

Il valore delle collezioni delle scuole storiche napoletane è testimoniato anche dalla nascita di musei interni alle scuole stesse. Infatti, nel 2000, nei locali dell’Edificio Antico dell’Istituto “Volta”, fu istituito il Museo Laboratorio “Nicoletta Fiore”.

Nel 2010, su proposta del Dirigente Scolastico, prof.ssa Maria Clotilde Paisio, le raccolte museali di fisica e di scienze naturali, patrimonio storico dell'istituto, hanno assunto la denominazione di “Museo scientifico del Liceo G.B. Vico”.



Fig. 3. Museo “Macedonio Melloni” presso I.T.G. “Della Porta-Porzio”

Nel 2016 l’Istituto “Della Porta-Porzio” ha inaugurato un proprio Museo intitolandolo a Macedonio Melloni, in omaggio ai numerosi strumenti, custoditi oggi presso la scuola, appartenuti al fisico parmense (alcuni dei quali già censiti all’interno del Catalogo NEMO).

3. La web application

L’idea guida che ha portato a unire gli sforzi è stata la volontà di censire e catalogare il ricco patrimonio di strumenti scientifici conservati all’interno dei nostri istituti, un patrimonio che risulta poco conosciuto ai più e sorprendente per la sua consistenza e per la sua importanza storica. Questa idea si è quindi concretizzata mediante la realizzazione di un apposito applicativo web in cui conservare e rendere fruibili al pubblico tutte le informazioni relative a tale straordinaria eredità che risultava, fino all’istituzione del processo informatico di catalogazione, poco nota persino alle stesse comunità scolastiche di appartenenza.

Al fine, quindi, di censire e catalogare il patrimonio storico scientifico è stato realizzato un applicativo web, cioè un sistema informatico con architettura a tre livelli (*three-tier*):

- **Livello dei dati:** un database MySQL in cui sono memorizzate tutte le informazioni riguardanti gli strumenti, come nome, periodo storico, materiali costruttivi, dimensioni, costruttore, stato di conservazione, descrizione ed uso, note, fonti, riferimenti a precedenti inventari, fotografie e illustrazioni.
- **Livello di presentazione:** interfaccia utente associabile al terminale di utilizzo, visualizzazione o presentazione attraverso il *web browser* del *client*, realizzata in HTML, CSS, Javascript.
- **Livello logico:** logica applicativa e/o di elaborazione, in linguaggio PHP, residente su un *application server* che riceve, elabora e soddisfa le richieste del *client*, realizzando la comunicazione tra il database e l'interfaccia utente.

La realizzazione della *web application* consente di raggiungere alcune delle finalità del progetto: da un lato, infatti, si procede con la catalogazione informatizzata del patrimonio in un database, dall'altro la pubblicazione online del catalogo realizza l'obiettivo della diffusione delle informazioni riguardanti gli strumenti storici scientifici, concretizzando, di fatto, una rete museale disponibile anche su web, come già visibile all'indirizzo <<http://www.progettonemo.it>>, sul quale attualmente sono già consultabili le schede tecniche, con foto e descrizione, di oltre 500 strumenti.

Inoltre è stata pubblicata una pagina Facebook, continuamente aggiornata e visibile all'indirizzo <<https://www.facebook.com/www.progettonemo.it/>>, per pubblicizzare gli eventi organizzati e/o a cui partecipa NEMO.

Su tale pagina sono pubblicate le foto e i video degli eventi, gli articoli e i servizi degli organi di stampa sul progetto e tutto quanto riguarda NEMO ma non ha una sua naturale collocazione nel sito ufficiale.



Fig. 4. Pagine del *front-end* pubblico del sito <www.progettonemo.it>

3. La ricaduta didattica

In un progetto che coinvolge istituzioni scolastiche non si può prescindere dalla valenza educativa e didattica.

Il progetto ha previsto, e prevede, infatti, il coinvolgimento degli alunni e persegue pertanto i seguenti obiettivi didattici:

- acquisizione di competenze sugli aspetti organizzativi di una mostra ed esperienza nel campo dell'accoglienza turistica sul territorio;
- apprendimenti sugli strumenti scientifici e sulla storia della nostra città;
- acquisizione di maggiore consapevolezza di sé;

nonché i seguenti obiettivi formativi:

- valorizzazione del patrimonio scientifico in nostro possesso, in particolare nelle nostre scuole;
- valorizzazione nella coscienza civile delle prestigiose radici culturali del nostro territorio anche negli aspetti riguardanti la Scienza;
- contribuire a estendere alle giovani generazioni la coscienza pubblica della storia napoletana attraverso la visione della grandezza e del pregio del Palazzo Reale, facendo loro vivere una manifestazione i cui primi attori saranno docenti e studenti.

In termini di ricaduta didattica stiamo ottenendo degli ottimi risultati, poiché il lavorare insieme, anche con compagni di altre scuole e di altri indirizzi di studio, è stimolante e formativo per i nostri alunni.

Gli allievi hanno acquisito competenze diverse da quelle usuali, interfacciandosi proficuamente con il *back-end* dell'applicativo, per inserire nel database tutte le informazioni degli strumenti e, soprattutto in occasione della mostra, calandosi nel ruolo di ciceroni e quindi di divulgatori scientifici. Anche il loro spirito critico ha avuto benefici dall'esperienza, poiché il tipo di attività, tipicamente legata all'aspetto laboratoriale e sperimentale, li ha portati a porsi delle domande che in condizioni standard non si sarebbero posti.

Inoltre il confronto tra docenti e alunni in una veste e in una realtà nuova e diversa da quella usualmente scolastica è stato stimolante e formativo per tutte le figure impegnate. Il coinvolgimento della comunità scolastica, infatti, è forse il risultato più importante che il progetto NEMO abbia conseguito, poiché ciò che potrà garantire anche nel futuro la salvaguardia del patrimonio storico-scientifico delle scuole (e non solo) è l'educazione delle nuove generazioni al rispetto e all'amore verso tale patrimonio.

Ciò può essere conseguito solo facendo in modo che i ragazzi, attraverso il vissuto quotidiano nelle loro scuole, percepiscano tale importante patrimonio come "proprio".

Bibliografia

- Annuario* (1924). Napoli: Tipografia degli Artigianelli.
- Brenni P. (2000). *Gli strumenti di fisica dell'Istituto Tecnico Toscano: Eletticità e Magnetismo*. Firenze: Le Lettere.
- Cennamo F., Cennamo G. (1965-1966). *Corso di fisica*, 3 voll. Milano: Principato.
- Ciccione L. (1914). *Nozioni fondamentali negli studi delle Scienze Fisiche*, vol. 1. Napoli: Pierro.
- Despretz C. (1832). *Traité élémentaire de physique*. Paris: Méquignon-Marvis.
- Funaro A., Pitoni R. (1907). *Corso di fisica e chimica*. Livorno: Giusti.
- Ganot A. (1873¹⁷). *Trattato elementare di Fisica sperimentale ed applicata*. Milano: Pagnoni.
- Jamin J. (1880). *Piccolo trattato di Fisica*. Napoli: Pellerano.
- Mannoni L. (2000). *La grande arte della luce e dell'ombra*. Torino: Lindau.
- Milani G. (1869). *Corso elementare di fisica e meteorologia*. Milano: Editori della biblioteca utile.
- Palmieri L. (1853). *Lezioni elementari di Fisica Sperimentale*. Napoli: Nobile.
- Perucca E. (1937). *Guida pratica per esperienze didattiche di Fisica Sperimentale*. Bologna: Zanichelli.
- Punzo N. (2013). *La Biblioteca dell'Istituto G.B. Della Porta di Napoli* (Tesi di Laurea in Bibliografia e Biblioteconomia). Università di Napoli "Federico II".
- Regnani F. (1863). *Elementi di Fisica Universale*, vol. II. Roma: Stamperia delle incisioni zilografiche.
- Rossi A., Ruggiero L. (1998). *Il gabinetto di fisica del Collegio Argento*. Lecce, Edizioni del Grifo.
- Vocino M. (2007). *Primati del Regno di Napoli. Ordinamenti, risorse naturali, attività industriali. Prima dell'Unità d'Italia*. Napoli: Grimaldi & C.
- Zotti Minici C.A. (2003). *Il fascino discreto della stereoscopia. Venezia e altre suggestive immagini in 3D*. Padova: Grafiche Turato.

GRAVITATIONAL WAVES: A CENTURY OF
GENERAL RELATIVITY PREDICTIONS

Gravitational interferometers in Italy 1976: a first timid attempt. And a missed opportunity

Massimo Bassan - Dipartimento di Fisica, Università di Roma “Tor Vergata” and INFN-Sezione di Roma - bassan@roma2.infn.it

Adele La Rana - TERA Foundation and Sapienza Università di Roma - Adele.LaRana@roma1.infn.it

Abstract: In 1976, about 10 years before the conception of the Virgo project, two young undergraduates walked into the G23 lab of the Institute of Physics in Rome University – where Edoardo Amaldi and Guido Pizzella were leading the effort to build and operate the first small scale prototypes of cryogenic resonant gravitational wave detectors – applying for a thesis. Pizzella and Amaldi suggested studying the proposals for an interferometric detector, and possibly developing a benchtop prototype. The two theses got started, virtually with no supervision, as there was no expertise in optics in the group. We shall describe the thesis work, the prototype that was built and how the project was finally abandoned after the graduation of the two students (one of them is co-author of this paper).

Keywords: Interferometric detector, gravitational waves, Edoardo Amaldi, Guido Pizzella.

1. Introduction: The Italian and international context

This article aims at recounting a small, almost insignificant episode of the 1970s that could have opened the way to the search of gravitational waves (GWs) with interferometric techniques in Italy, but failed to do so. It is the story of two undergraduates looking for a challenging *laurea* thesis in the gravitational group founded by Guido Pizzella and Edoardo Amaldi at the Institute of Physics of the University of Rome (now Physics Department of Sapienza University of Rome).

The historical interest of this episode lays in the special environment in which it developed: the early years of the first Italian group working on GW detection, a group that had a strong influence on the development of the field in Italy in the following years, and which played an important role in the International GW community.¹

We begin with a brief overview of the state of the art of GW research in the fall of 1975, when the thesis work of the two undergraduate students Livio Narici and Massimo Bassan began.

¹ See also the paper by L. Milano and A. La Rana in these proceedings.

1.1. Year 1975: Gravitational Wave experimental research in the world

The research on gravitational waves had started in the late 1950s with the pioneering work of Joseph Weber, who computed the interaction of a solid bar with GW and the details of how to detect the small strain produced. In the 1960s Weber had claimed detection (Weber 1969), and this spurred a host of similar experiments (Aluminum bars suspended in vacuum at room temperature): Frascati-Monaco (Max Planck Institute), Argonne-Maryland, Bell Labs, Moscow University, Meudon Observatory (Paris), Geneva University. All these room-temperature resonant detectors – some working in coincidence at a large distance one from the other – collected data without confirming Weber’s claim. With the aim of removing all doubts and ambiguities, and hopefully detect GW, W.M. Fairbank of Stanford University had proposed, in 1969, an experiment a thousand times more sensitive: a task which could be achieved by cooling the large bars to very low temperatures and by equipping the readout with superconducting electronics. This challenge was accepted by W.O. Hamilton, of Louisiana State University, and by Guido Pizzella in Rome. At the very beginning, Fairbank’s ambitious project was to have a 5 ton bar cooled to 3 mK operating in about a year, but he was extremely optimistic: it actually took 11 years to cool the Stanford bar to 4 K, and 10 more years to cool Nautilus (a 2.4 ton bar) to 0.1 K!

1.2. Year 1975: Gravitational Wave experimental research in Italy

The experimental activity in Rome started in 1970 (Pizzella 2016), catalyzed by Pizzella and supported by Amaldi, who was at the time 62 years old. Besides them, Ivo Modena (cryogenic expert), Massimo Cerdonio (superconductive readout) and Renzo Marconero (electronics) composed the initial group. Located in the SNAM-Progetti Lab in Monterotondo – a research center funded by ENI – the Roman team engaged in setting up a large cryostat, to host a 3 m, 5 tons Al bar. In 1975, when our story begins, the cryostat had just suffered a serious accident, bringing the program to a halt; it would be resumed in 1982 at CERN, with EXPLORER. Therefore, Pizzella had decided to restart with a smaller project: a medium size cryostat (for a 300 kg, 1.5 m bar), to be built in the CNR “Laboratorio Plasma Spazio” (LPS, now IAPS-INAF) in Frascati. CNR was then the main financing agency of the project; INFN took over in the early 1980s. Umberto Giovanardi was coordinating this effort in Frascati, while most of the group, led by Guido Pizzella, was in the G23 lab of the University of Rome, experimenting on an even smaller cryogenic bar (30 cm in length).² Gianvittorio Pallottino and Franco Bordoni (electronics), Modena and Massimo Cerdonio.³ A number of young post-docs were participating in the activity: Pasquale Carelli, Fulvio Ricci, Carlo Cosmelli, Sandro Barbanera, and several technicians: Eugenio Serrani,

² The small bar is now displayed in the Department of Physics (new building) of Sapienza University of Rome.

³ Cerdonio was on the verge of leaving for Trento, where he and his group eventually (early 1990s) built and operated an ultra-cryogenic detector, a twin of Nautilus.

Arnaldo Foco, Gianni Ranelli, Paolo Bonifazi, Giancarlo Martinelli, Giuliano Vannaroni.

2. Thesis begins: interferometrists with no experience

From now on, we shall recount personal recollections of one of the authors (MB), and therefore switch to first person writing.

2.1. One thesis for two: We were the experiment

In the summer of 1975, Guido Pizzella gave a colloquium in the Institute of Physics, presenting the group and the research that was beginning at the University of Rome. Livio Narici and I were at that time two fourth year students, with good grades and looking for a thesis: we were fascinated by Guido's talk and by the challenge, technological but mostly scientific, that the search for GWs was offering. We were friends, but we independently went to Pizzella to ask for a thesis topic. Guido thought it through and proposed to join our efforts and look into this "new idea of detecting GW with laser light". He made it clear that none in the group had any experience about interferometry, nor even optics at large, and that we would be on our own: for this reason, he was assigning the project to both of us, an unusual procedure, as theses normally were (and still are) a one student task. In this respect, therefore, *we* were an experiment: how would two students, that had proved good in passing exams but with no practical skill, perform in such a situation?

We sought advice from experienced scientists. Dr. Franco Bordoni, then a CNR researcher in the group, was willing to help, but suffered health problems and was not around for long periods. Prof. Francesco De Martini offered his supervision, and his quantum optics group seemed a good resource; however, he was busy in getting his lab started and was not easily available. Besides, because of the incompatible personalities of our two reference persons, we soon realized we had to choose only one mentor.

2.2. First, read the literature!

The starting point was obviously to read the few available papers on the subject. At the time, the article by the Russian scientists Gertsenshtein and Pustovoi (1962) was not known in the West. The first documented experiment with a multi-bounce interferometer,⁴ in the framework of GW research, is in a paper by Forward, Miller and Moss (1971). We read the paper over and over, coming to terms with mysterious concepts like "SNR" or "Power Spectrum", until we got an idea of what needed to be

⁴ In a multi-bounce interferometer, the optical path of each arm is increased by letting the light bounce multiple times between the mirrors before recombining.

replicated. I would like to mention that in a footnote of that paper we read: “To our knowledge, the first suggestion was made by J. Weber in a telephone conversation with one of us (RLF) on 14 September 1964”, thus attributing to Weber the (Western) paternity also of this kind of detector.

We learned then that two research activities on interferometry for GW detection were underway in Europe: one at the Max Planck Institute (MPI) in Garching (near Munich), with a three meter interferometer in vacuum; and one in Glasgow University, where interferometry was used to monitor vibrations, or rather relative motion, between a pair of resonant bars.

2.3. A turning point: the Pavia Conference

In the fall of 1976, a cornerstone conference took place: the International Symposium on Experimental Gravitation, organized in Pavia by the Accademia Nazionale dei Lincei.⁵ Despite our status of students, normally below threshold for such a trip, Prof. Pizzella provided us with the means of participating in the conference, our first presence on the international scene. There we had a chance to “interview” Dr. William Winkler of MPI and ask him many technical questions. The proceedings of the Pavia conference, published the following year (when we were finally approaching graduation), were for several years the only references to the work of the teams in Garching (Winkler 1977) and Glasgow (Drever 1977).

Back to Rome, our main problem was the lack of competence and equipment for optics in our lab. We bought a steel square plate with a side of 1.2 m and several magnetic holders to mount our rudimental apparatus; we asked the machine shop of our Institute to design and make some stands for mirrors and an orientable holder for the laser. The fabrication of the components took a long time, diluting our effort.

2.4. A trip to the Max Planck Institute in Munich

Bordoni proposed that we should visit the interferometer lab of the MPI in Garching. Pizzella agreed to defray the costs of the trip, and three of us left, by train, in full winter. The visit to the MPI lab was interesting and frustrating at the same time: we saw their 3 m interferometer, in vacuum, a lab full of dedicated equipment and a group of few, very competent researchers. We were also received by their group leader, Prof. Heinz Billing,⁶ already an iconic figure in German physics.

The efficiency of the German lab made us feel frustrated as, by comparison, we realized that in our “do-it-yourself”, amateurish approach, we would never go very far!

⁵ The organizing committee was composed by Beniamino Segre, Edoardo Amaldi, Carlo Cattaneo, Giuseppe Colombo, Vincenzo De Sabbata, Livio Gratton, Gleb Wataghin and, in the role of scientific secretary, Bruno Bertotti, who was professor in the University of Pavia.

⁶ Prof. Billing recently passed away on Jan 4, 2017, at the age of 102.

2.5. Rainer Weiss's Report: "The Bible"

In our trip to Munich, we learned about the existence of a precious internal report of MIT, written by Rainer (Ray) Weiss, where the signal and (almost) all the sources of noise of an interferometer were analyzed (Weiss 1972).

Back in Rome, we started looking for the valuable reference that, being an internal report, was not to be found in the libraries we had access to (Institute of Physics, CNR, LNF). We mentioned the problem to Prof. Amaldi, who was always very interested in our activity and eager to help. He reacted to our request immediately: he had been receiving the MIT quarterly reports since ever, and it was just a matter of locating that particular issue. We followed him in a small, dark room crammed with piles of papers, where he began to sift through disordered heaps of documents, raising dust (that did not bother him) and finally resurfacing with the famous issue 105... We had it! Indeed, that report was extremely useful for us, and for many more after then: the LIGO people still refer to it as "the Bible", and they have edited an online reprint [Weiss report], to make it available to everyone, as it is still considered today a cornerstone in the field.

3. Student's life: a few anecdotes

Prof. Edoardo Amaldi was very interested in our thesis work. He told us once: "As a very old spectroscopist, I like to hear about optics". About half way through our theses, he summoned us for a briefing; we were asked to give a short status report on our activity. I remember that we were in awe when we walked into the *sala lauree* (convocation hall) of the Institute, to deliver our first seminar ever. Amaldi was still enormously influent in Italian physics at the time: so, it often happened that people expressed great interest in what we were doing, not so much because they really cared about interferometric GW detectors, rather as a way to approach Amaldi. We learned it *the hard way*, after many unfulfilled promises of collaboration. Still a year or two after graduating, we were invited to the INFN labs in Frascati to discuss possible applications of a free electron laser to GW detection!

Among the goals of our project, there was the construction of optical delay lines (Herriott, Kogelnik, Kompfner 1964): two spherical mirrors in almost confocal configuration, where the light bounces back and forth many times before recombining, thus extending the optical path (and increasing the sensitivity to GWs).⁷ In order to feed the laser beam into the delay line, one must have a hole in one mirror: through the same hole, the light is then extracted, after many bounces. The task may seem a trivial matter, but was not. After a broad search, I landed on a post-doc in Engineering who had the know-how and the machine to drill holes in glass: so, after spending several days operating an ultrasonic drill with a specially machined hollow tool bit and using a lot of patience, I managed to produce a hole in two of our precious, spherical mirrors.

⁷ The so-called *Herriot optical delay lines* were later substituted, in large interferometers, by Fabry-Perot cavities, that proved to be more advantageous in several respects.

When the delay lines were finally assembled, they apparently violated the geometric rules that predict the number of bounces of the laser light, given the focal length and distance. After much testing and head scratching, we finally realized that our mirrors had a wrong curvature: 84.5 cm, while we had asked for 80 cm. The *Officine di Precisione dell'Esercito* (Army precision machine shops) had sold us what they had in stock, without bothering to warn us. Nevertheless, we assembled interesting configurations, with a temporary gold coating. Afterwards, we sent the mirrors to the *Laboratorio Italiano Strati Sottili* in Florence, to be coated with a dielectric-reflecting multilayer... but, we left before the mirrors returned.

By reading the literature, we convinced ourselves that a single-longitudinal-mode laser was needed, because spectral purity affects the frequency noise. Clearly, the occurrence of observing frequency noise was far beyond the most optimistic goal we could have for our project. Although it can appear obvious now, even at that time we were aware that many were the problems we had to face before frequency noise would become relevant. However, we set out and looked for a single mode laser. It turned out that Prof. Renato Cialdea, working in the lab next door, had a Spectra-Physics 119 laser that, despite a mere 100 μW of output power, had the required spectrum. Only a little detail needed to be solved: the laser was no longer working, “probably due to a loss of the He-Ne gas in the cavity”. Therefore, I bravely turned to the LNF labs of INFN, where a friend and colleague of Pizzella had offered his help. There was a technician quite skilled in glass blowing, who could manage to open the bulb containing the gas mixture and the optical cavity, and to replenish it with “some mixture of gas”. I landed in Frascati labs in the middle of a trade-union struggle for a contract negotiation. At the time the technicians were often on strike, and when they were not, they would gather to discuss “over coffee” for hours. I received very little attention but, at the end of many days of begging and waiting, the bulb was finally replenished. Needless to say, the device never lased again, and we finished our theses with a brutal SP155, a laser more intended for alignment than for precision experiments.

In the mid of the 1970s, the Crab pulsar, discovered in 1968 and rotating with a frequency of 30 Hz, was considered a very promising source of GWs. However, the emission frequency (60 Hz, twice the rotation frequency), was too low to be addressed by a resonant bar, that would need a length of about 41 m.⁸ Pizzella was not easily discouraged and conceived a long resonant bar to be assembled in space (to avoid the seismic noise, too large at low frequencies). He asked us to investigate if the long baseline could benefit from an optical readout. We dedicated the last chapter of our theses to this issue, analyzing the possible advantages and main obstacles. In order to prove the concept, the group technician was asked to try to fabricate a cylinder, by fastening together three shorter sections, through a 100 mm thread on the bar axis. However, due to the large size of the Al thread, this fastening invariably and irreversibly seized up: poor Mr. Serrani had to restart the effort many times over, until

⁸ The length of a resonant bar is related to the frequency of the emission frequency and the speed of sound by the equation: $L = V/2f$.

he finally succeeded: but the composite antenna resonated with a very low Q value and the project was set aside.

4. What we managed to do

During the period we spent working on our thesis project – roughly a year and a half – we were able to assemble a “toy interferometer”. We borrowed some optical mounts, others were designed and built in the machine shop; we bought some x-y micro-positioners to align two delay lines at 90° , a beam splitter and a receiving photodiode. The optical bench was a $1.2 \times 1.2 \text{ m}^2$ steel base, resting on a bed of springs that was supposed to provide some vibration isolation. The table supporting the plate was built of bricks in the lab basement. We played for some time with various configurations of the Herriott delay lines, varying the number of bounces and the pattern of the reflecting spots on the mirrors (see Figure 1). Particularly popular with our colleagues were the Lissajous figures we were able to produce. Modena kindly provided smoke from his pipe to make the light beam visible, so irrespective we were of the quality of the reflecting surfaces! Finally we settled on a configuration with an arm length $L = 80 \text{ cm}$, providing about 50 bounces. We used this set-up to measure the reflectivity of our gold-plated mirrors and the responsivity of the photodiode. We also measured the noise spectrum of our “generic” laser, finding, above 15 kHz, a good agreement with the expected shot noise. In 1977, spectrum analyzers in the acoustic band were not yet available (at least, not in our lab). Therefore, a spectrum was produced with a lock-in, by changing the reference frequency and integrating the noise on many points per decade: a task requiring hours!

We did not even get close to trying to lock the interferometer in the dark fringe, using a modulation scheme that seemed, at the time and to us, very innovative. We had ordered two Pockel cells, electro-optic modulators that we had learned to be essential to lock the interferometer. It took about one year to have them ordered, shipped and custom cleared: when they became available, we had already graduated and moved on.

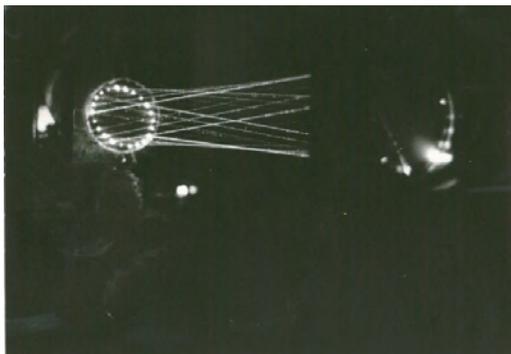


Fig. 1. One of our Herriott delay lines: the envelope of the laser beams, made visible by Moden’s pipe smoke, describes a hyperboloid.

5. What happened afterwards... And why

We were very honored when Prof. Amaldi proposed to be a co-advisor of both our theses, even if this implied the unpleasant task of asking Franco Bordoni to step aside. To our knowledge, we were the last *laureandi* of Amaldi in his long academic life.

Our last effort was to convince our *contro-relatore* (opponent reader), Prof. G. Baroni, that the two theses we had submitted were actually different, and the product of individual work. Separately summoned by her, we both replied: “I cannot tell what is different in our theses, because I have not read the other”.

Eventually, despite the turmoil and the violence of the spring 1977, that caused the University to shut down for weeks, and forced us away from the lab, we graduated *cum laude* on July 27. My friend Livio Narici left for his military service while I, waiting for a call to the army (that fortunately never arrived), spent one year teaching in schools and visiting the lab, trying to complete some of the projects we had left unfinished at graduation. Our effort had produced little original, worth publishing work, but, following a suggestion of our advisor Pizzella, we wrote an internal report, summarizing the state of the art of our project (Bassan 1978).

Two years later (1979), we both left Italy to pursue a PhD in the USA, joining groups working on resonant bars, at Stanford University (MB) and at Rochester University (LN).⁹ The small interferometer in the G23 basement lab was abandoned, no follow-up to our theses took place: our work left no legacy; it was just a probe for a technology then considered “not mature”.

In this respect, it was a missed opportunity: Italian science could have started investing in interferometers about ten years earlier than it did. We may suggest two main reasons for this giving up. On one hand, we had not reached a performance level worth investing new energies – we did not go beyond an “amateurish” effort, and had not proven the technology to be viable. On the other hand, the Amaldi-Pizzella group was under pressure to set up cryogenic bars, a frontier project as well, developed in collaboration/competition with the groups of Stanford and LSU. They chose to keep focused on the bar technology, a choice that payed off in the short-medium term. Explorer and Nautilus, the two resonant detectors that the group built in the 80s and operated up to the 2010s, represented for long time the cutting edge of GW experimental research.

Then, in 1985, a fresh interferometric start: A. Giazotto and A. Brillet gave birth to a new effort, which soon evolved in the project Virgo. They managed to set up a large, international enterprise, attracting scientists from high-energy physics. They played in a different league! However, this is a story for the next paper.

Acknowledgments. The authors thank Prof. Guido Pizzella, the thesis advisor, and Prof. Livio Narici, the co-protagonist of this story, for reading the manuscript and providing suggestions.

⁹ Just as it happens now, no positions nor fellowships were available in Italy: the whole academic hiring process was on hold, waiting for the law that, in 1980, reformed the University system.

Professor Ivo Modena passed away during the writing of this manuscript, on February 4, 2017. We would like to dedicate this paper to his memory.

References

- Bassan M. (1977). *Progettazione di un'antenna gravitazionale a larga banda mediante interferometria laser a riflessioni multiple* (Graduation Thesis in Physics). University of Rome.
- Bassan M., Narici L. (1978). *Antenne Gravitazionali Interferometriche* (Internal report n. 709). Istituto di Fisica "G. Marconi", University of Rome.
- Drever R.W.P., Hough J., Edelstein W.A., Pugh J.R., Martin W. (1977). "On Gravitational Radiation Detectors Using Optical Sensing Techniques". *Atti dei Convegni Lincei*, 34, pp. 365-369.
- Forward R.L., Miller L.R., Moss G.E. (1971). "Photon-Noise-Limited Laser Transducer for Gravitational Antenna". *Applied Optics*, 10, pp. 2495-2498.
- Herriott D., Kogelnik H., Kompfner R. (1964). "Off-Axis Paths in Spherical Mirror Interferometers". *Applied Optics*, 3, pp. 523-526.
- Gertsenshtein M.E., Pustovoit V.I. (1962). "On the detection of low frequency gravitational waves". *Soviet Physics JETP*, 16, pp. 433-435.
- Narici L. (1977). *Progettazione di un'antenna gravitazionale con un interferometro laser modulato e controreazionato*. (Graduation Thesis in Physics). University of Rome.
- Pizzella G. (2016). "Birth and initial development of experiments with resonant detectors searching for gravitational waves". *The European Physical Journal*, H41, pp. 267-302.
- Weber J. (1969). "Evidence for the Discovery of Gravitational Radiation". *Physical Review Letters*, 22, pp. 1320-1324.
- Weiss R. (1972). "Electromagnetically Coupled Broadband Gravitational Antenna". *Quarterly Progress Report*, MIT Research Lab of Electronics, n. 105, pp. 1-76.
- Winkler W. (1977). "A Laser Interferometer to Search for Gravitational Waves". *Atti dei Convegni Lincei*, 34, pp. 351-363.

Webliography

- [Spectra Physics mod. 119]. URL: <<https://www.repairfaq.org/sam/laserpic/sphhpics.htm>> [access date: 30/04/2017].
- [Weiss report]. URL: <[https:// dcc.ligo.org/LIGO-P720002/public/main](https://dcc.ligo.org/LIGO-P720002/public/main)> [access date: 30/04/2017].

What is light? An overview of XIX and XX centuries theories of light

Salvo D'Agostino - Sapienza Università di Roma - saldagostino21@gmail.com

Im Anfangs schuf Gott Himmel und Erde. Und die Erde war ohne Form und Lehrer, und Finsternis war auf der Fläche der Tiefe.
[...] Und der Geist schwebte auf der Fläche der Wasser, und Gott sprach: Es werde Licht! Und es war LICHT" (Gn 1,2-3).

It is not bodies that generate sensations, but sensations complexes instead which form bodies (Ernst Mach).

Keywords: Maxwell, Helmholtz, Hertz, Lorentz, velocity of light.

My study concerns the historical problem of an alleged distinction between light and our vision of an illuminated earth and skies. Johannes Kepler, the XVII century celebrated astronomer, thought that vision was the effect of its alleged cause, the *lumen*. The cause-effect relationship interested scientists in the XVIII century, representing one of the main objects of their research. In this paper, I limit my considerations to the XIX century contributions of renowned scientists such as Helmholtz, Maxwell and Hertz, and to Lorentz's and Zeeman's spectroscopic analysis. Their demonstrations of the measured light's high velocity required very deep theoretical skills. When Albert Einstein abolished Lorentz's ether, an ether-less theory of electromagnetism and light was accepted by a majority of physicists. The velocity of light is today accepted as one of the universal constants of nature. I argue that Einstein's revolutionary relativity theories took the role of centuries long debates on an ethereal support of light.

In his 1611 *Dioptrics*, Johannes Kepler studied what he considered the external agent of vision, the *lumen* (Ronchi 1952). Kepler's view of lumen, as a light's material support, represented the birth of a new paradigm on the existence of various levels of light's supporters. Kepler's overthrow of the Middle Age conception of fire as the unique supporter was also confirmed by Galileo's observations with his telescope (Bartellini 2010). Kepler's theory of vision, based on the concept of rays propagating from luminous and illuminated object is still accepted as an elementary theory, although Kepler prudently admitted the difficulty of explaining virtual images (Ronchi 1982). The so-called *camera obscura*, a device used by painters in the XVII century, represented a convincing model for the lumen interpretation of vision. As is known, Kepler limited his approach to the study of white light, but Newton maintained that colours are its spectral fundamental ingredients. Huygens' and Newton's opposite

views on the essence of light, concerned a distinction between particles and waves. Newton's convinced his followers physicists that light consisted of special particles, although nobody never saw the particles, whereas light clearly behaved as a wave, no less than in its mirrors reflections and refractions. In the 1820s, Augustine Fresnel convinced his hard minded compatriot Laplace that light is a transversal wave, and its source is in the ether, a supporting staff, a lumen very much dissimilar from ordinary materials. An analogy with acoustics and sound was the implicit model because a vibrating string is the causal source of music and sounds. But, the source of light could not be assimilated to the string elasticity. A great difficulty was presented when it was proved that light's velocity was higher than any terrestrial velocity. XIX century physicists and mathematicians worked very hard in order to find answers. Maxwell's electromagnetic theory of light was one of the highest achievements in a field theory, but owed its success to Maxwell's recourse to the action at a distance theory of Karl Fredrik Gauss and Wilhelm Weber, clearly contrasting with his field program. Ten years afterwards, Heinrich Hertz managed electric currents from a Rumkorff coil, and afforded the first controlled production of electromagnetic waves (D'Agostino 1998). Hertz's master, Hermann von Helmholtz, and the international opinion – Poincaré excepted – welcomed Hertz's discovery. The discovery of X rays extended the concept of something later on identified as of very high frequency electromagnetic waves. But the spirit of a glorious science did not last for more than a few years. Ernst Mach doubted that what we really experience as a vision of a coloured world and an alternation of colours and darkness are really the effect of an unknown entity we call light, or it is just that we attribute our perceptions to something, a so-called light, that nobody has ever seen (Ronchi 1952). Mach's sceptical views have an historical precedent in the philosopher Berkeley, Mach's type paradox of vision as a feedback paradox. As a secure guarantee for science's objective knowledge, Helmholtz referred to the regularity of physical laws, and to their almost secure prediction of our perceptions (Helmholtz 1956). I find that many questions debated by physicist would receive a deeper understanding by a serious historical approach. By its nature, science is a very complex affair: who could have imagined that the very assertor of an indubitable truth in scientific law was destined to contradict Maxwell and Hertz on the wavelike nature of light? It is well known that Planck discovered that a light wave included energy packets, the today well-known photons.

I have very drastically exemplified a long and complex history of light and vision. I am here concerned with XIX century contributions to theories on the velocity of light by Maxwell, Hertz, Lorentz and Helmholtz. I included above Heinrich Hertz's theoretical and celebrated experimental contributions to a domestic creation of light waves. A comparison between Hertz's reflective criticism on his conception of the *a priori* assumption of physics theory, and, on the other side, Lorentz justification for the success of empirically well supported theory, represent in my view a suitable introduction for an understanding of the imminent next conceptual storm: the advent of Albert Einstein's special and general relativity.

References

- Bartellini F. (2010). *La scomparsa della sfera del fuoco e la nascita del fuoco d'amore*. Genova: Lokeredy.
- Cassirer E. (1950). *The Problem of Knowledge, Philosophy of Science and History of Science since Hegel*. New Haven: Yale University Press.
- D'Agostino S. (1990). "Boltzmann and Hertz on the Bild-Conception of Physical Theories". *History of Science*, 28, pp. 380-398.
- D'Agostino S. (1996). "Absolute Systems of Units and Dimensions of Physical Quantities". *Physis*, XXXIII, pp. 5-51.
- D'Agostino S. (1998). *Hertz's View on the Methods of Physics: Experiment and Theory Reconciled?*, in Baird D., Hughes R.I., Nordmann A. (eds.), *Heinrich Hertz: Classical Physicist, Modern Philosopher*. Dordrech: Kluwer.
- D'Agostino S. (2005). "Il difficile recupero dell'*Anschaulichkeit* di Goethe nell'opera di Helmholtz". *Nuncius*, 20, pp. 401-414.
- Einstein A. (1994). *Relativity: The Special and the General Theory*. London: Routledge.
- Helmholtz H. (1956). *Preface* in Hertz H., *The Principles of Mechanics Presented in a New Form*. New York: Dover.
- Hertz H. (1884). "On the Relation between Maxwell's Fundamental Electromagnetic Equations and the Fundamental Equations of the Opposing Electromagnetics". *Wiedemann's Annalen*, 23, pp. 84-103.
- Howard D. (1993). "Was Einstein Really a Realist?". *Perspectives on Science: Historical, Philosophical, Social*, 1, pp. 204-251.
- Lorentz H.A. (1952). *Problems of Modern Physics*. New York: Dover.
- Maxwell J.C. (2003). *The scientific papers*. New York: Dover.
- Ronchi V. (1952). *Storia della Luce*. Bologna: Zanichelli.

Criticism of the “vectoralists” Burali-Forti and Boggio to General Relativity

Pietro Di Mauro¹ - Liceo Scientifico Statale “E. Fermi”, Paternò (CT) -
pietro.dimauro@istruzione.it

Angelo Pagano² - I.N.F.N. & Dipartimento di Fisica e Astronomia dell’Università
di Catania - angelo.pagano@ct.infn.it

Abstract: Cesare Burali-Forti and Tommaso Boggio published in 1924 an interesting book about the so-called “absolute” vector calculus. The work exhibits and extends the mathematical methods of linear transformations in multidimensional space with the aim of elucidating the mathematical nature of a “curved space”. The book makes explicit reference to a wide criticism of general relativity. The arguments of the authors are twofold. On one hand they stress the necessity of an absolute algebra avoiding any specific coordinate systems, their method operating with absolute entities such as vectors and linear transformations. On the other hand they produce a severe criticism to Einstein’s General Relativity.

Keywords: Burali-Forti, Boggio, General Relativity, curved space.

Introduzione

Nella biografia del matematico torinese Giuseppe Peano scritta da Kennedy (1983) si legge:³

Prima del congresso di Torino, Peano partecipò ad un altro congresso: il Congresso internazionale di filosofia a Napoli (5-9 maggio 1924). Uno dei temi principali era la teoria della relatività, e ad esso furono dedicati due giorni. Peano aveva scarsa conoscenza dell’argomento ma partecipò alla discussione per annunciare la pubblicazione, nel corso dell’anno, del volume degli amici Boggio e Burali-Forti, che conteneva appunto critiche alla teoria (Kennedy 1983, p. 214).

I fisico-matematici e storici di logica matematica e fisica, Boggio e Burali-Forti, erano due esponenti importanti di quella che possiamo definire scuola di Peano. In genere

¹ Also at I.N.F.N. - Sezione di Catania; Associazione Culturale “Salvatore Notarrigo”- La Scuola Italiana.

² Also at Associazione Culturale “Salvatore Notarrigo”- La Scuola Italiana; Accademia degli Zelanti e dei Dafnici di Acireale.

³ Gli atti dell’interessante Congresso internazionale cui si accenna sono stati pubblicati a Napoli da Perella nel 1925. Vedi URL: <<https://www.pdcnet.org/wcp5>> [data di accesso: 30/4/2017].

s'indicano con il nome di "vettorialisti". I loro contributi al calcolo vettoriale e alla teoria delle trasformazioni lineari sono stati immensi, e non solo in Italia.

Notiamo che non tutti i "peaniani", se così possiamo dire, la pensavano allo stesso modo: per esempio, il dottissimo fisico matematico Roberto Marcolongo si dissociava dai giudizi negativi nei confronti della nuova teoria che anzi aveva accettato (Marcolongo 1921).

L'opera di "critica alla relatività", cui accennò il Peano, fu in breve pubblicata (Burali-Forti, Boggio 1924).

2. Dall'assoluto al relativo

Nei secoli XVIII e XIX si sviluppò un potente formalismo per lo studio della meccanica e dell'astronomia che stimolò analoghi sforzi in altre discipline (Amata, Notarrigo 1987). Ricordiamo, per la fisica, tra tanti, i nomi di Laplace, D'Alembert, Jacobi, Hamilton, Boltzmann, Hertz.

Le idee essenziali (o paradigma classico) che avevano alimentato tale ricerca approdarono al determinismo (assoluto). Il "caso" è apparenza e pertanto è necessario sviluppare un calcolo delle probabilità.⁴ La meccanica newtoniana trovava uno sbocco naturale nello studio e nella comprensione dei moti dei corpi celesti e la sperimentazione nei laboratori terrestri era dominata da ricerche di elettromagnetismo, di chimica e di fisica atomica e (a partire dal primo Novecento del secondo millennio) nucleare (Aston 1922).

I primi problemi per una comprensione meccanica di tutti i fenomeni naturali vengono dal campo dell'elettromagnetismo.

Dagli esperimenti di Hertz fu manifesto che i fenomeni elettromagnetici potevano essere descritti con l'apparato matematico delle equazioni di Maxwell per il campo elettromagnetico (Hertz 1962). Allo stesso modo si pensava di individuare la natura della luce come una perturbazione elettromagnetica.

Seguendo l'analogia meccanica (onde acustiche, onde marine, ecc.), il campo elettromagnetico veniva descritto con un "modello" di oscillazioni di un etere. L'ipotesi alternativa che la luce fosse costituita da corpuscoli era stata sostenuta (Newton 1979), si dice, da Newton. In meccanica, l'ipotesi di un etere è inutile, poiché le leggi sulle quali essa si fonda, presuppongono solo i concetti di materia e vuoto (Newton 1965).

Tuttavia, molti sforzi di valenti sperimentatori furono orientati verso esperimenti che mettessero in evidenza la presenza dell'etere. Tra tutte queste esperienze si suole citare quella di Michelson e Morley (1887). Secondo l'interpretazione usuale, l'esperienza di Michelson mise in evidenza un "effetto nullo" e dunque la contraddittorietà del concetto di etere. A quel tempo esperienze del tipo di Michelson

⁴ «A parler en rigueur, presque toutes nos connaissances ne sont que probables; et dans le petit nombre des choses que nous pouvons savoir avec certitude, dans les science mathématiques elles-mêmes, les principaux moyens de parvenir a la vérité, l'induction et l'analogie, se fondent sur les probabilités; en sorte que le système entier des connaissances humaines se rattache a la théorie exposée dans cet essai» (Laplace 1995, p. v). Vedi anche il breve saggio (Pagano 2003).

furono considerate come decisive per la non esistenza dell'etere, benché eminenti scienziati, anche in Italia, criticarono decisamente questa ultima interpretazione.⁵ Oggi, la complessa questione appare tutt'altro che semplice (Di Mauro, Notarrigo, Pagano 1997; Consoli, Pluchino 2017).

Comunque stiano le cose dal punto di vista sperimentale, a nostro parere gli esperimenti in questione erano viziati dal pregiudizio che i fenomeni elettromagnetici dovessero essere prodotti da vibrazioni di qualcosa di interposto tra sorgente e rivelatore (Bridgman 1977).

Il lavoro di Einstein trova un terreno reso fertilissimo dalle ricerche dei vari Lorentz, Poincaré, Mach e altri.

Assai rilevante sono da ritenere i contributi di Lorentz e Poincaré.

Nel 1905 Poincaré⁶ amplia le ricerche di Lorentz e determina il gruppo delle trasformazioni rispetto alle quali le equazioni dell'elettrodinamica risultano invarianti in forma.

Il problema della ricerca delle trasformazioni che rendono invarianti in forma le “leggi naturali” (covarianza delle equazioni) sarà una delle principali ragioni ispiratrici del lavoro di Einstein che, nel suo famoso articolo del 1905 (relatività speciale), sostituisce ai postulati “inverificabili” della meccanica due assiomi ritenuti empiricamente “verificabili” (Einstein 1905), soddisfacendo in pieno le esigenze della filosofia del Mach: *Il Principio di relatività [detto di Galilei] dei sistemi inerziali anche nell'ambito dell'elettromagnetismo* e *Il Principio di invarianza della misura della velocità della luce nello spazio “vuoto”*.

In questo suo primo lavoro egli cancella l'etere e con esso ogni riferimento al “tempo assoluto” di Newton. Le tesi di spazio e tempo “relativi” divennero dominanti nel lavoro del 1916, che tratta della relatività generale (Einstein 1916).

Dopo queste necessarie premesse, nel seguito esporremo la critica di Boggio e Burali-Forti alla relatività einsteiniana (statica).

3. Geometria e fisica degli spazi curvi: la critica

I nostri due autori Boggio e Burali Forti (BB), già prima della pubblicazione della critica alla relatività esposta in (Burali-Forti, Boggio 1924) (che nel seguito indicheremo con la sigla EC), avevano scritto un'opera di meccanica razionale (Burali-Forti, Boggio 1921), che nel seguito indicheremo con la sigla MR, in cui si chiarisce il loro programma di ricerca:

La meccanica generale viene da noi trattata ed ordinata in modo alquanto diverso dall'usuale. [...] Dei moti relativi (cfr. Cap. IV) ne diamo soltanto un cenno: perché, realizzando un'idea generale più volte espressa, e parzialmente applicata in precedenti nostri lavori, trattiamo tutta la meccanica non facendo uso dei

⁵ È degno di nota che tra le critiche più serie e fondamentali all'interpretazione originaria dell'esperimento di Michelson e Morley troviamo quella del bolognese Augusto Righi (1919). Vedi (Di Mauro 1991).

⁶ Vedi ad esempio (Poincaré 1906).

moti relativi [...] È naturale che i moti relativi, dovuti esclusivamente all'introduzione di assi coordinati fissi e mobili, spariscano con lo sparire di questi; ed è pure naturale che bastino i vettori che, come enti assoluti, non hanno bisogno di elementi di riferimento (assi) per trattare le proprietà meccaniche, che sono tutte di natura assoluta. Nello stesso modo, aboliti gli assi, non vi è più bisogno di considerare invarianti, covarianti, [...] enti dovuti esclusivamente all'introduzione di arbitrari elementi di riferimento, che nulla hanno a che fare con gli enti assoluti che si studiano (Burali-Forti, Boggio 1921).

La pubblicazione dell'opera di MR provocò non poche polemiche e, a causa di ciò, gli autori intervennero ulteriormente sull'argomento con la pubblicazione di un eccellente saggio dal titolo *Moti Relativi e Pendolo di Foucault* (Burali-Forti, Boggio 1922).

A questo punto, chiarite le intenzioni e il programma di ricerca degli autori, riportiamo solo dei cenni delle loro critiche della relatività speciale e generale ("statica einsteiniana" o geometria degli "spazi curvi"). Naturalmente in tali critiche non furono i soli; basti pensare che la rivista "*Scientia*" nel 1923 promosse un interessantissimo dibattito tra eminenti studiosi intorno alla nuova teoria. L'opera EC si compone di due parti. Nella prima parte gli autori espongono i metodi di calcolo vettoriale assoluto ed omografico esteso a spazi n -dimensionali.⁷ Nella seconda parte dell'opera si critica la relatività.

Il "calcolo assoluto senza coordinate" viene contrapposto polemicamente al "calcolo assoluto con coordinate" che, partendo da certi problemi posti da Christoffel e da Riemann, ebbe anche un brillante sviluppo in Italia, specialmente ad opera di Bianchi, di Palatini, di Ricci e Levi-Civita e di altri.

Gli autori mostrano come, in ogni caso, il metodo vettoriale (senza coordinate) è non meno potente di quello con coordinate e ne sviluppano completamente e chiaramente le tecniche di calcolo.

Sin qui si è detto della matematica usata dagli autori BB. Passiamo ora alla fisica che, com'è noto, non può essere arbitrariamente scissa dalla matematica e dalla filosofia. Nel parlare di fisica, si è immediatamente condotti a considerare quello che BB chiamano l'"aspetto empirico sperimentale". Esaminiamo un poco più da vicino la questione.

Sulla relatività particolare di Einstein (speciale), BB si limitano a riportare le critiche del Somigliana, di cui ci siamo occupati in una precedente nota (Di Mauro, Pagano 2016).

In sintesi, il Somigliana mostra che le "presunte prove" in favore della relatività non erano e non potevano essere considerate come "prove" contro la teoria classica di Newton, per la semplice ragione che era sempre possibile costruire un modello classico (newtoniano) compatibile con i risultati sperimentali stessi. Ecco, una prima ed importante osservazione: l'equazione d'onda non è tipica dei fenomeni elettromagnetici! Essa, invece, è ben nota ai meccanici che se ne erano già serviti da

⁷ Oltre gli autori Boggio e Burali Forti, si notano, in aggiunta al caposcuola Peano, gli studiosi: Burgatti, Marcolongo, Pensa, Bottasso e altri.

qualche tempo, anche per spiegare completamente l'effetto Doppler, come fece il Voigt (1887).

Ecco la domanda degli autori BB: è lecito cambiare le leggi del moto dei punti materiali a causa di certe proprietà di trasformazione dell'equazione d'onda di D'Alembert? La risposta degli autori, che noi sposiamo in pieno, è chiara: assolutamente no!

Passiamo ora a esaminare le famose “prove storiche” in favore della teoria einsteiniana della relatività generale, prese in esame dai nostri autori (BB). Esse sono le tre principali:

1. lo spostamento verso il rosso delle “righe” di emissione dello spettro solare;
2. l'anomalia del moto del perielio di Mercurio;
3. l'incurvamento dei raggi luminosi nel passaggio vicino ad una grande massa gravitazionale.

Esula dagli scopi che ci siamo prefissi il parlare in dettaglio di questi effetti, come del resto fanno BB, che sono ampiamente discussi in molti libri anche a carattere divulgativo (Sciama 1979). Ci limiteremo solo ad alcune osservazioni contenute nel loro libro.

Per quanto riguarda gli effetti 1 e 3, BB si avvalgono ampiamente del lavoro del Fabbry, illustre fisico sperimentale dell'epoca. Il Fabbry fa osservare che spostamenti verso il rosso (come anche spostamenti verso il blu) erano stati osservati da tempo anche in laboratorio, prima ancora dell'avvento della relatività generale. Dei fatti osservati si davano differenti interpretazioni: effetto Doppler, pressione, effetto magnetico ed altri ancora. Ma oltre a questi, egli richiama l'attenzione su un effetto poco noto, in base al quale lo spettro luminoso si dispone diversamente, rispetto ad uno spettro di riferimento, a seconda che la luce provenga dal centro o dai bordi del disco solare. In base a queste interessantissime argomentazioni sperimentali, il Fabbry (1923) concludeva cautamente che, prima di tirare conclusioni in merito a presunti effetti relativistici, sarebbe stato necessario considerare il contributo alla misura di tutti quegli effetti già noti, sui quali la relatività non riesce a dare nessuna stima né quantitativa né qualitativa!

Un'altra conseguenza della relatività generale è che la luce, in analogia a quanto succede per un proiettile lanciato entro il campo gravitazionale della terra, dovrebbe “incurvarsi” quando passa vicino a una sorgente di campo gravitazionale, come per esempio la Terra o il Sole.

Un tal effetto si può misurare nel caso della luce che, proveniente dalle stelle, passa vicino al Sole in condizione di eclisse. Ma, anche in questo caso bisognerebbe considerare con molta cura un altro effetto, molto noto, come quello della rifrazione, che consiste nella deviazione del raggio luminoso nel passaggio da un mezzo ad un altro.

Seguendo le osservazioni di BB, a questo proposito, prima di tirare conclusioni affrettate, sarebbe opportuno conoscere in ogni dettaglio lo spazio effettivamente attraversato dal raggio luminoso e, in particolare, l'estensione e la densità dell'atmosfera solare, nonché la sua temperatura locale e composizione chimica.

Secondo le nostre conoscenze sull'argomento, la critica di BB appare sostanzialmente corretta, e oggi quelle prove astronomiche non sono più considerate come probanti.⁸

Tuttavia, ci si chiede: esistono indizi in favore della relatività generale che riguardino il moto dei corpi materiali? La situazione anche in questo caso è molto complessa (ci limitiamo qui solo alle osservazioni contenute nell'opera citata e non consideriamo le recenti osservazioni sulle *onde gravitazionali*, delle quali ci occuperemo in sede separata).

Si può dire che eventuali indizi possono essere trovati solo su scala astronomica; anche perché i fenomeni della microfisica sono descritti attualmente da leggi fisiche la cui formulazione (relatività speciale e meccanica quantistica) è indipendente dalla relatività generale.

Tuttavia, anche su scala astronomica, la meccanica celeste del Newton riesce a spiegare il moto dei corpi con una tale accuratezza da non richiedere l'uso della relatività generale.⁹ Comunque, è opinione comune che vi sia un fatto riguardante il moto del pianeta Mercurio (praticamente l'unico) che non è spiegabile interamente con la meccanica di Newton, ma sarebbe spiegabile, invece, con la relatività generale.

Il fatto è noto come "anomalia del moto del perielio di Mercurio".

Le Verrier nel 1859 notò che la traiettoria di Mercurio attorno al Sole non era un'ellisse ma una curva più complessa. In breve, se si considera il vettore che congiunge il Sole con il punto in cui il pianeta Mercurio gli si avvicina al massimo (perielio), si osserva che tale vettore, spostandosi nel tempo, spazza un certo angolo che si può misurare. Le misure più recenti danno un valore di circa 5601 secondi d'arco per secolo, di cui 5026" sono dovuti al moto del sistema di coordinate, per cui l'effettivo moto "assoluto" del perielio di Mercurio relativo al Sole, risulta, dopo tale sottrazione, di 575".

In linea teorica, è possibile spiegare questo fatto con le leggi del moto di Newton. Tuttavia, nel fare ciò, ci si scontra con il più grande problema della meccanica (e non solo di quella classica ma anche di quella relativistica e di quella quantistica) che va sotto il nome di *problema dei molti corpi* (Marcolongo 1914).

Nel caso del nostro sistema solare, il problema consiste nel determinare il moto dei pianeti sapendo che tra essi, e tra ognuno di essi ed il Sole, vi è attrazione gravitazionale. Il problema non è analiticamente risolubile, per cui bisogna utilizzare il metodo delle *perturbazioni* che dà una soluzione approssimata del problema. Con tale metodo, si studia dapprima il moto ellittico di un pianeta nel campo gravitazionale del Sole e si introducono, successivamente, le interazioni degli

⁸ In particolare per la relatività generale si consideri l'opinione espressa dal Bergmann: «Today's prevailing theory of gravitation, the general theory of relativity, did not grow out of any failure of Newton's equations (though it explains the one slight discrepancy on Mercury's orbit, which had been discovered in mid-nineteenth century) but resulted from an attempt to reconcile the two contradictory sets of notions of space and time appropriate to Newton's theories and to an account of electromagnetic phenomena, respectively» (Bunge 1971, p. 49).

⁹ «Relativity, because its dynamical effects for sizable bodies in the solar system appear to be so small as to be in practice nearly always negligible, has not been considered» (Stern 1960).

altri pianeti per approssimazioni successive. Allo stesso modo vengono introdotte le correzioni dovute alle dimensioni e alla forma del Sole.

Nel caso di Mercurio sono state considerate le perturbazioni dovute a Venere, Terra, Marte, Giove, Saturno, Urano, Nettuno e lo schiacciamento ai poli del Sole. Si perviene al valore di 532". Per questo il disaccordo tra dato sperimentale e modello teorico è di soli $(42.9 \pm 0.2)''$. Questo risultato numerico è di per sé spettacolare. Vediamo invece come vanno le cose sul versante dei calcoli effettuati con la relatività generale. Anche qui è possibile risolvere il problema dei due corpi (pianeta e Sole),¹⁰ e la soluzione è una curva aperta simile a una ellisse con spostamento dell'asse di perielio che darebbe il valore di 42". Si ragiona così. Se al valore di 532" che proviene dalle perturbazioni classiche si aggiunge il valore 42" dato dal calcolo relativistico (dei due corpi), otteniamo il valore sperimentale: quindi la relatività generale spiegherebbe il dato sperimentale aggiungendo un contributo non presente nella teoria classica. Francamente ci è impossibile accettare questa spiegazione (concordando con gli autori BB).

Ma siamo sicuri che il calcolo classico tenga conto di tutte le correzioni rilevanti e che i parametri usati siano quelli giusti? E siamo sicuri che quando le perturbazioni fossero introdotte direttamente nel calcolo relativistico, invece che ottenerle per sottrazione, si otterrebbe di nuovo il valore sperimentale?

Alla prima domanda si risponde, generalmente, dicendo che le approssimazioni fatte vanno bene per gli altri pianeti; purtroppo capita che l'orbita di Mercurio sia la più allungata di tutti gli altri pianeti, ed è per questo che lo spostamento del suo perielio è più sensibile; per di più è il più vicino al Sole e l'interazione elettromagnetica tra i due corpi potrebbe essere non trascurabile per effetti percentualmente così piccoli.

Alla seconda domanda, generalmente, non si risponde; almeno, da quanto è emerso dalle nostre letture: nessuno se la pone più.

Lasciamo, tuttavia, il campo empirico-sperimentale della relatività speciale e vediamo in che cosa consiste la critica di carattere logico che BB muovono alla relatività generale.

Si parla spesso di spazio-tempo relativistico come l'*arena* in cui avvengono i fenomeni fisici. Ma i nostri autori formulano la seguente domanda: lo spazio-tempo einsteiniano è una *realtà fisica*, oppure esso è da considerare come un semplice *modello matematico* tra i molti equivalenti che possono descrivere la stessa *realtà fisica*?

In questa luce, la domanda degli autori si deve tradurre: le misure effettuate dai vari osservatori sono la *realtà fisica*? Se si risponde affermativamente, si avrebbe una realtà diversa per ogni osservatore. Se assumiamo invece che esiste una *realtà fisica* indipendente dalle misure dei singoli osservatori, queste misure verrebbero a essere solo *apparenza*. Gli autori mettono in campo alcune considerazioni di ordine logico e matematico.

Essi, per prima cosa, sviluppano il loro discorso in uno spazio astratto euclideo a N dimensioni, e lo indicano con E_N . Nello spazio E_N si può sempre immergere un altro

¹⁰ La soluzione si deve a Schwarzschild e altri. Vedi (Einstein 1955, p. 99).

spazio euclideo a n dimensioni, che indicano con E_n , con $n \leq N$ (se $N = 3$, come per lo spazio ordinario, n può solo essere 2, cioè un piano dello spazio, o 3, cioè lo spazio stesso).

Immaginiamo che esista uno “spazio curvo” (che indicheremo con C_n), tale che per individuare un suo punto siano sufficienti n parametri. Per fare un esempio immediatamente intuibile, immaginiamo che E_N sia lo spazio ordinario e che C_n sia la superficie della Terra, con $n = 2$ (longitudine e latitudine).

Supponiamo che si possa fare l’ipotesi che sia sempre possibile stabilire una corrispondenza biunivoca tra i vettori di E_n e i punti Q di C_n . Nel nostro esempio banale, si tratterebbe di rappresentare i punti della superficie terrestre su di un piano (ad esempio il piano tangente al polo nord), come si fa per costruire le carte geografiche polari in proiezione stereografica.

D’altra parte, è sempre possibile stabilire una corrispondenza lineare (invertibile) tra i vettori di E_n e quelli di un altro sottospazio euclideo S_n tangente in un determinato punto Q a C_n (nel nostro esempio banale, tra i vettori del piano tangente al polo nord e i vettori del piano tangente in un altro punto Q della superficie della Terra). Si raggiunge un risultato interessante se s’introducono altre due omografie. Indichiamo, intanto, con il simbolo β la trasformazione di cui sopra, che fa passare da E_n a S_n (si ricordi che E_n e S_n sono sottospazi di E_N), e costruiamo un’altra omografia, K_β , tale che, se u e v sono due vettori arbitrari di E_n e di S_n , rispettivamente, allora si deve avere sempre: $u \times K_\beta v = v \times \beta u$ (prodotto scalare). Introduciamo un’altra omografia prodotto, $\alpha = K_\beta \beta$, che equivale a operare prima con β e, successivamente, con K_β sul vettore già trasformato da β .

Avendo dato tali definizioni, gli autori dimostrano l’identità: $ds^2 = dQ^2 = dP \times \alpha dP$, essendo dQ una variazione infinitesima di un punto Q di C_n (nel nostro modello banale coinciderebbe con una variazione nel piano tangente alla terra nel punto Q) e P un punto dello spazio euclideo E_n .

Quindi gli autori riescono a esprimere il ds^2 in forma assoluta senza bisogno di alcun ricorso alle coordinate. In altre parole, lo spazio curvo assume un aspetto assolutamente oggettivo e cioè indipendente da un qualunque osservatore. Seguiamo il ragionamento degli autori. Se poniamo $n = 4$, vediamo subito che il C_4 non può essere lo spazio-tempo che viene ipotizzato nelle usuali interpretazioni della relatività generale. Infatti, se assumiamo che «le proprietà geometriche dello spazio-tempo (cioè la sua metrica) sono determinate dai fenomeni fisici e non sono proprietà invariabili dello spazio e del tempo», come afferma il relativista moderno Landau (Landau, Lifshitz 1976), ne segue che i fenomeni determinerebbero un C_4 che, essendo un elemento geometrico dello spazio euclideo E_N in cui giace, deve essere indipendente dalla sua rappresentazione analitica (arbitraria) che assume nel particolare E_4 scelto per fare i calcoli con le coordinate, dove tuttavia si presume che si facciano le misurazioni fisiche che dovrebbero determinare C_4 . Si perviene alla conclusione paradossale secondo cui lo spazio-tempo della relatività che è rappresentato da E_4 , dovrebbe determinare lo spazio-tempo curvo assoluto che, invece, matematicamente,

risulta essere C_4 , spazio che, per altro, non viene neanche menzionato dai *relativisti*, nonostante se ne possa dimostrare l'esistenza a partire dai loro stessi assiomi. Insomma, un pasticcio; per cui BB concludono: «les phénomènes physiques se comportent comme si l'espace fixe dans lequel ils se développent était cette fonction (inconnue) de E_4 et de α , mais on ne peut dire de plus».

Nasce spontanea una domanda: qual è il significato fisico del numero N delle dimensioni dello spazio in cui è immerso C_4 , ammesso che riuscissimo a conoscerlo? O, ancora e molto più importante, qual è il ruolo di C_4 in Natura? Giacché di entrambe le cose si può, matematicamente, dimostrare l'esistenza!

BB concludono: «la philosophie pourra justifier l'espace-temps de la relativité, mais la mathématique, la science expérimentale et le sens commun ne la justifient pas absolument».

Si potrebbe ancora continuare con altre critiche di BB, tra le quali bisogna annoverare quella alle derivazioni delle equazioni del campo gravitazionale relativistico tramite l'applicazione del principio generalizzato di Hamilton (Palatini 1919); ma preferiamo rinviare il lettore interessato alla lettura diretta dell'opera di BB.

Bibliografia

- Amata G., Notarrigo S. (1987). *Energia e Ambiente. Una ridefinizione della teoria economica*. Catania: CUECM.
- Aston F.W. (1922). *Isotopes*. London: Edward Arnold & Co.
- Bridgman P.W. (1977). *La logica della fisica moderna*. Torino: Boringhieri.
- Bunge M. (1971). *Problems in the foundations of Physics*, vol. 4. Berlin: Springer.
- Burali-Forti C., Boggio T. (1921). *Meccanica Razionale*. Torino-Genova: S. Lattes & C.
- Burali-Forti C., Boggio T. (1922). "Moti relativi e pendolo di Foucault". *Rendiconti dell'Istituto Lombardo*, LV, pp. 313-317.
- Burali-Forti C., Boggio T. (1924). *Espace Courbes. Critique de la Relativité*. Torino: Società Tipografica Editrice Nazionale.
- Consoli M., Pluchino A. (2017). *The classical ether-drift experiments an enigma for physics and history of science*, in Fregonese L., Gambaro I. (a cura di), *Atti del XXXIII Convegno annuale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia* (Acireale-Catania-Siracusa 4-7 settembre 2013). Pavia: Pavia University Press.
- Di Mauro P. (1981). *Analisi degli esperimenti del tipo "Michelson e Morley" e loro interpretazione* (Tesi di Laurea in Fisica). Università di Catania.
- Di Mauro P., Pagano A. (2016). *Una nota sulla critica storica alle trasformazioni di Lorentz in relatività speciale*, in Esposito S. (a cura di), *Atti del XXXV Convegno annuale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia* (Arezzo 16-19 settembre 2015). Pavia: Pavia University Press.

- Di Mauro P., Notarrigo S., Pagano A. (1997). "Riesame della teoria di Augusto Righi sull'apparato dell'esperimento di Michelson e Morley". *Quaderni di Storia della Fisica*, 2, pp. 101-110.
- Einstein A. (1905). "Zur Elektrodynamik bewegter Körper". *Annalen der Physik*, 17, pp. 891-921.
- Einstein A. (1916). "Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie". *Annalen der Physik*, 49, pp. 769-822.
- Einstein A. (1955). *Il significato della relatività*, Torino: Einaudi.
- Fabbry C. (1923). "La Théorie de la relativité et le déplacement des raies spectrales produit par le champ de gravitation". *Scientia*, XVII, pp. 149-158.
- Hertz H. (1962). *Electric Waves*. New York: Dover.
- Kennedy H.C. (1983). *Peano. Storia di un matematico*. Torino: Boringhieri.
- Landau L.D., Lifshitz E.M. (1976). *Teoria dei campi*. Roma: Editori Riuniti.
- Laplace P.S. (1995). *Essay philosophique sur les probabilités*. Quatrième édition, vol. 1. Paris: Gabay.
- Marcolongo R. (1914). "Il problema dei tre corpi da Newton ai nostri giorni". *Atti della R. Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche*, 6, pp. 1-76.
- Marcolongo R. (1921). *Relatività*. Messina: Principato.
- Newton I. (1965). *Principi Matematici della filosofia naturale*. Torino: UTET.
- Newton I. (1979). *Opticks*, New York: Dover.
- Pagano A. (2003). "Probabilità: assiomatiche a confronto". *Giornale di Fisica*, 43 (4), pp. 251-256.
- Palatini A (1919). "Deduzione invariante delle equazioni gravitazionali dal principio di Hamilton". *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, XLIII, pp. 203-212.
- Poincaré H. (1906). "Sur la dynamique de l'électron". *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, 21, pp. 129-176.
- Righi A. (1919). "L'esperienza di Michelson e la sua interpretazione". *Memorie della Reale Accademia di Bologna*, 7 (6), pp. 37-54.
- Sciama D.W. (1979). *La relatività generale, Fondamenti fisici della teoria*. Bologna: Zanichelli.
- Stern T.E. (1960). *An introduction to Celestial Mechanics*. London: Interscience.
- Voigt W. (1887). "Über das Doppler'sche Princip". *Nachrichten der Königliche Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*, 8, pp. 41-51.

The early history of gravitational wave detection in Italy: from the first resonant bars to the beginning of the Virgo collaboration

Adele La Rana - TERA Foundation and Sapienza Università di Roma - Adele.LaRana@roma1.infn.it

Leopoldo Milano - Università di Napoli “Federico II” and INFN, Sezione di Napoli - milano@na.infn.it

Abstract: At the very beginning of the 1970s, two experimental activities for gravitational wave (GW) detection were being carried out in Italy: one in Frascati, at the European Space Research Institute (ESRIN), performed by Karl Maischberger and Donato Bramanti; the second one set up by the group of Edoardo Amaldi and Guido Pizzella at the University of Rome. This second activity pioneered the field of cryogenic resonant bar detectors, which dominated Italian research on GWs until the 1990s, when the French-Italian project for a giant interferometric detector came into life: Virgo, led by Alain Brillet and Adalberto Giazotto. The present paper gives a brief overview of the early history of GW experiments in Italy and is the result of a historiographical research based on archival resources, scientific papers and interviews of some of the protagonists, among which is one of the authors.

Keywords: General Relativity, gravitational waves, detector, Virgo.

1. Introduction

The age of GW detection begins with the experimental work of the American physicist Joseph Weber, at the end of the 1950s. When Weber proposed for the first time the idea of an apparatus capable of vibrating at the passage of gravitational radiation and measuring the amplitude of the vibration, the very existence of GWs was a still debated theoretical question. Were GWs purely mathematical entities – an artifact related to the choice of the coordinate system in the field equations of General Relativity – or did they possess a physical reality and were they thus measurable?

Weber participated into the theoretical debate – which was then taking place with unprecedented liveliness, as part of the new growing interest in General Relativity lightened in the 1950s – publishing in 1957 a paper with John Wheeler (Weber, Wheeler 1957). The authors supported the hypothesis of a true physical meaning of these undulatory solutions of Einstein’s field equations. Furthermore, beyond the uncertainty about their existence, the extreme weakness predicted for their interaction

with matter made it seem impossible to accomplish an experiment for measuring the effect of their passage. In spite of these discouraging premises, in 1959 Weber presented at the Royaumont Conference, near Paris, a work about the detectability of GWs, proposing the first experimental ideas for a GW detector (Weber 1962). His 1960 paper (Weber 1960) constituted the start of the experimental search for GWs. Weber had the merit and the audacity of bringing the discussion about the existence of gravitational radiation from the theoretical to the empirical ground. His effort has to be considered inside the wider context of the Renaissance of General Relativity, as historians call the new attitude of the scientific community towards Einstein's theory which developed between the 1950s and 1960s, bringing it back from the field of mathematics to physics.¹

In the following years, Weber made many experimental attempts and built several prototypes of his *resonant bars* at the University of Maryland, gradually improving the facilities and the data analysis techniques. Finally, in the late 1960s he believed he had detected gravitational waves and announced the discovery in a paper (Weber 1969). He had set up five resonant bars at Maryland University and one at the Argonne National Laboratory, 1000 km away: he observed several coincidences in the data collected by all the detectors working at the same time, as if the six facilities had been crossed by the same signal coming from the sky.

The probability that all of these coincidences were accidental is incredibly small. Experiments imply that electromagnetic and seismic effects can be ruled out with a high level of confidence. These data are consistent with the conclusion that the detectors are being excited by gravitational radiation.

These words appear in the abstract of the paper. Several experimental activities started all around the world in order to verify Weber's results, but none of these experiments – in most cases more sensitive than the original ones – could ever confirm the optimistic conclusions traced by Weber. Nevertheless, the scientific effort aimed at detecting GWs had begun. Among the first activities were the two born in Italy: in Frascati, at the freshly founded European Space Research Institute (ESRIN), and, briefly later, at the Sapienza University of Rome.

2. The European Space Research Institute and the search for GWs

ESRIN was born in the 1960s as a facility of the European Space Research Organization (ESRO): a laboratory for studying physical and chemical phenomena in space, gathering experts from specialized fields of theoretical and experimental physics, chemistry and plasma physics. The cornerstone ceremony of ESRIN was celebrated on September 27, 1968, with an inauguration speech by the Director General of ESRO, the theoretical physicist Hermann Bondi, one of the protagonists of the debate on the

¹ For more details about the Renaissance of General Relativity, see the talk by R. Lalli at the XXXVI SISFA Congress (Naples, October 4-7, 2016).

existence and measurability of GWs during the Renaissance of General Relativity. It was not by chance that one of the first activities at the new laboratory was the construction of a Weber-type detector, initiated already in 1969. The enterprise was undertaken by the German electronics engineer Karl Maischberger and the Italian physicist Donato Bramanti, assisted by the German technician D. De Loie, expressly assigned by ESRIN to the GW experiment.

It is interesting to note that the beginning of this experimental research was stimulated by the theoretical physicist Bruno Bertotti, a former student of Erwin Schrödinger, who had worked at Princeton University besides John Wheeler and Robert Dicke, giving relevant contributions in the field of General Relativity.² In 1972 Maischberger and Bramanti published a first paper reporting about their activity, in which they acknowledged “the valuable suggestions from Prof. J. Weber” and thanked “Prof. B. Bertotti for initiating this work at ESRIN” (Bramanti, Maischberger 1972).

Bramanti and Maischberger’s resonant detector was a *room-temperature* aluminum cylinder, as Weber’s, 153 cm long, with a diameter of 70 cm and weighing 1580 kg, suspended by a steel wire in a vacuum chamber at 5×10^{-4} torr. An explicit optimism transpires from the paper:

We have decided to repeat Weber’s experiment not only to check his results, but because so far, it seems to be the most sensitive device for detecting gravitational waves.

Furthermore, it was planned to install a coincidence network with Weber’s detectors at the University of Maryland and the “Weber copy at the Max-Planck Institut in Munich”, where Heinz Billing and Walter Winkler had started in 1971 a Weber-like experiment.³ As Winkler recounted to the authors of this paper, he met Maischberger presumably in 1971 at a conference, where the ESRIN scientist gave a speech about the Frascati detector. Winkler was not aware of the GW activity in Frascati before, nor did he know Maischberger. Afterwards he contacted Maischberger and the two decided to establish a collaboration, which gave birth to the Munich-Frascati experiment. In the meantime, a British computer scientist, Donald Parkinson, had joined the ESRIN team and collaborated to the data analysis of the detector in Frascati (Bramanti *et al.* 1973). Between 1971 and 1973, ESRO was changing the destination of ESRIN, gradually transforming the space physics laboratory in a center for Space Documentation and for the development of the Information Retrieval Service database. The GW experiment at ESRIN continued until 1975, thanks to the financial support received from the Max Planck Institute in Munich, which took over the activity. Between July 1973 and January 1975, the detectors in Munich and Frascati worked simultaneously for 350 days. It was the most sensitive room temperature Weber type experiment accomplished so far. As J.L.

² Bertotti was in Princeton in the years 1958-1961. Among his publications of that period, we remember the fundamental work on the so-called Bertotti-Robinson solution of Einstein’s equations (Bertotti 1959).

³ In Munich the experimental work on bar detectors started on January 1st, 1971, when the young physicist Walter Winkler was hired to work on this topic under Billing’s supervision. By 1976 Billing’s gravitational team in Munich was composed by Walter Winkler, Albrecht Rudiger, Lise Schnupp, Roland Schilling, Peter Kafka. (Source: email-interview released by Walter Winkler to Adele La Rana, 15/9/2016).

Levine remembers in his historical review about the early years of GW detectors, at the time of room temperature bars the Munich-Frascati experiment unquestionably provided the most stringent test of all for the detection of gravity waves. However, it did not confirm Weber's results (Levine 2004).⁴ Nor did the experiment in triple coincidence set up among the Munich-Frascati detectors and the resonant bar at the Observatory of Meudon (Paris), built by the group of Silvano Bonazzola (Bonazzola *et al.* 1973).

In 1975 the Frascati detector was dismantled and later rebuilt in Garching, where Billing's team had moved in the meantime; it was the definitive end of ESRIN's brief GW activity. Maischberger was integrated into Billing's group, which had turned its interests to interferometric detectors around 1974.⁵ The first paper (Gertsenshtein, Pustovoit 1962) proposing an interferometric method to detect gravitational radiation was published in 1962 by the Russians M.E. Gertsenshtein and V.I. Pustovoit. However, it remained quite unknown. The idea spread out through the 1971 article by R.L. Forward and others (Forward *et al.* 1971) and especially through the 1972 report by Rainer Weiss, Electromagnetically Coupled Broadband Gravitational Antenna (Weiss 1972). The latter contained the first detailed analysis of the noise sources of an interferometric detector for GWs, of its sensitivity and its best mode of operation, providing an estimate of the scale-kilometer arm length needed to detect predicted sources. When Billing's group started the experimental activity on interferometers for GW detection, Rainer Weiss had not yet obtained funding for his own experiments, but offered his support to the German team. The contacts between the German group and the Americans date back to that period and were destined to strengthen in the following years, providing the premises for the future GEO-LIGO collaboration. Garching's 30-meter interferometric prototype was the first in the world to reach the shot-noise limit, paving the way to development of the giant interferometers LIGO.

3. The start of GW research in Rome: the cryogenic detectors

The Italian research activity for GW detection had its true start with the birth of the group led by Edoardo Amaldi and Guido Pizzella at the Physics Institute of the University of Rome. The aim of Amaldi's group was not to reproduce Weber's experiment, as Bramanti and Maischberger, but to build a more sensitive device, a second-generation detector: a *cryogenic* resonant bar. This long-term activity began in 1970 and lasted until the turning-off of the cryogenic resonant bar Nautilus at the National Laboratories in Frascati, in 2016, after the announcement of the first GW detections by the LIGO-Virgo collaborations (Abbott *et al.* 2016a, b). The roman experience had a deep impact on the development of the field in Italy, especially because of the scientific authoritativeness of Edoardo Amaldi, who became one of the main ambassadors of GW research in the world.⁶

⁴ Main papers by the Munich-Frascati collaboration are (Billing *et al.* 1975; Kafka, Schnupp 1978).

⁵ Source: email-interview released by Walter Winkler to Adele La Rana, 15/9/2016.

⁶ The *Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves* – organized for the first time in Frascati in 1994 (June 14-17) – was the first International gathering explicitly dedicated to the field and became a periodic appointment, which takes place every two years in a different location in the world.

It is worth to notice that the GW activity at the University of Rome was born as the first long-based coincident experiment involving groups from two different countries.

It started indeed as a joint endeavor with the teams of William Fairbank at Stanford University and the team of William Hamilton at Louisiana State University, envisaging the construction of three *cryogenic* resonant bar detectors, cooled to 0.003 K, to be installed in the three locations.

During the 1960s Edoardo Amaldi had made several attempts to found a research group on GWs in Rome. His interest for experiments on gravity arose in the late 1950s, in the context of the Renaissance of General Relativity, and grew up with the flourishing of relativistic astrophysics in subsequent years. Already in 1959 he had set up with his colleague Mario Ageno an experiment to study the possible effect of gravity on the beta decay constant, following a suggestion by Bruno Touschek (Bonolis, La Rana 2016). In the role of president of IUPAP he was aware of the new lymph flowing in the field of gravitation studies and was attentively following the experimental developments, as the investigations of Robert Dicke at Princeton about the equivalence of inertial and gravitational mass. On January 26, 1960 Amaldi took some notes in his diary about the talk given that day at the Institute in Rome by the Russian physicist Dmitri Ivanenko, titled *Remarks on transmutation of matter into gravitation*. Amaldi wrote down that it was necessary “to study gravitational waves, because it is not sure they exist”.⁷ This happened several months before the Varenna School on the Experimental Tests of Gravitational Theories (June 19-July 1), where Amaldi heard about Weber’s resonant bar detectors.

However, Amaldi’s attempts to start a GW activity during the 1960s were not successful. At the end of the decade, his hopes were on a young and brilliant student, Remo Ruffini, who spent with Amaldi’s strong support a period at Princeton University, training on gravitation with Robert Dicke and with John Wheeler and visiting Weber in Maryland. Amaldi’s explicit aim was setting up “an experimental group working in this field at the return of Ruffini”.⁸

The story went differently with respect to Amaldi’s expectation. His plans could finally come true thanks to the return from the United States of his young assistant Guido Pizzella, who became the actual leader of the new research.

Pizzella had spent several periods in USA, working mainly with James van Allen at Iowa University, where he achieved his PhD in 1962. Since 1963, Pizzella coordinated the group for space research in Rome, working at the first ESRO mission for solar wind measurements, the experiment S.73 flying on the satellite Heos-1.⁹ He continued to make long stays in USA, until summer 1970, when he definitely came back to Italy with the idea of beginning an experimental activity in fundamental physics. He hesitated between the brand new field of cosmic background radiation – observed for

⁷ The quoted documents belong to Amaldi’s Archive at the Physics Department of Sapienza University of Rome.

⁸ Letter from Amaldi to Reimar Lüst (who was about to become the Vice President of ESRO, in 1968), July 7 1967. Amaldi strongly supported Ruffini’s application for a European Space Research Organization (ESRO) fellowship, which would allow him spending two years in USA.

⁹ Heos-1 was the first European spacecraft to reach interplanetary space. It was launched in December 1968. For the solar wind experiment, see: (Bonetti *et al.* 1969).

the first time six years before – and the field of the gravitational wave detection, stimulated by Weber's recent claims of discovery.¹⁰

Finally in September 1970, Pizzella proposed to Amaldi to begin a research activity for GW detection in Rome. Already in January 1971 Amaldi received confidentially from Remo Ruffini the Stanford and Louisiana proposal for a detector consisting in a 5 ton aluminum bar, cooled to very low temperature (0.003 K) and employing a SQUID amplifier coupled to a resonant transducer. Three months later, Pizzella visited with Massimo Cerdonio, Renzo Marconero and Ivo Modena the facilities at Stanford University and Louisiana University, and the Bell Telephone Laboratory, where J. Anthony Tyson had constructed a GW Weber-type detector. Led by Hamilton they also went to the Mississippi-NASA Test Facility Center, in charge of constructing the cryostats to be set up at the Universities of Stanford and Louisiana.

The experimental activity started at the Laboratories *SNAM-Progetti* of the ENI group, located in Monterotondo (not far from Rome), whose director was Giorgio Careri, the renowned expert of low-temperature physics at Sapienza, and where a new helium liquefier was being set up. By 1974, also the physicists Gian Vittorio Pallottino, Franco Bordoni and Umberto Giovanardi had joined the team.

While the ESRIN experiment was intended to reproduce Weber's results in a short time, building room temperature detectors, Amaldi and Pizzella's project was much more ambitious, as it aimed at the second generation resonant bar detectors: this meant that it was a long-term project, which would take many years (Pizzella 2016). The technology needed to cool down an aluminum bar weighing several tons to cryogenic temperatures was not straightforward and the first attempts to build directly a big cryostat failed. The group then began experiments on smaller cryostats at the physics institute in Rome.

The plans changed many times, due to technical and logistic difficulties. In the second half of the 1970s the *SNAM-Progetti* Laboratory suffered the economic crisis and closed. Amaldi managed to move the big cryostat activity to CERN, the only place eligible to host and provide technical assistance to such a big scale cryogenic experiment. In this initiative, Amaldi was strongly supported by Emilio Picasso, Director of the Experimental Facilities at CERN. The gravitational antenna was called Explorer and began to work in the 1980s. It consisted in a cylindrical aluminum (Al5056) bar of 2300 kg, 3 m long and with a diameter of 60 cm, cooled through liquid helium down to 2.6 K. Its resonant frequencies were 906 Hz and 923 Hz.

The first coincidence measurements between the cryogenic resonant-mass detectors of Louisiana State University (Allegro, Baton Rouge), Rome (Explorer, Cern), and Stanford (Palo Alto) were accomplished in 1986. The antennas were still far from design sensitivity, too vulnerable to non-thermal noise, and not stable (less than 3 days of continuative operation). In 1990 Explorer became the first antenna reaching the nominal sensitivity and stability over long periods. For several years it has been the most sensitive experiment for GW detection, setting upper limits to the main GW source candidates. While the 1990s are the golden age of cryogenic resonant bars, they

¹⁰ Source: interview released by Guido Pizzella to Adele La Rana, 11/7/2015.

are also the years in which the plans for the new generation of GW detectors – the giant interferometric antennas – take the wind, with the projects LIGO and Virgo.

A timid attempt to explore the interferometric alternative was undertaken in Rome in 1976, through the undergraduate thesis work of two students, Massimo Bassan and Livio Narici. The supervisors were Amaldi and Pizzella, but the research did not have further developments.¹¹

The choice made by Amaldi's group – to bet on cryogenic resonators and not, as Billing's team in Garching, on interferometry – had of course its weight on the evolution of GW research in Italy. A detailed analysis of the reasons and implications of this choice is still a matter of historical investigation. The high level research carried out and the great international expertise acquired has given the Italian group a leading role in the field. Furthermore, the importance of the political support given by Guido Pizzella to the LIGO and Virgo projects should not be neglected in this analysis.

4. Hints on the origins of the Virgo project

The idea of a French-Italian collaboration for GW detection was born from the encounter of two researchers with very different scientific backgrounds: the French expert in optics Alain Brillet and the Italian particle physicist Adalberto Giazotto. They met for the first time in 1985, at the IV Marcel Grossman Meeting (MG4) in Rome and realized they had been working since few years at two complementary fundamental features of GW interferometric antennas. Brillet's group in Orsay was working on lasers and optical metrology; Giazotto's team in Pisa was developing sophisticated multipendular suspensions for the mirrors of the interferometer, in order to attenuate the seismic noise acting on them.

Brillet became interested in interferometric detectors after his PhD in Orsay, while spending two years at the University of Colorado in Boulder (1977-1978), in the group of John L. Hall. Here Brillet had the chance to come in contact with Peter L. Bender, who was conceiving a project to build a space interferometer for GWs, the future LISA (Laser Interferometer Space Antenna) (Faller *et al.* 1985). Back in Orsay UPMC, Brillet was at the 1979 Marcel Grossmann Meeting in Trieste, where he met Ron Drever – who had shortly before invented power recycling and was implementing it in Glasgow – as well as Rüdiger and Schilling, who were presenting the first results of Garching's interferometric prototype and their first mode cleaner (Maischberger *et al.* 1979).

Briefly after, Brillet began to discuss with the experimentalist Christian Bordé and the theorists Philippe Tourrenc and Jean Yves Vinet the idea of investigating in France the interferometric approach. He visited Rai Weiss at MIT, receiving help and encouragement. An experimental activity began in Orsay in the early 1980s, led by Brillet and soon joined by the young student Nary Man and later by other young researchers, as David Shoemaker.

¹¹ See the paper by Bassan and La Rana in these proceedings.

During the years 1982-1985, the team did not receive regular funding but had many small contracts for research coming from the physics department of CNRS, the French military, the European Community and private enterprises.

The main activities concerned optical metrology, reduction of shot-noise and enhancement of power laser stability. Particularly relevant was finding an appropriate solution for the laser source. As Brilliet later described (Brillet 2009): “The main challenge was to convince the community that it could be possible to split the dark fringe into more than ten billion, which required an incredibly stable and powerful laser”. In the frequency range of the most promising astrophysical candidates considered at the time – supernovae, emitting GWs around 1 kHz – the main noise sources to face up were shot noise and laser noise. The path to follow was Drever’s recycling, the technique recently invented to reduce by a large factor laser power required by GW interferometers, which had not yet been proven by an experiment or even by calculation (Brillet 2009). Using Argon lasers – the only high power single frequency laser available at the time – Nary Man and the French team showed that the sensitivity of a Michelson-Fabry-Perot interferometer (up to 2 Watts) is effectively limited by shot noise and demonstrated for the first time the efficiency of power recycling. In addition, the choice and the study of green light Nd-YAG lasers, to replace the noisy and unreliable Argon lasers, was a relevant step undertaken by the group in those early years.

In the meantime, the astrophysicists had been observing a growing number of pulsars detected with radio telescopes. The discovery of the first binary system composed of a pulsar orbiting a neutron star dated back to 1974 and was achieved by Russell Hulse and Joseph Taylor (Hulse, Taylor 1975). In their 1975 paper, the two American physicists highlighted that the binary configuration provided a nearly ideal laboratory for testing General Relativity, “including an accurate clock in high-speed, eccentric orbit and a strong gravitational field”. The observation over several years of the discovered system – called PSR 1913+16 – showed that the orbit of the pulsar was slowly shrinking over time, following with great accuracy the curve predicted by General Relativity for the energy loss due to GW emission (Taylor, Weisberg 1982). These results constituted the first indirect proof of the existence of GWs.¹² The scientific evidence coming from the observation of the PSR 1913+16 system provided a strong support to the decision of starting the new expensive projects for GW detection: the kilometric interferometers LIGO and Virgo.

Adalberto Giazotto had been working in the field of particle physics since his graduation at the University of Rome, in 1964. He participated in the electro production experiments and in the study of the form factors of mesons, accomplished by the group of Edoardo Amaldi and Gherardo Stoppini in Frascati, and then continued his activity in the laboratory of Daresbury in Great Britain and afterwards at CERN, in the experiments

¹² Hulse and Taylor were awarded the Nobel Prize in Physics in 1993, for discovering the pulsar and showing it would make possible this particular gravitational wave measurement. From Taylor’s Nobel Lecture: “The clock-comparison experiment for PSR 1913+16 thus provides direct experimental proof that changes in gravity propagate at the speed of light, thereby creating a dissipative mechanism in an orbiting system. It necessarily follows that gravitational radiation exists and has a quadrupolar nature”.

NA1 and NA7 led by the Pisa group (Bemporad, Bonolis 2012). His interest in GWs awoke in the first 1980s, as he aimed at starting a new experimental activity in fundamental physics. Stimulated by the observation of many new pulsars made through the Australian Radiotelescope in Marrabba, Giazotto focused on gravitational sources, which could emit GWs with frequencies starting from a lower limit of 10 Hz. It was a fundamental change of the point of view, as, up to then, the privileged GW sources considered for detection had been the supernova explosions, with peaks expected around 1 kHz. The bar detectors had resonant frequencies around this value and their narrow band of observation was optimized for that kind of source. Instead, Giazotto turned his attention to low frequencies, which presented seemingly insuperable experimental problems, due to seismic noise acting on the detectors components. In order to enlarge the bandwidth of detection to low frequencies, it was necessary not only to switch to interferometric detectors but also to study and build a new kind of seismic isolator for the mirrors of the interferometer. In 1982 Giazotto submitted to the PISA INFN section a detailed internal report (Giazotto 1982). The experimental activity started in San Piero a Grado (Pisa) in the early 1980s with the name IRAS (*Interferometro per la Riduzione Attiva del Sisma*). The idea of Giazotto was to use a multipendular suspension for the mirrors, in order to dissipate the vibrational energy along the chain and insulate from Earth's movement the last pendular stage, where the mirror hangs.

When Brilliet and Giazotto met at the MG4 (June 17-21), the latter was presenting the first results from IRAS (Giazotto *et al.* 1986). The collaboration between Pisa and Orsay had its start and, already in May 1987, four Italian groups and the one from France led by Brilliet signed the First Proposal for a French-Italian ground-based Interferometric Antenna. The teams involved were the following: the French group from CNRS and the Université Pierre et Marie Curie in Orsay, Paris (A. Brilliet, C.N. Mann, D. Shoemaker, P. Tournenc, J.-Y. Vinet); the team from Pisa INFN section and Pisa University (R. Del Fabbro, A. Di Virgilio, A. Giazotto, H. Kautsky, V. Montelatici, D. Passuello, A. Stefanini); the group from the University of Naples "Federico II" (F. Barone, R. Bruzzese, A. Cutolo, M. Longo, L. Milano, S. Solimeno); the teams from Frascati CNR (F. Bordoni, F. Fuligni, V. Iafolla) and from the University of Salerno (I. Pinto).

In 1989 the Virgo Project was finally defined.¹³ New groups entered the endeavor in 1992: Perugia INFN section, LAPP (Annecy), IPN (Lyon), Florence University, Sapienza and Tor Vergata Universities of Rome, Genova University and the Padova-Trento group. In June 1992, the French Minister Hubert Curien approved officially the Virgo Project, while a year later the Provisional Virgo Council formed and also INFN gave its approval. The final agreement between the French CNRS and the Italian INFN was signed in 1994, on June 27, by the President of INFN Luciano Maiani and the President of CNRS Francois Kourilsky. The interferometer would be built in Cascina, near Pisa, with a 76 MegaECU funding (European Currency Unit), about 50 million euros. The construction began in 1997, after a long dealing for the expropriation of the

¹³ In addition to the previous groups, also the ones from CNRS-Université Paris VI, from the Observatoire de Meudon, from the University of Illinois and the University of San Paolo signed the 1989 Virgo Project.

fields in Cascina, owned by more than 100 different landlords.¹⁴ Alain Brillat and Adalberto Giazotto were the Project Leaders, alternating their role every three years.

The Virgo group in Naples, led by Leopoldo Milano, implemented a prototype of bi-pendular suspension interferometer with 3-meter armlength. The effort was shared by several young researchers: Fabrizio Barone, Enrico Calloni, Rosario De Rosa, Luciano Di Fiore, Aniello Grado, Guido Russo (Barone *et al.* 1995a, b; 1996). The interferometer, which was the first in the world to be operated with digital controls, has pioneered the technology, which in the following years was adopted for all the long-based interferometric detectors.

5. Open questions

Why was not Virgo born as a European project instead of a French-Italian endeavor? Why Europe does not have two Virgo interferometers as USA has two LIGO?

These questions are strongly addressed by the scientists and stakeholders of the GW community, especially after the first detections made by the LIGO interferometers.

During the 1980s, several attempts were made by Alain Brillat and Adalberto Giazotto in order to stimulate a wider collaboration. Giazotto had some contacts with Maischberger for a shared project. In a recent article published on *Ciel & espace*, also Brillat mentions his own efforts for a European interferometer, involving also German and English groups (Brillat 2017). The different starting times of the research activities did not favor the cooperation. The teams in Glasgow and in Garching had begun their research activity on interferometric detectors several years before the French. In September 1989, several British and German groups signed a “Proposal for a joint German-British Interferometric GW detector”. However, the project failed after the unification of Germany and the change in the financial priorities of the country. Other reasons why Virgo was not born as a European experiment are related to scientific divergences among the European groups, especially on the type of interferometer to be built (Fabry Perot versus Delay Lines) and on the choice of the site for the detector. In 1988 a European Collaboration Meeting on Interferometric Detection of GWs took place in Sorrento (September 30-October 3), where the idea of a European Interferometer was discussed, but again the attempt had no success.

Further investigations are needed to better understand the dynamics that stimulated the birth of a French-Italian agreement for a joint GW interferometer instead of an extended European collaboration, as envisaged between the late 1970s and early 1980s.

¹⁴ In 1995, September 25, the *Gazzetta Ufficiale* published the expropriation resolution of the Italian Minister of Public works, for the fields in Cascina chosen as the best site to build the Virgo interferometer.

References

- Abbott B.P. *et al.* (2016a). “Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger”. *Physical Review Letters*, 116, 061102.
- Abbott B.P. *et al.* (2016b). “GW151226: Observation of Gravitational Waves from a 22-Solar-Mass Binary”. *Physical Review Letters*, 116, 241103.
- Barone F., Grado A., Milano L., Russo G., Calloni E., Di Fiore L. (1995). “Digital error-signal extraction technique for real-time automatic control of optical interferometers”. *Applied Optics*, 34, pp. 8100-8105.
- Barone F., Calloni E., Grado A., De Rosa R., Di Fiore L., Milano L., Russo G. (1995). “High accuracy digital temperature control for a laser diode”. *Review of Scientific Instruments*, 66, 4051-4054.
- Barone F., Calloni E., Di Fiore L., Grado A., Milano L., Russo G. (1996). “Digitally controlled interferometer prototype for gravitational wave detection”. *Review of Scientific Instruments*, 66, 4353-4359.
- Bemporad C., Bonolis L. (2012). *Adalberto Giazotto*, in *Storie di uomini e quarks. La Fisica Sperimentale a Pisa e lo Sviluppo della Sezione dell’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (1960-2010)*. Bologna: SIF.
- Bertotti B. (1959). “Uniform Electromagnetic Field in the Theory of General Relativity”. *Physical Review*, 116, pp. 1331-1333.
- Billing H., Kafka P., Maischberger K., Meyer F., Winkler W. (1975). “Results of the Munich-Frascati Gravitational Wave experiment”. *Lettere al Nuovo Cimento*, 12, 25, pp. 111-116.
- Bonazzola S., Chevreton M., Felenbok P., Herpe G., Thierry-Mieg J. (1973), *Meudon Gravitational Radiation Detection Experiment*, in *Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique* (Paris, June 18-22, 1973). Paris: Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.
- Bonetti A., Moreno G., Cantarano S., Egidi A., Marconero R., Palutan F., Pizzella G. (1969). “Solar-wind observations with satellite ESRO HEOS-1 in December 1968”. *Il Nuovo Cimento*, B64, pp. 307-323.
- Bonolis L., La Rana A. (2016). *The beginning of Edoardo Amaldi’s interest in gravitation experiments and in gravitational wave research*, Esposito S. (ed.), *Atti del XXXV Convegno annuale della SISFA* (Arezzo, September 16-19, 2015). Pavia: Pavia University Press.
- Bramanti D., Maischberger K. (1972). “Construction and Operation of a Weber-Type Gravitational-wave Detector and of a Divided-Bar Prototype”. *Lettere al Nuovo Cimento*, 4, pp. 1007-1013.
- Bramanti D., Maischberger K., Parkinson D. (1973). “Optimization and data analysis of the Frascati Gravitational-Wave detector”. *Lettere al Nuovo Cimento*, 7, pp. 665-670.
- Brillet A. (2009). *Before Virgo, early studies in Orsay: 1979-1985*, in Bradaschia C. (ed.), *h-The Gravitational Voice. Special Edition. Virgo 20th Anniversary*. Pisa: European Gravitational Observatory-Virgo Collaboration.
- Brillet A. (2017). “La lente maturation d’un rêve”. *Ciel & espace - L’univers de l’Association Francaise d’Astronomie*, 552, pp. 70-71.

- Faller J.E., Bender P.L., Hall J.L., Hils D., Vincent M.A. (1985). "Space antenna for gravitational wave astronomy", in Longdin N., Melita O. (eds.), *ESA Colloquium in Kilometric Optical Arrays in Space* (Cargèse, October 23-25, 1984). Cargèse: ESA Special Publication.
- Forward R.L., Miller L.R., Moss G.E. (1971). "Photon-Noise-Limited Laser Transducer for Gravitational Antenna". *Applied Optics*, 10, pp. 2495-2498.
- Gertsenshtein M.E., Pustovoi V.I. (1962). "On the detection of low frequency gravitational waves". *Soviet Physics JETP*, 16, pp. 433-435.
- Giazotto A. (1982). "Interferometric Detection of Gravitational Waves: Theory and Noises". INFN-Pisa internal report.
- Giazotto A., Campani E., Passuello D., Stefanini A. (1986). *Performance of an active pendulum with interferometric sensing*, in Ruffini R. (ed.), *Proceedings of the Fourth Marcel Grossmann Meeting* (Rome, June 17-21, 1985). Amsterdam: North-Holland.
- Hulse R.A., Taylor J.H. (1975). "Discovery of a pulsar in a binary system", *Astrophysical Journal*, 195, pp. L51-L53.
- Kafka P., Schnupp L. (1978). "Final Result of the Munich-Frascati Gravitational radiation Experiment". *Astronomy and Astrophysics*, 70, pp. 97-103.
- Levine J.L. (2004). "Early Gravity-Wave Detection Experiments, 1960-1975". *Physics in Perspective*, 6, pp. 42-75.
- Maischberger K., Rudiger A., Schilling R., Schnupp L., Winkler W., Billing H. (1979). "Noise investigations in a laser interferometer for the detection of gravitational radiation", in Ruffini R. (ed.), *Proceedings of the Second Marcel Grossmann Meeting* (Trieste, July 5-11, 1979). Amsterdam: North-Holland.
- Pizzella G. (2016). "Birth and initial development of experiments with resonant detectors searching for gravitational waves", *The European Physical Journal*, H41, pp. 267-302.
- Taylor J.H., Weisberg J.M. (1982). "A new test of general relativity: Gravitational radiation and the binary pulsar PSR 1913 + 16." *Astrophysical Journal*, 253, pp. 908-920.
- Weber J. (1960), "Detection and Generation of Gravitational Waves". *Physical Review*, 117, pp. 306-313.
- Weber J. (1962). *On the Possibility of Detection and generation of Gravitational Waves*, in *Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, XCI: Le Theories Relativistes de la Gravitation* (Royaumont, 21-27 June 1959). Paris: Editions du Centre National de la Recherche Scientifique.
- Weber J. (1969). "Evidence for the Discovery of Gravitational Radiation". *Physical Review Letters*, 22, pp. 1320-1324.
- Weber J., Wheeler J. (1957). "Reality of the Cylindrical Gravitational Waves of Einstein and Rosen". *Reviews of Modern Physics*, 29, pp. 509-515.
- Weiss R. (1972). "Electromagnetically Coupled Broadband Gravitational Antenna". *Quarterly Progress Report*, MIT Research Lab of Electronics, n. 105, pp. 1-76.

STARS AND AROUND

Italian Historical Meteorological Observatories (OMSI): from the past to the future

Mario Calamia - OMSI, Firenze - mario.calamia@unifi.it

Abstract: The Association of the Italian Meteorological Observatories (OMSI) has been recently created and has been incorporated in Florence at the *Fondazione Osservatorio Ximeniano*, an ancient and famous Florentine scientific institution that has operated for more than 200 years in the field of meteorology. The members of the Association are:

- Fondazione Osservatorio Ximeniano Onlus, Firenze;
- INAF, Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Napoli;
- Fondazione Osservatorio Meteorologico Milano Duomo Onlus, Milano;
- Osservatorio Meteorologico S. Marcellino – DISTAR, Università di Napoli “Federico II”, Napoli;
- Osservatorio “Valerio” – Comune di Pesaro, Servizio Risorse e Sviluppo, Pesaro;
- Osservatorio Meteorologico e Geofisico “Luigi Ferrajolo”, Taranto;
- Istituto di Biometeorologia IBIMET-CNR, Firenze.

The main scope of this Association is that of giving value to the science of meteorology in Italy, tracing and making known the traditions of the Institutions that have developed throughout centuries this important branch of science.

Two aspects need to be considered: 1) make the instruments existing in the various museums known to the community; 2) put the immense database in common; only the comparison of the data can help the meteorologists give accurate weather forecast.

Keywords: Observatories, Meteorology.

1. Premessa

Nella seconda metà del XIX secolo e primi anni del XX, sono sorti e si sono sviluppati, in Italia, un grande numero di Osservatori meteorologici. Legati strettamente al territorio, avevano lo scopo di raccogliere dati meteorologici locali per rendere un servizio alle esigenze della società. Esiste una vasta letteratura sulle vicende, non sempre fortunate, di queste strutture, spesso legate a particolari situazioni politiche (Borchi *et al.* 2015).

In molti casi essi custodiscono apparecchiature la cui validità storica è indiscussa, ma anche raccolte di dati di rilevante attualità. Questa serie di dati locali ha un ruolo fondamentale nella moderna meteorologia ma, finché resta in polverosi archivi, la sua utilità è solo potenziale.

Da questa riflessione è nata l'Associazione degli Osservatori Meteorologici Italiani (OMSI), della quale da qualche tempo si discuteva e che oggi viene presentata, dopo la sua recentissima costituzione (2016). Due gli scopi principali:

- fare conoscere la ricca dotazione di strumenti esistente negli Osservatori meteorologici italiani;
- creare un comune database storico; solo la sua conoscenza può rendere più affidabili le previsioni meteorologiche di oggi.

2. Costituzione dell'Associazione OMSI

I soci fondatori dell'Associazione sono:

- Fondazione Osservatorio Ximeniano Onlus, Firenze;
- Osservatorio Meteorologico S. Marcellino-DISTAR, Università di Napoli "Federico II";
- Osservatorio Meteorologico e Geofisico "Luigi Ferrajolo", Taranto;
- Fondazione Osservatorio Meteorologico di Milano Duomo Onlus, Milano;
- Osservatorio "Valerio", Comune di Pesaro, Servizio Risorse e Sviluppo, Pesaro.

Si tratta di Istituzioni dotate di stazioni meteorologiche secolari sempre funzionanti con disponibilità quindi di serie di dati meteo di grande valore scientifico e storico. È in corso l'adesione di altre importanti e qualificate realtà del mondo meteorologico.

Di seguito delle brevi schede sui soci fondatori.

2.1. Osservatorio Ximeniano

Fondato nel 1756 dal gesuita Leonardo Ximenes, è passato agli Scolopi nel 1773, diventando Fondazione Osservatorio Ximeniano onlus nel 2004.

Esso è articolato su tre Sale Museali, il Gabinetto "Filippo Cecchi", dedicato alle origini della sismologia, il Museo storico dedicato ad Astronomia, Cartografia, Motore a scoppio, Meteorologia, e la Sala "Alfani Bravieri", dedicata al lavoro di P. Guido Alfani – sia come sismologo che come radiotecnico – e di P. Dino Bravieri.

Dispone inoltre di due Biblioteche, quella antica (circa 2000 volumi del Seicento-Settecento) e quella moderna (circa 4000 volumi dell'Ottocento-Novecento) e di un Archivio Storico (circa 2000 unità).

Oggi, l'Osservatorio Ximeniano diventato Fondazione Osservatorio Ximeniano onlus opera in campo meteorologico attraverso una convenzione con l'IBIMET-CNR e in campo sismologico attraverso una Convenzione con l'INGV.



Fig. 1. Un'immagine panoramica del centro storico di Firenze dove è evidenziata l'ubicazione dell'Osservatorio Ximeniano

2.2. Osservatorio Meteorologico S. Marcellino

Fondato nel 1860 con decreto di Giuseppe Garibaldi, raccoglie dati meteorologici dal 1872. Per la sua posizione al Centro di Napoli, permette di correlare le variazioni della meteorologia locale al processo di urbanizzazione tipico delle grandi aree metropolitane.

2.3. Osservatorio Meteorologico e Geofisico "Luigi Ferrajolo"

Fondato nel 1892 da Luigi Ferrajolo, è riconosciuto come Osservatorio Geofisico nel 1900 dal Ministero della Marina. Le sale museali sono le seguenti:

- Sezione meteorologica;
- Sezione sismologica;
- Sezione degli apparati radioriceventi;
- Biblioteca scientifica;
- Archivio storico.

Oggi, l'Osservatorio "Luigi Ferrajolo" continua la raccolta di dati meteorologici (serie storica dal 1892).

2.4. Osservatorio Meteorologico di Milano Duomo

Costituito come Fondazione nel 2015, è erede del patrimonio morale, culturale e scientifico dello storico Osservatorio Meteorologico di Milano Duomo, composto di una stazione meteorologica sempre attiva e di un'ampia Biblioteca settoriale.

2.5. Osservatorio "Valerio"

Fondato nel 1861 come Osservatorio Meteorologico è composto di:

- quattro sale museali dove è raccolta la strumentazione storica dell'Ottocento e dei primi del Novecento restaurata e ricollocata, quando possibile, nella posizione originaria;
- Biblioteca storico-scientifica;
- Archivio dati meteorologici dal 1871 a oggi.

L'Osservatorio "Valerio" fa oggi parte della rete sismica nazionale, e continua nell'attività di meteorologia e sismologia.



Fig. 2. L'Osservatorio "Valerio" a Pesaro

I cinque Osservatori Meteorologici citati costituiscono la base dell'Associazione Osservatori Meteorologici Storici Italiani, il cui scopo è chiaramente riportato nell'articolo 6 dello Statuto:

- promuovere lo sviluppo e la valorizzazione del patrimonio scientifico e culturale degli Osservatori Meteorologici Italiani;
- rappresentare un elemento di collegamento fra le diverse Istituzioni che trattano la climatologia, la meteorologia e il monitoraggio ambientale.

E per questo è molto importante:

- far conoscere l'ingente patrimonio degli Osservatori Meteorologici Storici Italiani;
- mettere in comune l'immane raccolta di dati, consapevoli che solo l'analisi delle serie storiche dei dati potranno rendere più affidabili le previsioni meteorologiche nel presente e nel futuro.

3. Conclusioni

Questa breve nota ha il solo scopo di far conoscere una nuova realtà appena costituita. Essa è un atto di buona volontà e fiducia nel ruolo che queste Istituzioni possono avere ancora oggi. Il loro patrimonio è una ricchezza per il Paese, e farlo conoscere è la premessa per una sua utilizzazione razionale e certamente utile.

Bibliografia

Borchi E., Macii R., Vagnoli C. (2015). *La rete Meteorica della Toscana*. Firenze: Nardini Editore.

The status of astronomy in Naples before the foundation of the Capodimonte Observatory

Mauro Gargano - INAF Osservatorio Astronomico di Capodimonte -
mauro.gargano@inaf.it

Abstract: During the years in which astronomy turned into a modern science, the contribution of Neapolitan scientists was not negligible; it is enough to mention Giovan Battista Della Porta and Francesco Fontana. However the University of Naples created the chair of astronomy only in 1734 without instruments and a site where carrying out astronomical observations. Therefore the Neapolitan astronomers were forced to use private observatories such as that of the College of the Piarists and of Lord Acton. Unfortunately the dispatches of 1750 and 1768, as well as the Royal Decree of 1791, for the foundation of an Observatory in Naples did not come along. The Astronomical Observatory of Naples was just established in 1807 in the old monastery of San Gaudioso. Then, in 1812, Murat decreed the construction of the new building at Capodimonte. Nevertheless the Neapolitan astronomers were esteemed throughout Europe for their observational and theoretical contributions to the development of astronomy.

Keywords: Astronomy, University of Naples, Neapolitan observatories, Giovan Battista Della Porta, Nicola Maria Carcani, Pietro Di Martino.

1. Introduzione

Durante il suo viaggio a Napoli per visitare il nuovo osservatorio astronomico a Capodimonte, l'astronomo Franz Xaver von Zach poté verificare di persona l'interesse napoletano per l'astronomia e le ricerche condotte dagli scienziati. Nella corrispondenza con Barnaba Oriani, astronomo a Brera, pubblicata nel 2015,¹ Zach racconta l'entusiasmo per la vacanza in una splendida città, come un novello Goethe, ed esalta la magnificenza della costruzione («Quest'osservatorio è il Vesuvio dell'Astronomia») e la straordinaria dotazione strumentale, elementi che testimoniavano un reale interesse del governo e degli scienziati per lo sviluppo dell'astronomia a Napoli. Il tono delle lettere cambia repentinamente con l'evoluzione degli avvenimenti politici che portarono alla caduta di Murat e al ritorno sul trono di Napoli di Ferdinando di Borbone. Zach scrive di una *Comedia* trasformata in *Tragedia* e di un osservatorio che forse non arriverà mai a

¹ (Gargano *et al.* 2015) raccoglie 22 lettere di Zach insieme ad altre della duchessa Charlotte di Saxe-Gotha, dell'astronomo Zuccari e del costruttore di strumenti Reichenbach per un corpo di documenti di 43 lettere redatte in tre diverse lingue e tradotte in italiano.

termine. La sua definitiva conclusione è che «l'astronomia nel Regno delle Due Sicilie, pur bagnato da due mari, è una pianta rara e molto delicata che finora non è stata coltivata se non in una serra calda che si trova a Palermo... Quale la causa? Il fatto è che di solito si sanno scegliere meglio le cose degli uomini» (Gargano *et al.* 2015, p. 244).

Era davvero questo lo stato dei fatti? La drammatizzazione di Zach corrispondeva alle reali condizioni dell'astronomia a Napoli? Questa comunicazione cercherà di definire un quadro più chiaro, ancorché sintetico, delle attività scientifiche sviluppate a Napoli sino a tutto il Settecento.

2. Dalla *Strologia* alle prime osservazioni

Le vicende storiche e politiche del Regno di Napoli hanno segnato l'evoluzione degli studi universitari. A differenza di altri atenei nati come associazione di studenti, come a Bologna, oppure di studiosi che regolavano le lezioni per i propri scolari, come per la nascita della Sorbona a Parigi, lo Studio Napoletano fu fondato nel 1224 dall'Imperatore Federico II ed era volto a formare un organismo statale che promuovesse l'insegnamento di varie discipline, reclutasse i professori e sostenesse gli studenti: *per scientiarum haustum et seminarium doctrinarum* (Origlia 1773, p. 77). Quest'origine laica e statale dell'Università non impedì alla Chiesa napoletana di influenzare fortemente gli orientamenti formativi e le modalità organizzative. L'insegnamento era affidato quasi esclusivamente al clero e le letture, ovvero le lezioni, erano tenute in alcune sale messe a disposizione dai monasteri che il governo sosteneva pagandone il fitto (Cutolo 1923, pp. 11-16).

Verso il 1487 i corsi universitari furono concentrati nei monasteri di San Domenico, dove aveva studiato teologia Tommaso d'Aquino, di San Pietro a Maiella e di San Ligorio, ovvero il monastero di San Gregorio Armeno. Gli insegnamenti riguardavano il diritto, la teologia, la medicina, le discipline filosofico-letterarie – il *trivium* – e le arti liberali – il *quadrivium* –, che comprendevano la matematica, l'astronomia e la musica. Le testimonianze archivistiche e bibliografiche indicano che il numero dei corsi e dei lettori non ebbe una sufficiente costanza negli anni. Tra il XV e il XVI secolo, lo Studio ha avuto da un minimo di un lettore per l'anno accademico 1526-1527, fino a un massimo di 26 lettori per gli anni accademici 1472-1473 e 1473-1474, senza contare gli anni in cui l'Università restò chiusa per turbolente vicende politiche o per gravi epidemie. Dalla lettura dei *rotuli*, cioè gli elenchi degli insegnamenti e dei professori, si evidenzia nell'anno accademico 1465-1466 la presenza, per la prima volta, di un corso di *Strologia* tenuto da Angelo Catone (1440ca.-1496), filosofo beneventano, astrologo e medico di Ferrante I d'Aragona. Tra i suoi più importanti scritti c'è il *De cometa anni 1472* in cui Catone riporta le indicazioni fenomenologiche e le caratteristiche di colore e di posizione della cometa, a cui attribuisce il nome di *Pogonias*;² inoltre interpreta l'evento celeste dando indicazioni di tipo astrologico. L'approccio è da appassionato osservatore dell'oggetto

² *Pogonias* deriva dal termine greco *πῳγων*, ovvero barba. La cometa era stata definita così anche da Fracastoro per l'estesa coda luminosa che sembrava una lunga barba bianca. Per caratteristiche simili, anche la cometa del 1577 fu definita allo stesso modo da Wincklerus (Hellman 1944).

“barbuto”, un criterio molto diverso da quello usato, ad esempio, dal Regiomontano il quale tentò di determinarne la distanza misurando la parallasse della cometa rispetto alle stelle Spica e Arturo (Frisch 1868, pp. 249-256).

Oltre al Catone, il corso di astrologia ebbe come lettori anche Silvestro Galeota (?-1488), protomedico di Ferdinando I d’Aragona, e Johan de Actaldo (1431-1493ca.), filosofo e poi arcivescovo di Trani. L’elenco dei lettori si ferma qui, evidenziando uno scarso interesse universitario e intellettuale per l’astronomia e con essa per la matematica. Agli inizi del Cinquecento il nome che più spicca tra i lettori è quello del monaco celestino Marco da Benevento, teologo e matematico che durante la sua permanenza a Bologna aveva seguito insieme a Copernico le lezioni di astronomia di Domenico Maria Novara, tanto che nel volume *Apologeticum opusculum* si definisce *Syderalis scientiae studioso* (Ciarlanti 1644, p. 474). A Napoli fu lettore di logica e geometria tra il 1512 e il 1515, inoltre impartiva privatamente lezioni di matematica e astrologia. I *rotuli* cinquecenteschi non riportano altre letture sia di *Strologia* che di Fisica, Logica e Geometria, ad eccezione dell’anno accademico 1533-1534 quando Giovanni Battista Valenziano tenne la lettura delle Matematiche.

Il *magister medicinae et artium* Giovanni Bernardino Longo (1528ca.-1599), lettore di filosofia, osservò la cometa del novembre del 1577 e scrisse un opuscolo, *De cometis disputatio*, nel quale il fenomeno è trattato in maniera fattuale, come nel testo di Catone. Esaminando natura e causa delle comete, Longo si sofferma su alcuni aspetti astrologici respingendo l’opinione che le comete, come le eclissi e altri fenomeni celesti, fossero foriere di guerre, sciagure ed epidemie: «quando Sol vigesima ottava Scorpionis parte attingebat, Lunaque fere cum ipso congiunta erat... Caudatus ille fuit Cometa, cauda quammaximam Oriente versus emittebat [...]. Et hic falsi pœna plectendus est, cum enim Cometam sempre malum portendere afferat» (Longo 1578, p. [4r], 27). Davvero poco per affermare nel mondo intellettuale e accademico napoletano una cultura scientifica che nel resto d’Europa dibatteva del sistema eliocentrico di Copernico e della stella nova di Tycho Brahe: due passaggi fondamentali della scienza che, con le successive scoperte di Galilei, avrebbero trasformato l’astronomia, cambiandola per sempre, e con essa la concezione che l’uomo aveva dell’universo.

3. Il segreto dell’occhiale napoletano

Se nel circuito accademico napoletano poco si muoveva, nel tessuto culturale della città emergevano, tra la fine del Cinquecento e i primi anni del XVII secolo, figure singolari con una caratura che travalicava i confini del Regno: Giovanni Battista Della Porta, Fabio Colonna e Francesco Fontana.

Figura poliedrica e dai molteplici interessi, Della Porta si occupò di teatro, di alchimia, di fisiognomica, di ottica e di astrologia. Raccogliendo tutte le suggestioni che gli offriva l’eco europea del nuovo pensiero filosofico e scientifico, Della Porta abbandonò ogni asserto della filosofia scolastica concentrando i suoi studi sull’interpretazione esclusivamente sperimentale della natura. Nel 1560 fondò l’*Academia Secretorum Naturae*, la prima accademia scientifica d’Europa che aveva tra

i suoi obblighi quello di investigare, «studiare & imparar noi stessi, non essendo studio nè altro essercitio alcuno, che più sia vero della Filosofia naturale» (Ruscelli 1567, p. 3v). L'Accademia, invisa ai circoli conservatori napoletani, fu chiusa nel 1580 e Della Porta dovette difendersi dall'accusa di occultismo nel tribunale della Santa Inquisizione (Valente 1999). Nel 1610 Federico Cesi lo volle socio della neonata Accademia dei Lincei e nel 1611 viceprincipe del Linceo di Napoli.

Se la prima versione del *Magiae Naturalis*, pubblicata da Della Porta nel 1558 all'età di quindici anni, indusse l'Inquisizione spagnola a mettere il volume all'indice, il testo in venti libri, pubblicato nel 1589, offre una visione più matura dell'attività sperimentale dello scienziato napoletano. Nell'opera si occupa anche di ottica e accenna alla possibilità di costruire un telescopio: «Le lenticchie cave fanno vedere chiarissimamente le cose che sono di lontano, le convesse le vicine; [...] se tu saprai accomodare l'une, e l'altre, vedrai le cose, e vicine, e lontane, e chiaramente, & anchora grandi» (Della Porta 1611, p. 647). Con quest'asserzione, Della Porta rivendicò più volte l'invenzione del cannocchiale: «del secreto dell'occhiale l'hò visto et è una castronaria, et è presa dal mio libro 9 de refractione»³ (Della Porta 1609). Il Linceo napoletano riconobbe però a Galilei di aver saputo sfruttare al meglio questa nuova tecnologia: «l'invenzione dell'occhiale in quel tubo è stata mia invenzione, e Galileo letter di Padua l'have accomodato, col quale ha trovato 4 altri pianeti in cielo et numero di migliaia di stelle fisse, e nel circolo latteo altrettante non viste anchora, e gran cose nel globo della Luna. N'empiono il mondo di stupore» (Della Porta [s.d.]).

Nel 1613 Fabio Colonna, altro linceo napoletano che negli anni a venire si dedicherà alla botanica, aveva eseguito una serie di osservazioni delle macchie solari con alcune lenti inviategli da Galilei. Con Della Porta lavorò, tra il 1613 e il 1614, alla realizzazione di «una nuova forma di telescopio, il qual farà centuplicare effetto più del solito, che si con il solito si vede sin nell'ottava sfera, con questo si vedrà sin nell'empireo, e piacendo al S. spiaremo i fatti di la sù, e faremo un nuncio empireo» (Della Porta 1614). I due lincei napoletani usarono questo primo telescopio napoletano in occasione dell'eclisse del 3 ottobre 1614; compirono una serie completa di disegni delle varie fasi dell'eclisse che sottomiserò all'esame dell'astronomo fiorentino.

Il 4 febbraio 1615 Della Porta morì e ben poco restò della spinta propulsiva dei due accademici se non le industriose ricerche del linceo Nicola Antonio Stelliola, scienziato e filosofo nolano, che scrisse *Delle apparenze celesti*, un trattato di scienza meteorologica e terrestre pubblicato soltanto nel 1996 e il volume *Del Telescopio Lynceo seu dell'ispecillo Celeste*, scritto nel 1614 e stampato postumo nel 1627 (Paolella 2002).

In questi anni emerge un'altra interessante figura di astronomo nel panorama napoletano: Francesco Fontana. Il giurista partenopeo appassionato di astronomia compì, dal 1625 e per i successivi venti anni, una lunga serie di accurate osservazioni planetarie e una raffinata sequenza di osservazioni della Luna, che andranno a

³ In questa lettera a Cesi, Della Porta si riferisce al volume pubblicato nel 1593 nel quale, descrivendo la rifrazione e la formazione dei colori, accenna all'uso delle lenti concave e convesse. Nel *Magiae Naturalis*, invece, Della Porta sottolinea il vantaggio che la combinazione delle due diverse «lenticchie» può produrre nell'osservazione telescopica.

comporre un primo *atlante* selenografico raccolto nel *Novae coelestium, terrestriumque rerum observationes* (1646). Oltre alla pratica osservativa, Fontana costruì da sé eccellenti telescopi di tipo kepleriano apprezzati dai maggiori scienziati europei tanto da far scrivere a Fulgenzio Micanzio in una lettera a Galilei che il telescopio di Fontana «per lo uso del Cielo, è un miracolo [...] se il risultato è vero, è cosa stupenda: Ma buon Dio ove sono gli occhi del Sig. Galileo, scopritori delle meraviglie, et eccettatori di quel giudizio, se non Divino certo incomparabile» (Micanzio 1638).

L'attività isolata di questi scienziati lasciò scarse tracce nella cultura accademica della Napoli dei primi decenni del XVII secolo. Mentre il mondo accademico europeo era scosso dalle trasformazioni del pensiero filosofico e scientifico, gli ambienti napoletani, strenuamente ancorati alla tradizione scolastica, sembrarono del tutto impermeabili, rifiutando ogni novità scientifica.

A centoventi anni dalle letture di Valenziano, nel 1653, fu reintrodotta la cattedra di matematica nello Studio napoletano, che dal 1615 si era trasferito nell'antico Palazzo della Cavallerizza. A tenere le letture fu chiamato Tommaso Cornelio, il quale «lesse anche per qualche tempo nello stesso mentre l'Astronomia» (Origlia 1753, p. 93). Dopo le letture di *strologia* di metà Quattrocento, gli studenti napoletani sentono parlare, per la prima volta, di Copernico, di Galileo e di Keplero. Cornelio ebbe anche il grande merito di introdurre nel dibattito napoletano il pensiero scientifico moderno, i concetti della filosofia di Cartesio e di Gassendi e del metodo sperimentale. Fondò nel 1650 l'*Accademia degli Investiganti* che «alla scorta della sperienza solamente, e del ragionevol discorso [potesse] andar dietro per ispiar le cagioni de' naturali avvenimenti» (Di Capua 1681).

Dopo le letture di Luca Tozzi e Girolamo Locatelli, nel 1696, la cattedra passò al ventiquattrenne napoletano Agostino Ariani. Introdotto alla metafisica cartesiana dal matematico calabrese Gregorio Caloprese, Ariani studiò da autodidatta la matematica e la fisica e per istruirsi nella pratica astronomica fece arrivare un telescopio da Londra. Nel Palazzo degli Studi, Ariani insegnava geometria, trigonometria, meccanica, ottica e astronomia e per spronare «la gioventù di Napoli a coltivare le scienze matematiche» introdusse alla Cavallerizza, per la prima volta, delle macchine scientifiche tra cui un cannocchiale newtoniano, una pisside nautica e un microscopio (Ariani 1778).

Accanto alla figura di Ariani s'impose quella di Antonio de Monforte, filosofo e scienziato formatosi alla matematica e all'astronomia con il Cornelio. Ai pari dell'Ariani, Monforte ebbe intense frequentazioni con Borelli, Viviani, Magliabechi e Montanari in Italia, e poi ancora con Huygens e con il gran visir Kara Mustafa. A Napoli fece costruire un telescopio dal frate domenicano Domenico Basile con il quale misurò il raggio terrestre (Barbieri 1778, p. 174). Al Monforte si devono anche le prime osservazioni documentate, dopo quelle di Francesco Fontana. Osservò l'eclisse di luna del 1696 e quella di sole del 1704, così come l'occultazione di Giove da parte della Luna del 4 gennaio 1716 (Monforte 1720, pp. 42, 98-99, 165). La curia napoletana l'incaricò di compilare delle tavole di effemeridi che, sopraggiunta la morte, non poté completare. Verso il 1732, l'arcivescovo di Napoli, Francesco Pignatelli, chiese all'Ariani di perfezionare le tavole. A tal fine Ariani e il camaldolese Francesco Solombrini, suo

allievo, compirono una serie di osservazioni dal monastero dei Camaldoli con un telescopio riflettore inglese (Ariani 1778, pp. 152-153).

4. Le specole napoletane nel Settecento

Nel 1731 l'imperatore Carlo VI nominò Celestino Galiani cappellano maggiore e prefetto dei *Regi Studij*. Formatosi alle nuove idee scientifiche, Galiani fondò nel 1732 un'accademia delle scienze mettendo insieme cartesiani come Nicola Cirillo, newtoniani come i fratelli Pietro e Niccolò Di Martino, gassendisti come Francesco Serao e newtoniani-lockiani-galileiani come Bartolomeo Intieri. L'accademia, ospitata dapprima a Palazzo Gravina e poi nel Monastero dei Santi Severino e Sossio, si dedicò esclusivamente a studi di «filosofia naturale, di notomia, chimica, geometria, astronomia e meccanica» escludendo espressamente la metafisica (Venturi 1969, p. 23). Galiani fu incaricato anche di rinnovare gli insegnamenti universitari. Introdusse la cattedra di Fisica e dal 1740 quella di Fisica sperimentale. Abolendo la cattedra di Etica, Economia e Politica, Galiani istituì la cattedra di Astronomia e Nautica che affidò a Pietro Di Martino, apprezzato alunno dell'Ariani, che dal 1732 al 1734 era stato inviato a Bologna «per imparar la pratica astronomica dal celebre dottor Eustachio Manfredi» (Ascione 1997, pp. 343-344). Nella città felsinea partecipò alle sedute scientifiche e sperimentali dell'Istituto delle Scienze e collaborò alle osservazioni astronomiche di Manfredi ed Eustachio Zanotti. Rientrato a Napoli, Di Martino tenne le prime lezioni nello Studio dall'ottobre del 1734. Trecento anni dopo le letture di *Strologia*, nell'Ateneo federiciano ritornava una cattedra che insegnava le scienze celesti.

Istituita la cattedra di Astronomia, il professore e gli allievi non ebbero, però, né strumenti né spazi dove fare le osservazioni. Non così l'accademia di Galiani che aveva ottenuto dal conte di Zizendorf⁴ e dal principe di Scalea una buona collezione di strumenti che Di Martino mise subito in opera. Il primo gennaio 1735 compì la prima osservazione del passaggio in meridiano del Sole con un grande quadrante di Lusverg di 5.25 palmi napoletani, pari a 138.25 cm. A conclusione della campagna osservativa calcolò con buona accuratezza la latitudine di Napoli: 40° 50' 45'' e la comunicò ai suoi amici e colleghi Zanotti e Anders Celsius, conosciuto proprio a Bologna. A sua volta Zanotti scrisse a Michael Adelburner che ne diede notizia nel suo giornale (Adelburner 1735, pp. 209-211) mentre Celsius informò l'astronomo di Parigi Joseph-Nicolas De L'Isle che apprezzò la «correzione considerevole» prodotta da Di Martino rispetto ai valori pubblicati da Riccioli e de La Hire. L'attività accademica e scientifica di Di Martino durò solo dieci anni, stroncata dalla tubercolosi il 28 gennaio 1746. A subentrargli nella cattedra fu chiamato il suo più brillante allievo: Felice Sabatelli che spronò Galiani a chiedere al Re la costruzione di un osservatorio astronomico che «in questa sua gran capitale sarebbe di non piccolo ornamento della med.a, e di vantaggio delle scienze» (Galiani 1750). Il dispaccio del ministro Brancone non lasciava dubbi

⁴ Probabilmente si tratta del generale Franz Ludwig (1661-1742), conte di Zizendorf e Pottendorf, comandante a Spielberg e margravio di Moravia.

sulle reali intenzioni di Carlo di Borbone: «*sobre la instancia para [la construction de] un observatorio Astronomico en el Presidio de Pizzofalcone*» (Brancone 1750). Questo comando non ebbe però nessuna conseguenza; ugual esito ebbe il dispaccio del ministro Bernardo Tanucci che nel 1768 ribadiva la volontà del nuovo re, Ferdinando di Borbone, di istituire a Napoli un Osservatorio astronomico e un Orto botanico. Sabatelli fece di necessità virtù. Non si perse d'animo e compì le sue osservazioni nella specola istituita nella Real Paggeria,⁵ dove misurò la latitudine di Napoli in 40° 50' 11'', e nel sontuoso palazzo del principe Spinelli di Tarsia, dove costruì nel 1749 un'ottima meridiana.

Con la nomina di Nicola Maria Carcani alla direzione del Collegio reale delle Scuole Pie a San Carlo alle Mortelle, questo Collegio si dotò di alcuni telescopi e pendoli con i quali Carcani realizzò una lunga serie di osservazioni che lo portarono a una intensa corrispondenza con De L'Isle che lo fece nominare, nel 1762, socio corrispondente dell'*Académie de Science*. Anche dal sito di San Carlo alle Mortelle Carcani misurò la latitudine di Napoli che comunicò allo scienziato francese: 40° 50' 15''. Con la morte di Carcani nel 1764 si spense anche l'interesse del Collegio per l'astronomia.

Nel quartiere di San Carlo c'era anche la residenza di John Acton, giunto a Napoli nel 1778 quale nuovo ministro della Marina e della Guerra. Appassionato di astronomia, Acton organizzò una sua specola arredandola di ottima strumentazione (Gargano 2012, p. 33) che l'astronomo napoletano Giuseppe Cassella non mancò di sfruttare sin dal suo rientro a Napoli, dopo il periodo di formazione trascorso a Padova nella Specola di Giuseppe Toaldo. Nel 1788 osservò dal palazzo Acton l'eclisse di Sole del 3 giugno e con alcune osservazioni di stelle determinò la latitudine di Napoli: 40° 50' 22''.

Anche il Collegio dei Gesuiti si era dotato di alcuni telescopi con i quali il padre Niccolò Giamprimo, rientrato dalla Cina, eseguì una buona serie di osservazioni da Posillipo e dal Collegio dei Nobili, nel cuore della città antica, che pubblicò nel 1748 nella «*Specula Parthenopaea uranophilis juvenibus excitata [...] ad meridianum Neapolitani Collegii academici Societatis Jesu*». Alla morte di Giamprimo i padri Gesuiti sembrarono voler continuare l'attività osservativa, tanto da comprare nuovi strumenti come una macchina parallattica e un eliometro definito dal Carcani «inapprezzabile» per la sua perfezione. Ma non riuscirono a trovare una solida continuità scientifica per valorizzare e sviluppare le conoscenze teoriche e pratiche di Giamprimo.

Costituito a Napoli l'Ufficio Topografico e nominato Giovanni Antonio Rizzi Zannoni direttore dell'Istituto, tra il 7 e il 24 gennaio 1782 il geografo padovano eseguì da Castel Sant'Elmo le osservazioni per definire il meridiano fondamentale della città e del Regno per la realizzazione dell'atlante geografico del Regno di Napoli.

A cinquant'anni dall'istituzione della cattedra universitaria, Napoli era ancora priva di una sede ufficiale e pubblica dove gli astronomi potessero condurre le osservazioni e l'attività di formazione degli studenti universitari. La fondazione

⁵ La real Paggeria fu istituita da re Carlo nel 1734 e già nel 1739 il direttore Pertusio aveva organizzato una piccola specola dove conduceva osservazioni astronomiche con gli allievi (Gargano *et al.* 2015, pp. 250-251 e 300-302).

dell'Accademia delle Scienze nel 1780 e l'istituzione dell'Osservatorio astronomico di Palermo nel 1791 convinsero Cassella, giovandosi del sostegno di Lord Acton, di richiedere a Re Ferdinando l'assenso per la costruzione di un Osservatorio astronomico e di una meridiana nel Palazzo degli Studi che si stava trasformando nel moderno Museo Borbonico (Gargano *et al.* 2012, pp. 15-19). Purtroppo i «sacri caratteri» del Re ebbero una parziale esecuzione: la meridiana, lunga 274 cm e decorata con gustosi dipinti delle costellazioni, fu completata nel 1792; la torre ottagonale e le sale dell'osservatorio non furono realizzate per pesanti problemi statici dell'edificio. Occorrerà attendere il 29 gennaio 1807 perché Giuseppe Bonaparte decreti la fondazione dell'Osservatorio astronomico di Napoli presso il Belvedere dell'antico Monastero di San Gaudioso a Caponapoli, e l'8 marzo 1812 allorché Gioacchino Murat decise di costruire un nuovo edificio sulla collina di Capodimonte: «ed allora, magnifico sia l'edificio, esclamò il monarca» (Gargano *et al.* 2012, pp. 27-37).

5. Conclusione

Le complesse vicende dell'astronomia a Napoli rappresentano un meraviglioso mosaico fatto dagli slanci di Della Porta e di Fontana nel Seicento, dalla diffusa attività osservativa nel Settecento e dalla tenace ostilità degli ambienti conservatori napoletani verso le nuove scienze. Gli astronomi napoletani produssero apprezzati risultati, ma non riuscirono a creare continuità scientifica, una scuola che formasse una nuova generazione di astronomi e sviluppasse nuove attività di ricerca. Il gran proliferare di specole e gabinetti scientifici, molti di più di quelli annotati in questa comunicazione, produsse nel solo XVIII secolo una gran mole di dati osservativi. Dal 1696 al 1799 furono compiute circa 83 serie di osservazioni, ma tale frammentazione non aiutò a contrastare l'avversione per le scienze sperimentali e frenò la costituzione di un istituto statale che potesse capitalizzare le conoscenze tecniche e scientifiche e svilupparne di nuove a beneficio dell'istruzione universitaria e del progresso sociale. I 14 siti di osservazione, per contare solo quelli settecenteschi, produssero la convinzione, testimoniata, da ultimo, dalle parole di Zach, che gli astronomi napoletani non fossero sufficientemente affidabili. Opinione che già nel 1761 Carcani aveva tentato di scardinare, spiegando a De L'Isle che l'apparente contraddizione tra i dati osservativi di diversi astronomi fosse legata esclusivamente al fatto che «essendo questa una gran città, ed essendosene fatte le osservazioni in luoghi diversi, si sono queste trovate sempre diverse», ma se opportunamente normalizzati, argomentava Carcani, quei dati avrebbero messo in luce la gran cura che gli astronomi napoletani mettevano nella misura del cielo (Carcani 1762).

Bibliografia

- Adelburner M. (1735). *Commercium litterarium ad astronomiae incrementum*, vol. 2. Norimbergae: ex Officina Adelbulneriana.
- Ariani V. (1778). *Memorie della vita, e degli scritti di Agostino Ariani*. Napoli: Catello Longobardo.
- Ascione I. (1997). *Seminarium doctrinarum*. Napoli: Edizioni scientifiche italiane.
- Barbieri M. (1778). *Notizie storiche dei matematici e filosofi del Regno di Napoli*. Napoli: Vincenzo Mazzola-Vocola.
- Cannavale E. (1895). *Lo Studio di Napoli nel Rinascimento*. Napoli: Aurelio Tocco.
- Ciarlanti G.V. (1644). *Memorie storiche del Sannio*. Isernia: Camillo Cavallo.
- Cutolo A. (a cura di) (1933). *L'Università di Napoli*. Napoli: [s.n.].
- Della Porta G.B. (1611). *Della magia naturale del sig. Gio. Battista Della Porta linceo napolitano*. Napoli: Gio. Iacomo Carlino e Costantino Vitale.
- Di Capua L. (1681). *Parere del signor Lionardo di Capoa*. Napoli: Antonio Bulifon.
- Frisch Ch. (1868). *Joannis Kepleri astronomi opera omnia. Vol. 7: De cometis*. Francofurti a. M.: Heyder & Zimmer.
- Gargano M. (2012). “The development of astronomy in Naples”. *Journal of astronomical history and heritage*, 15 (1), pp. 30-41.
- Gargano M., Olostro Cirella E., Della Valle M. (2012). *Il tempio di Urania*. Napoli: INAF-Osservatorio Astronomico di Capodimonte.
- Gargano M., Olostro Cirella E., Della Valle M. (a cura di) (2015). *Che il diavolo benedica i pulcinella!* Napoli: Tullio Pironti Editore.
- Hellman C.D. (1944). *The comet of 1544*. New York: AMS Press.
- Longo G.B. (1578). *De cometis disputatio*. Neapoli: Apud Horatium Salvianum.
- Monforte (de) A. (1720). *De stellarum motibus*. Florentiae: ex typographia Antonii-Maria Albizini.
- Origlia G. (1753). *Istoria dello Studio di Napoli. Volume Primo*. Napoli: Giovanni di Simone.
- Paoletta A. (2002). “La presenza di Giovan Battista Della Porta nel *Carteggio Linceo*”. *Brunelliana & Campanelliana*, VIII (2), pp. 509-521.
- Ruscelli G. (1567). *Secreti nuovi di maravigliosa virtù*. Venetia: Appresso gli heredi di Marchiò Sessa.
- Valente M. (1999). “Della Porta e l’Inquisizione”. *Brunelliana & Campanelliana*, V (2), pp. 415-434.
- Venturi F. (1969). *Settecento riformatore, da Muratori a Beccaria*. Torino: Einaudi.

Risorse Archivistiche

- Brancone G.M. (1750). Dispaccio (Napoli, 2 maggio), in *Registri dei dispacci 1737-1799*, Napoli, Archivio di Stato, Ministero degli Affari Ecclesiastici. Segreteria di Stato degli affari ecclesiastici, N.127.
- Carani N.M. (1762). Lettera a J-N De L'Isle (Napoli, 9 ottobre), in *Correspondance de Joseph-Nicolas De L'Isle*, Parigi, Archives Nationales, Série Marine. Service hydrographique. Papiers d'Hydrographes. B. 67, T. XV.
- Della Porta G.B. (s.d.). Lettera a F. Cesi [Napoli] in *Lettere di molti accademici Lyncei scritte al sig. principe Cesi fondatore di detta accademia*, Roma, Biblioteca dell'Accademia Nazionale dei Lincei e Corsiniana, Ms. Archivio Linceo 12.
- Della Porta G.B. (1609). Lettera a F. Cesi (Napoli, 28 agosto), in *Lettere di molti accademici Lyncei scritte al sig. principe Cesi fondatore di detta accademia*, Roma, Biblioteca dell'Accademia Nazionale dei Lincei e Corsiniana, Ms. Archivio Linceo 12.
- Della Porta G.B. (1614). Lettera a G. Galilei (Napoli), in *Lettere familiari*, Firenze, Biblioteca Nazionale Centrale, Fondo Galileiano, Gal. 17.
- Galiani C. (1750). Rapporto a Carlo di Borbone (Napoli, 21 aprile), in *Cappellano Maggiore*, Napoli, Archivio di Stato, B. 727.
- Hellman C.D. (1944). *The comet of 1544*. New York: AMS Press.
- Micanzio F. (1638). Lettera a G. Galilei (Venezia, 31 luglio), in *Lettere scientifiche*, Firenze, Biblioteca Nazionale Centrale, Fondo Galileiano, Gal. 94.

Teaching astronomy between practice and theory at the Brera Astronomical Observatory (1760-1859)

Agnese Mandrino - INAF Osservatorio astronomico di Brera -
agnese.mandrino@brera.inaf.it

Agnese Visconti - Università degli Studi di Pavia - visconti.agnese@gmail.com

Abstract: Astronomy has been taught at the Brera Observatory in Milan since its foundation in the second half of the XVIII century. In those times the Observatory was a part of the Jesuit “Collegio di Brera”, and the first students were probably young Jesuits who lived there. In the following years the astronomers continued to teach astronomy in Brera in a very “practical” way, based on the night handling of astronomical instruments and on observations, and almost all the Italian astronomers to-be went to Brera for their apprenticeship.

Things changed in 1824 when the Austrian government forced the astronomers to teach the official Astronomy course for the students of the University of Pavia. The change from a practical teaching to a more theoretical and formal one caused a deep contrast between the astronomers and the professors of the University, in particular with Antonio Bordini.

In this contribution we deal with the history of the teaching of Astronomy by the Brera astronomers from the second half of XVIII century to the Unity of Italy.

Keywords: History of Astronomy, Italian Astronomical Observatories, University of Pavia.

1. Introduzione

Presentiamo in queste pagine la sintesi di un lavoro avviato da alcuni anni e volto a ricostruire l'insegnamento dell'astronomia all'Osservatorio di Brera (Mandrino, Visconti 2015; in corso di stampa).

Prima di entrare in argomento riteniamo opportuno precisare che il lavoro si divide in due parti distinte. La prima riguarda il periodo dalla fondazione dell'Osservatorio al 1803, anno in cui Barnaba Oriani stilò un regolamento che rese l'Osservatorio “parte integrante” dell'Università di Pavia. Il materiale disponibile per questi primi decenni è lacunoso e ha per ora consentito solo una ricostruzione meramente cronologica degli avvenimenti. Il materiale è invece più corposo per l'epoca dal 1803 al 1825 (anno in cui fu applicato il “Nuovo Piano degli studj filosofici per il Regno Lombardo-Veneto”, emanato il 30 ottobre 1824, che rendeva obbligatorio per gli astronomi impartire il corso universitario di Astronomia agli studenti della Facoltà Filosofica di Pavia) e per gli

anni dal 1825 all'Unità. Ne consegue che abbiamo potuto svolgere per questo periodo un'analisi più approfondita.

2. Dalla fondazione dell'Osservatorio al Regolamento di Barnaba Oriani

Venendo ora alla prima parte (fino al 1803), ricordiamo anzitutto che dopo la soppressione dell'Ordine degli Umiliati nel 1571, il palazzo di Brera a Milano divenne la sede del Collegio dei Gesuiti.

Nonostante la grande tradizione gesuitica negli studi astronomici, è solo dopo quasi due secoli, nel 1760, che possiamo trovare traccia delle prime osservazioni effettuate nel Collegio. Solo in quell'anno, infatti, i padri Pasquale Bovio e Domenico Gerra, «lecteurs en philosophie nés avec le goût de l'observation» (Lagrange 1775, p. 137) osservarono e descrissero il passaggio di una cometa dai tetti del Palazzo di Brera. Pochi anni dopo, nel 1765, fu costruito l'Osservatorio vero e proprio, progettato da padre Ruggiero Boscovich (Arrighi 1980) e destinato a diventare uno dei più celebri d'Europa.

Nel 1772 fu redatto il "Piano per la specola del Collegio di Brera della Compagnia di Gesù in Milano, compilato sulle diverse Memorie avute, e segnatamente su una del celebre padre Boscovich":¹ si tratta del primo regolamento conosciuto per la gestione dell'Osservatorio in tutti i suoi aspetti, compreso quello relativo agli allievi e all'istruzione da impartire loro.

A proposito del "Piano" si rende necessario precisare che esso era destinato a entrare in vigore all'interno di un contesto gesuitico, ma la Compagnia di Gesù fu soppressa proprio l'anno dopo, nel 1773, da papa Clemente XIV. Non sappiamo pertanto, avendo a disposizione poche altre fonti originali, quanto il "Piano" fosse innovativo o quanto, invece, si ispirasse a ciò che già avveniva negli anni precedenti.

Secondo il "Piano", alla Specola erano addetti tre astronomi fissi (il Soprintendente, il primo astronomo e il secondo astronomo), ognuno dei quali doveva conoscere «tutte le parti del calcolo finito e infinito, la meccanica sublime, l'astronomia fisica e i principi teorici della astronomia pratica e l'ottica». A loro, si legge poi, «saranno destinati almeno 6 giovani studenti della stessa Compagnia, da mutarsi poi due per ciascun anno. Questi per tre anni applicheranno alle dette parti della matematica, liberi da ogni altra occupazione e ciò oltre ai due anni di filosofia nel corso dei quali dovranno pure essere iniziati nei principi della geometria e del calcolo».

Nell'ipotesi in cui il "Piano" riportasse quanto già avveniva, possiamo affermare che nel primo decennio di vita della Specola erano gli studenti del Collegio a poter accedere all'istruzione astronomica e che anche gli insegnanti erano reclutati all'interno del Collegio e tra il personale della neonata Specola.

Per quanto riguarda la parte relativa all'insegnamento da impartire agli allievi astronomi, il "Piano" è ricco di informazioni.

¹ Archivio storico dell'Osservatorio astronomico di Brera (d'ora in avanti AOB), Archivio Amministrativo Vecchio (d'ora in avanti AAV), cart. 1, fasc. 1.

L'insegnamento dell'astronomia era affidato al secondo astronomo, mentre l'ottica spettava al terzo. Gli allievi, così come gli astronomi, dovevano conoscere il francese – e due di loro anche l'inglese – e dovevano inoltre possedere i rudimenti del disegno. Gli alunni più abili, inoltre, dovevano «essere adoperati nel fare osservazioni» e quei «lavori di lunga lena, di computi penosi e laboriosi» che potevano essere di aiuto agli astronomi.

Venendo ora ai contenuti dell'insegnamento, possiamo vedere come il “Piano” avesse finalità prevalentemente pratiche, caratteristica che era giudicata indispensabile dagli astronomi e che diventerà invece, come diremo, oggetto di contrasto a seguito delle nuove direttive stabilite dalla legislazione austriaca nel 1824.

Nel “Piano” era previsto, infatti, che gli astronomi tenessero ogni anno per gli allievi un corso di «sperienze fondamentali di ottica» e «delle più decisive sperienze elettriche», che li guidassero «a ben conoscere il cielo e le fisse al fine di poter ravvisare qualche operazione di comete o altro fenomeno», che li impiegassero per le osservazioni meteorologiche.

Tra il 1760, anno, come si è detto, delle prime osservazioni, e il 1773, non abbiamo potuto ricostruire con precisione tutti i nomi di coloro che entrarono alla Specola come allievi: nei documenti abbiamo trovato quelli di Francesco Reggio e Angelo De Cesaris, che poi restarono alla Specola come astronomi, Francesco Luino (o Luini), dal 1773 professore all'Università di Pavia, Anton Cronthal, chiamato da Vienna e dal 1778 professore di Geometria Elementare al Ginnasio di Brera, Giuseppe Meghele, anch'egli chiamato da Vienna e che sarà poi macchinista alla Specola, due giovani allievi della Provincia (probabilmente quella di Milano) non precisati e il padre Nicolò Puccinelli, allievo speciale di Boscovich. Riteniamo probabile che questo elenco non sia lontano dal rispecchiare la situazione in cui versava l'Osservatorio in quegli anni. Gli allievi, infatti, dovevano essere ben pochi, se nel 1773 l'astronomo della Specola, padre Francesco Luino, arrivò a temere che potessero addirittura venire a mancare e mettere così in forse la stessa futura sopravvivenza dell'Osservatorio. Il 21 febbraio egli scrisse, infatti, al plenipotenziario per la Lombardia, Carlo Firmian, che «essi sono troppo necessari non tanto per giovarne di presente e succedere poi agli astronomi, quanto a perpetuare in noi i buoni studi coltivati finora per privati impegni, e non per massima né per sistema», affermando che sarebbe stato opportuno fosse «addolcita un tantino la vita che menano, trattati ora in tutto da novizi studenti, cioè assai duramente perciò è che i due assegnati in questo anno alla specola sono alienatissimi da questi studi, cercano di passare ad altri impieghi e alla loro vista i più abili giovani tra gli studenti di filosofia procurano di inabilitarsi alle matematiche per non essere assegnati alla specola negli anni a venire. I gesuiti di Vienna usano ben altrimenti».²

Il timore di Luino si rivelò fondato solo in parte. Da un lato, infatti, pochi mesi dopo, il 21 luglio 1773, la Compagnia di Gesù fu soppressa e il Collegio di Brera divenne una scuola statale con il nome di Ginnasio di Brera; anche la Specola passò sotto il Governo austriaco. È probabile che in questa nuova situazione la vita degli allievi, non più sottoposti alla rigida regola gesuitica, si fosse almeno in parte mitigata. Dall'altro lato tuttavia, nonostante questo miglioramento, crediamo che il numero degli allievi conti-

² AOB, AAV, cart. 2, fasc. 4.

nuasse a restare molto basso. Vedremo tra breve come il Governo avesse ritenuto opportuno intervenire in proposito.

Meriterebbero a questo punto un maggiore approfondimento due vicende che collochiamo proprio nel 1773: l'intervento del padre Paolo Frisi (di cui è noto il contrasto con il metodo di Boscovich e degli astronomi nell'organizzazione della Specola) nel proporre un tipo di istruzione più teorico e meno pratico, e i rapporti tra gli insegnamenti propri della Specola e quelli del Ginnasio di Brera; interventi che la documentazione, per ora, non ci ha permesso di chiarire.

Sappiamo invece per certo che nel 1776 entrarono alla Specola come allievi Barnaba Oriani e Gaetano Allodi, la cui istruzione consistette nel coadiuvare le operazioni della Specola, applicare alla pratica astronomica, apprendere la meccanica degli strumenti, costruire le Effemeridi e supplire il professore di Geometria e Algebra elementare (al Ginnasio di Brera) in caso di sua assenza.

Tuttavia il numero degli allievi continuava a essere esiguo e ne sarebbe prova la decisione del governo, presa nel 1778, di assegnare a Reggio l'incarico di una "scuola di Astronomia" al Ginnasio di Brera che potesse servire «a maggior comodo della specola e ad istruzione di quei soggetti che dovranno essere successivamente destinati al servizio della medesima».³

Dobbiamo attendere qualche anno per ritrovare traccia nei documenti di nuovi allievi: nel 1788 arrivò Ferdinando Messia da Prado, futuro direttore dell'"Osservatorio provvisorio" di S. Gaudioso a Napoli, nel 1789 padre Lavelli, minore conventuale, raccomandato dai professori di Matematica di Pavia, nel 1790 Raimondo Benfereri (o Bonfereri) minore osservante, i quali, da quanto abbiamo potuto ricavare dai documenti, alternavano l'apprendimento dell'astronomia alla Specola con l'insegnamento di varie materie scientifiche nel Ginnasio di Brera; nel 1799 entrò anche Francesco Carlini, futuro direttore della Specola.

3. Dal Regolamento di Barnaba Oriani alla Legge Casati

Nel 1803, come abbiamo accennato sopra, si apre formalmente una nuova fase della vita dell'Osservatorio, retto ora da un nuovo Regolamento, redatto da Barnaba Oriani (Mandrino, Visconti 2015). In realtà, per quanto riguarda l'insegnamento, nulla cambiò: esso continuò ad avere un taglio più pratico che teorico e a non essere in alcun modo legato alle lezioni dell'Università di Pavia, nonostante il Regolamento lo prevedesse.

Assistiamo invece a un notevole incremento del numero e della qualità degli allievi: fu presso la Specola di Brera, infatti, che si formarono quasi tutti gli astronomi dell'Italia preunitaria. Essi accorrevano a Milano richiamati dalla fama internazionale degli astronomi braidensi e dalla ricca dotazione strumentale dell'Osservatorio; molti avevano alle spalle una solida formazione teorica e quasi tutti, dopo il tirocinio a Brera, divennero direttori di altri Osservatori o ebbero un peso rilevante nella comunità scientifica. Vogliamo ricordare Federigo Zuccari e Carlo Brioschi, futuri direttori

³ AOB, AAV, cart. 9, fasc. 13.

dell'Osservatorio di Napoli, il fisico e patriota Ottaviano Fabrizio Mossotti, Giovanni Santini, direttore dal 1817 al 1877 dell'Osservatorio di Padova e rettore della stessa Università negli anni accademici 1824/25 e 1856/57, Giuseppe Piazzini, astronomo alla Specola di Pisa, Giovanni Plana che nel 1813 diventò direttore dell'Osservatorio di Torino, Giuseppe Bianchi che divenne professore di Astronomia nell'Università di Modena, Lorenzo Respighi, direttore dell'Osservatorio di Bologna.

Una vera e propria svolta si ebbe con la promulgazione del “Nuovo Piano degli studj filosofici per il Regno Lombardo-Veneto” del 30 ottobre 1824, destinato a entrare in vigore nel 1825, che sanciva il compimento del legame tra l'Osservatorio e l'Università di Pavia e decretava che, da quella data, gli astronomi di Brera avrebbero dovuto concretamente e realmente farsi carico dell'insegnamento dell'Astronomia agli studenti dell'Università ticinese e impartirlo presso la Specola di Brera.

Si trattò di una novità importante per entrambi gli istituti che fino ad allora avevano svolto la loro attività didattica in maniera indipendente l'uno dall'altro.

A Brera si tenevano lezioni di Astronomia pratica destinate, come abbiamo visto, soprattutto ai futuri astronomi professionisti, oltre che agli aspiranti astronomi. Le lezioni erano impartite anche a «diversi colti giovani», non necessariamente votati alla professione, ma che pure attendevano «a quella parte della scienza che non si può apprendere coi soli libri, ma che esige lo studio e l'uso delle macchine, la scelta e l'esercizio delle osservazioni, il calcolo e l'applicazione delle medesime, dirette a promuovere ed estendere non solo l'astronomia, ma le scienze affini».⁴

I reggenti dell'Università di Pavia, al contrario, si aspettavano che a Brera fosse svolto un corso di regolari lezioni teoriche diurne, strutturate, destinate a studenti universitari e, per di più, controllate dalle autorità accademiche.

Sicuramente, per gli astronomi, impartire un insegnamento di questo genere sarebbe stato gravoso, in quanto avrebbe distolto tempo ed energie all'attività primaria della Specola, le osservazioni notturne, a vantaggio di un insegnamento diurno che avrebbe limitato molte attività scientifiche complementari alle osservazioni stesse.

Nonostante queste perplessità degli astronomi, le lezioni iniziarono con l'anno accademico 1825/26; possediamo il programma di tali lezioni, redatto da Francesco Carlini, direttore dell'Osservatorio e docente del corso, che risulta estremamente interessante in quanto ci illustra lo stato dell'insegnamento dell'Astronomia in un'importante Università dell'Impero austriaco e in uno dei principali osservatori astronomici della penisola.⁵

Come si è visto, il corso risentiva della mancanza di esercitazioni pratiche notturne al telescopio generalizzata a tutti gli allievi e, infatti, il professore teneva a far sapere di aver potuto solo mostrare «la costruzione degli stromenti astronomici i più importanti» e solo spiegare «teoricamente il modo di usarli e rettificarli». Anche per le eventuali osservazioni diurne Carlini lamentava «la poca opportunità del locale [...] disposto al pian terreno e mancante di finestre accessibili».

Ciò detto, la parte di astronomia generale appare decisamente classica, con applicazioni non solo astronomiche, ma anche geodetiche, geografiche e nautiche. Il libro di

⁴ AOB, AAV, cart. 25, fasc. 127, n. 1204.

⁵ Si veda in AOB, AAV, cart. 25, fasc. 127, n. 1331.

testo era quello di Santini, che presentava il vantaggio di proporre numerosi esercizi applicativi, utili agli studenti per la pratica in certi tipi di calcoli.

Ci pare importante sottolineare come Carlini ritenesse doveroso aggiungere di suo «la notizia dei lavori e delle scoperte fatte recentemente in astronomia» come aggiornamento al testo di Santini. Scriveva, infatti, di aver presentato a lezione, fra altre cose, «le indagini sui movimenti delle stelle doppie», argomento all'epoca di grande attualità, in quanto le campagne osservative in corso stavano per dimostrare finalmente come la fisica newtoniana si applicasse esattamente anche al di fuori del nostro Sistema solare; esponeva «il piano di una nuova ricognizione del cielo stellato proposto dagli astronomi dell'Accademia di Berlino», essendo senz'altro al corrente del recente progetto del tedesco Friedrich W.A. Argelander del grande atlante celeste che verrà pubblicato dopo la metà del secolo con il titolo di *Bonner Durchmusterung*; aggiungeva infine «le nuove congetture fisiche intorno alle macchie del Sole», riferendosi certamente alle primissime (e discusse) ipotesi avanzate da Wilhelm Herschel sulla produzione all'interno del Sole di una sorta di gas caldo che sarebbe fuoriuscito dalle macchie solari.

Appare chiaro, quindi, che gli studenti dell'Università di Pavia e i cultori milanesi della disciplina che assistevano alle lezioni a Brera erano introdotti non solo alla cosiddetta “astronomia teoretica” e al suo utilizzo per pratiche geografiche, geodetiche e nautiche, ma anche alla più recente “astronomia gravitazionale e fisica”.

Le lezioni di Astronomia continuarono senza particolari variazioni fino al 1847; cessarono temporaneamente con le agitazioni del 1848, allorché vennero chiusi in Lombardia tutti gli istituti pubblici di insegnamento, e ricominciarono definitivamente solo nell'anno accademico 1852/53. All'Osservatorio la ripresa avvenne in una nuova veste. I corsi, infatti, diventarono due: il vecchio corso iniziato nel 1825, che assunse il nome di teorico-pratico, e uno nuovo, detto di astronomia popolare, affidato a Curzio Buzzetti, terzo allievo dell'Osservatorio.

Anche di questo corso possediamo il programma,⁶ che prevedeva i seguenti argomenti: «fenomeni generali, degli istrumenti e delle osservazioni, geografia, uranografia, del Sole, della Luna, dell'attrazione universale, dei pianeti, dei satelliti, della luce, delle comete, delle perturbazioni, astronomia siderale, del calendario, gnomonica».

Riteniamo che all'origine della decisione, presa da Carlini su proposta dello stesso Buzzetti, di aprire il nuovo corso, fosse l'estrema eterogeneità dei partecipanti al corso teorico-pratico, che rendeva difficile espletarlo per tutti in maniera proficua. Questo corso, infatti, pur pensato espressamente per gli studenti dell'Università di Pavia, accoglieva un pubblico molto diversificato composto di giovani uditori «che avendo fatto il solo corso del Liceo, non hanno studiato né la trigonometria della sfera né il calcolo differenziale ed integrale», persone adulte «le quali sebbene abbiano seguito studii dell'Università, non hanno più abbastanza presenti le teorie matematiche, che ivi con troppa rapidità s'insegnano»⁷ e anche coloro che desideravano apprendere la professione dell'astronomo affiancando alle lezioni teoriche l'indispensabile pratica notturna.

⁶ AOB, Archivio Amministrativo (d'ora in poi AA), cart. 43, n. 1906.

⁷ AOB, AA, cart. 43, n. 1906.

Quanto al numero dei partecipanti alle lezioni dei due corsi, non è facile riuscire a quantificarlo con precisione. Dal 1825 al 1857 gli iscritti nei registri dei due corsi di Astronomia teorico-pratica e di Astronomia popolare dell'Osservatorio erano 190, con una media di 7 studenti all'anno.

Frequentarono i corsi allievi che si sarebbero poi distinti in vari campi: il chimico Giovanni Polli, poi docente e direttore degli «Annali universali di chimica applicata alla medicina»; Carlo Possenti, noto per gli studi di idraulica; Giovanni Cantoni, che fu poi professore di Fisica sperimentale a Pavia e direttore del Servizio centrale per la Meteorologia Italiana; Cristoforo Negri, in seguito fondatore e primo presidente della Società Geografica Italiana; Francesco Brioschi, fondatore del Politecnico di Milano; il patriota Giovanni Pezzotti; il politico e imprenditore Guido Susani (Turiet 2000, pp. 354-355).

A questi 190 allievi iscritti occorre aggiungere un grande numero di uditori non iscritti nei registri: in una lettera del 1853, per esempio, si dice che il numero degli iscritti appare assai tenue, se si confronta con quello «degli uditori, che per norma costante, vedonsi frequentare dette lezioni; giacché dal non essere giammai sufficienti le sedie, posso argomentare sorpassare sempre almeno il numero di sessanta e tra questi rimarcarsi persone appartenenti a distinti ceti, e di grave età, ed anche talune signore».⁸

Tornando ora agli iscritti, riteniamo opportuno far presente che la media di 7 all'anno non era egualmente distribuita nel corso del periodo considerato. Dal 1853, infatti, il numero degli iscritti si assottigliò ulteriormente. All'origine di questa nuova situazione, furono le restrizioni imposte dal direttore della Facoltà Matematica dell'Università, Antonio Bordoni, il quale, il 2 aprile di quell'anno, aveva comunicato che, diversamente dalla consuetudine in uso tra il 1825 e il 1848, in base alla quale per essere ammessi alle lezioni di astronomia teorico-pratica «non si richiedeva generalmente alcuna prova di studj antecedenti», dal 1853 in poi sarebbe stato chiesto, «per la nuova posizione della Facoltà Filosofica, il corso compiuto degli studi filosofici, o di quelli proprii dei ginnasi liceali».⁹

Le richieste di Bordoni si giustificavano con la sua visione scientifica secondo cui «l'istruzione astronomica impartita senza il sussidio delle matematiche che chiamano sublimi» sarebbe stata «tanto elementare da superare ben di poco quella d'astronomia popolare».¹⁰ Questo giudizio si scontrava però con la posizione di Carlini che, invece, insegnava l'astronomia secondo la tradizione che non prevedeva l'uso della matematica sublime.

In questa profonda disparità di idee, Carlini controbatteva le convinzioni di Bordoni, affermando che, stando all'opinione del matematico pavese, «le opere insigni di un Delambre, d'un Piazzi, anzi dello stesso Newton, che hanno voluto a bello studio servirsi esclusivamente della sintesi e dell'analisi finita nelle dimostrazioni delle teorie astronomiche, si metterebbero in fascio con quei libercoli detti popolari nei quali si storpia la scienza per venderla a buon mercato, e coll'asserire invece di dimostrare si cerca di adattarla alla corta intelligenza delle persone inerudite».¹¹

⁸ AOB, AA, cart. 45, n. 1963.

⁹ AOB, AA, cart. 45, n. 1990.

¹⁰ AOB, AA, cart. 48, n. 2319.

¹¹ AOB, AA, cart. 48, n. 2319.

La divergenza di vedute tra i due scienziati culminò nell'agosto del 1853, quando Carlini, nella sua lettera alla Luogotenenza del 27 di quel mese comunicò, non senza un'ombra polemica, la volontà di rinunciare a svolgere personalmente le lezioni di Astronomia teorico-pratica.

Il compito di supplire Carlini per le lezioni del corso teorico-pratico fu affidato all'abate Giovanni Battista Capelli, secondo allievo dell'Osservatorio fin dal 1839, che si assunse il carico delle quaranta ore di lezione dall'anno accademico 1853/54 fino al 1858/59.

Dietro la clamorosa decisione di Carlini di abbandonare l'insegnamento troviamo una richiesta, avanzata all'astronomo dalla Luogotenenza, il 18 marzo del 1853, di stilare una proposta di statuto per l'Osservatorio che avrebbe dovuto recepire le esigenze di Bordoni. Carlini tentò di opporsi a tale incombenza, convinto che lo scopo delle lezioni di Astronomia teorico-pratica dovesse essere quello di adattarsi alla capacità dei molti uditori che, non potendo frequentare le università, non avevano altre cognizioni matematiche che quelle che si acquistavano nei licei, e che pertanto il professore dovesse fare in modo che le lezioni fossero intelleggibili a coloro che avevano studiato soltanto l'algebra e la geometria. Carlini dovette infine piegarsi alla decisione dell'autorità superiore e accettare che la Luogotenenza intervenisse di proprio pugno, imponendo uno statuto definitivo, al quale egli decise, tuttavia e con una punta di amarezza, di non apporre la propria firma.

Il nuovo "Statuto disciplinare per la Scuola di Astronomia" (che reca subito sotto il titolo la seguente specificazione: «quale fu proposto dal Direttore dello Studio Matematico presso l'I.R. Università di Pavia») venne comunicato agli astronomi il 20 maggio 1855.¹² La loro visione di come insegnare l'astronomia era stata totalmente ignorata.

Bordoni e l'autorità politica potevano così segnare un significativo punto a loro vantaggio. Essi erano riusciti, infatti, ad avere la meglio sulle convinzioni di Carlini relativamente all'impostazione della scuola di astronomia teorico-pratica, riservandola in modo privilegiato a chi avesse potuto attestare la conoscenza della matematica sublime.

Essi avevano inoltre aperto un'altra questione non priva di una certa rilevanza: si trattava del dichiarato proposito, espresso nell'art. 2 del nuovo Statuto, di insegnare l'astronomia in un modo che fosse utile agli ingegneri nell'espletamento della loro professione. Riteniamo che questa intenzione costituisse per Bordoni – che aveva insegnato Idrometria e Geodesia dal 1818 al 1852 – il primo passo in direzione dell'istituzione presso l'Osservatorio di una scuola di alta geodesia come complemento delle matematiche applicate insegnate a Pavia.

Carlini si oppose all'idea che la scuola di alta geodesia potesse aver sede nella Specola di Brera, e suggerì invece come sede di essa l'Università. Nel settembre 1857 il ministro del Culto e dell'Istruzione Pubblica, Leo Thun-Hohenstein, pose fine al contrasto, comunicando che la scuola di alta geodesia non sarebbe stata istituita.

Nel frattempo Carlini non aveva mancato di impegnarsi nella difesa dell'indipendenza dell'Osservatorio per la parte che riguardava la situazione specifica

¹² AOB, AA, cart. 47, n. 2209.

degli aspiranti astronomi. Si trattava, egli aveva sottolineato, di persone a sé, all'istruzione delle quali l'Osservatorio si era dedicato fin dalla fondazione e aveva continuato a dedicarsi per tutto il periodo qui preso in esame con lo scopo, come abbiamo visto, di farne degli astronomi professionisti. Di essi egli aveva allegato l'elenco in una sua lettera alla Luogotenenza del 14 dicembre 1855, sottolineando che l'Osservatorio continuava ad attirare astronomi e aspiranti astronomi, come mostravano la presenza di Lorenzo Respighi, direttore dell'Osservatorio di Bologna, accolto nell'ottobre del 1852, e l'ammissione, avvenuta l'anno successivo, di Giuseppe Boschi, ingegnere laureato a Pavia.

Con lo Statuto disciplinare del 1853 si affacciava tuttavia il rischio che anche per i futuri astronomi l'ammissione fosse subordinata alle condizioni imposte dalla Facoltà Matematica. Tuttavia Carlini questa volta vinse la partita. Egli riuscì, infatti, a ottenere, a seguito di una ferma lettera alla Luogotenenza del 9 ottobre 1855, l'assicurazione che la loro ammissione all'Osservatorio avrebbe potuto continuare, «giusta le antiche pratiche»,¹³ ad essere affidata «all'arbitrio dei due astronomi»¹⁴ della Specola.

Nel 1855 veniva così accettato, senza alcuna interferenza né da parte delle autorità pubbliche né da parte della Facoltà Matematica, Ernesto Sergent-Marceau, ingegnere laureato a Pavia che aveva già frequentato nel 1852 la scuola di astronomia popolare e che poi entrerà nei ruoli dell'Osservatorio. A lui si aggiunsero nell'anno accademico 1855/56 G. Martelli e Giovanni Pellegrini, e l'anno successivo Angelo Marzorati.

Resta infine da dire che, a seguito dell'applicazione del nuovo Statuto disciplinare, il numero degli studenti dei corsi di astronomia teorico-pratica e popolare subì un immediato ulteriore calo per gli anni accademici 1855/56 e 1856/57. Nonostante ciò le lezioni non cessarono, anche grazie all'intervento da Vienna del ministro del Culto e della Istruzione pubblica che, pur prendendo atto della progressiva diminuzione degli studenti, dovuta a suo giudizio, al fatto che «l'Osservatorio astronomico non si trova nel luogo ove è posta l'Università», ordinò già il 27 giugno del 1856 che «il prescritto regolare corso di lezioni d'astronomia»¹⁵ si dovesse comunque tenere.

Nei primi mesi del 1859, a causa dei tumulti legati alla Seconda guerra d'indipendenza, le lezioni tacquero sia all'Università di Pavia che all'Osservatorio di Brera. Qui ripresero nel novembre di quell'anno in una situazione politica completamente nuova: dopo l'armistizio di Villafranca, la Lombardia era stata, infatti, annessa al Piemonte. Nello stesso anno, il 13 novembre, era stata emanata la legge Casati che, all'art. 172, sanciva la conservazione in Milano della cattedra di Astronomia presso l'Osservatorio astronomico; l'insegnamento avrebbe fatto parte dell'Accademia scientifico-letteraria e non più, come era stato fino ad allora, dell'Università di Pavia.

¹³ AOB, AA, cart. 47, n. 2281.

¹⁴ AOB, AA, cart. 47, n. 2263.

¹⁵ AOB, AA, cart. 48, n. 2355.

Bibliografia

- Arrighi G. (1980). *Ruggiero Giuseppe Boscovich - Lettere a Giovan Stefano Conti*. Firenze: Olschki.
- Lagrange L. (1775). *Mémoire sur la longitude du Collège de Bréra à Milan*, in *Ephemerides Astronomicae anni intercalaris 1776 ad meridianum Mediolanensem supputatae*. Mediolani: apud Joseph Galeatium.
- Mandrino A., Visconti A. (2015). *L'Osservatorio astronomico di Brera nella Legge sui piani di studi e di disciplina per le Università nazionali (31 ottobre 1803): il Regolamento di Barnaba Oriani*, in Mantovani D. (a cura di), *Almum Studium Papiense, Storia dell'Università di Pavia*. Tomo I. Milano: Cisalpino.
- Mandrino A., Visconti A. (in corso di stampa). “‘Apprendere un’astronomia veramente scientifica’: la scienza del cielo nel travagliato rapporto tra l’Università di Pavia e l’Osservatorio astronomico di Brera (1824-1859)”.
- Turiel A. (2000). *La formazione di Francesco Brioschi*, in Lacaita G., Silvestri A. (a cura di), *Francesco Brioschi e il suo tempo (1824-1897)*. Milano: Franco Angeli.

The Neapolitan Francesco Fontana inventor of the *astronomical* telescope

Paolo Molaro - INAF Osservatorio Astronomico di Trieste - molaro@oats.inaf.it

Abstract: Francesco Fontana in his *Novae Coelestium Terrestrialium rerum Observationes* (1646) repeatedly claimed to have conceived the first positive eyepiece in 1608, and produced a testimony by Zupus who declared to have used his telescope since 1614. This represents the oldest record of such a device. Fontana made also the first observations of the sky using a telescope with two convex lenses that he had manufactured himself. In the late 1620s he observed the Moon's main craters with their radial pattern and succeeded in drawing the most accurate maps of the Moon of his time, which were reproduced in a number of publications without acknowledging him as author. However, it is only at the end of 1645 that Fontana, pressed by the need to defend his discoveries' authorship and in a state of declining health, carried out an intense observational campaign whose results were published in the only book he left to posterity.

Keywords: Telescope, Francesco Fontana.

1. The genesis of the *astronomical* telescope

We still do not know precisely the genesis of the Galilean telescope, but even more mysterious is that of the *astronomical* telescope, i.e. the one made by two convex lenses, called also *keplerian*, which became “the” telescope since the second half of the XVII century (van Helden 1976; 1977a, b). After the first observations by Galileo and the publication of the *Sidereus Nuncius* (1610), Johannes Kepler wrote *Dioptrice* (1611), which was devoted to the explanation of the functioning of the Galilean telescope. In this book Kepler considered also all other possible combinations of lenses, including two and three convex lenses. However, these propositions were inserted in a section of the *Dioptrice* that was not dealing with the telescope. Moreover, in discussing the image formation, Kepler did not mention the magnification, which is the main characteristic of a telescope. As a matter of fact Kepler did not make a telescope and we have to wait till De Reitha (1645) for the first “keplerian” telescope apparently made on the basis of his propositions. As argued by Malet (2010), “the idea of turning his theoretical combination of two convex lenses into a working telescope may have never crossed Kepler's mind”.

Already in 1538 Girolamo Fracastoro wrote that “if someone looks through two eye-glasses of which one is placed above the other, he shall see everything larger and closely”. However, the real issue was not to see bigger but to be able to see more

details, which requires very high quality lenses not available in those years. In 1655 the Middelburg City Council set up an investigation to clarify the origin of the telescope. During this investigation a claim for primogeniture in the construction of a *long tube* in the year 1618 was made by Johannes Sachariassen in favour of his father Sacharias Janssen.¹ However, several inconsistencies were noted in his declaration (van Helden 1976). He was born in 1611 and not in 1603 as declared, and in 1618 his age was only 7. Probably the definition of “long tubes” did not refer to a keplerian telescope but to a Galilean one with longer focal length (van Helden 1976).

The first printed mention of a telescope formed with two convex lenses appeared in *Rosa Ursina sive Sol* (1631) by the Jesuit Christoph Scheiner. When he described a Galilean telescope projecting the solar image he mentioned that a different arrangement, which made use of two convex lenses, was also possible.² At page 130 Scheiner also wrote: “thirteen years ago, I made erect the images intercepted for the most Serene Maximilian, Archduke of Austria”. Since it took 4 years for the publication of *Rosa Ursina*, thirteen years before the publication date could correspond to the years 1613-1617 (van Helden 1976). However, a document of 1616 in the Tyrolean State Museum Ferdinandeum states that: “*opticum quodam instrumentum acquirerat admirandi usus, ita tamen ut imagines inversas redderet; quos cum Ser. mus [Serenissimus Maximilian III] rectas videre cuperet, nec que ratione id perficeret vel per alios reperiret*” (Daexecker, Molaro 2017). This is the first document that makes reference to an astronomical telescope. In our view this document confirms Scheiner’s reconstruction of the episode and fixes its date at the year 1616. Moreover, it does not say that Scheiner was the inventor of the device but only that he had added a lens to a pre-existing telescope to rectify the image for the benefit of Maximilian III. Thus neither in this document nor in *Disquisitiones Mathematicae* (1614), nor in the manuscript *Tractatus de Tubo Optico* (1616), nor in *Oculus hoc est fundamentum opticum* (1619), nor in the *Rosa Ursina* (1631), Scheiner made reference to himself as the inventor of a “keplerian” telescope. An omission that would be very strange, if he were indeed the inventor of a new kind of telescope. So very little was known of Kepler’s telescope that when Antonio Maria Shyrle de Rheita mentioned it in his *Oculos Enoch et Eliae* (1645) he was generally credited with this invention (King 1955).

The Neapolitan Francesco Fontana in his *Novae Coelestium Terrestrialiumque rerum Observationes* (1646), throughout the whole book, repeatedly claimed, in an obsessive way, the primogeniture of the construction of the first positive eyepiece already in 1608. In the book he also produced a testimony by Zupus who declared to have used, together with his master Jacobo Staserio, his telescope since 1614.

¹ “In the year 1590 the first tube was made and invented in Middelburg in Zeeland by Sacharias Janseen, and at that time the longest were 15 to 16 inches [...]. The length of 15-16 inches was in use until the year 1618; then I and my father invented the long tubes which are used at night for seeing the stars and the Moon” (van Helden 1977, p. 55).

² “If you fit two like [convex] lenses in a tube in the same way, and apply your eye to it in the proper way, you will see any terrestrial object whatever in an inverted position but with an incredible magnitude, clarity, and width” (van Helden 1976, p. 25).

I, Jo. Baptista Zupus of the Society of Jesus in the kindly Neapolitan College, Professor of Mathematical Sciences, assert that many, if not all the phenomena, which Dom. Francesco Fontana is bringing to the public domain in print, not once or twice but on several occasions by me and by others of our Society by means of the very optic tubes constructed by the same Dom. Fontana [...]. I assert that he was he who first employed two convex lenses in optical tubes, beginning in the fourteenth year of this century when he displayed for inspection a tube equipped with such lenses both to Jacobo Staserio, my Master, and to me, to the surprise and delight of us both (Fontana 1646; Beaumont, Fay 2001).

There are no apparent reasons to question about the testimony of father Zupus since he was still alive when the book was published. The book was granted permission by Gregory Peccerillus, vicar general of Naples and by F. Joseph de Rubeis of the Conventuals, theologian of the Cardinal Philamarini. Thus allowing a certain time to improve the quality of the lenses, which is the critical aspect, the year 1608 does not seem so implausible, though we admit we rely only on his own words. In the following we analyse in more detail the section of Fontana's book dealing with the telescope.



Fig. 1. Engraving of Fontana self-portrait printed in the *Novae Observationes*. The oval framework holds the inscription “*Franciscus Fontana Neapol. novi optici tubi astronomici inventor A. Dom. M.DC.VIII Aet. suae 61*”, where Fontana identified himself as the telescope inventor (Source: Perkins Library of the Duke University)

2. *De Tubo Optico*

The first section of the *Novae Coelestium Terrestriumque rerum Observationes* (1646) is entitled *De Tubo Optico* and it is completely dedicated to a discussion about the telescope. According to Fontana, the telescope has been theorized by Giovanni Battista Della Porta and then realized in practice by Galileo.³ He endorsed the verses by the Lyncean Johan Faber, doctor and herbalist of the Pope, who celebrated Galileo as the first scientist of his times.⁴ This is noteworthy considering that Fontana was close to the Jesuits of Naples, notably hostile to Galileo and from whom he was seeking permission to publish. Fontana's claim to have invented the telescope in 1608 referred exclusively to that made by two convex lenses, since he thought that Giovanni Battista Della Porta invented the telescope already in 1589.

Further in the book is a brief excursus on the history of the telescope from antiquity. Fontana rejected the possibility that the ancients knew the telescope on the grounds that they did not reveal any new details of the Moon and the stars. Fontana declared that all-important discoveries about planets and stars were made by Galileo and that he had confirmed all of them with his own made telescope. After Galileo the only significant discovery (in 1645) was the presence of dark spots in the map of Moon by Langrenus. However, Fontana added that this map could be "derived possibly from my maps [...] first done in 1629 [...] since Langrenus never reveals the designer of his telescope" (van de Vijver 1971).

The difficulties to work the lenses as to give them a perfect spherical shape – which is required in the construction of a good *Optical Tube* – were then described, including the role played by bubbles and air holes in the glasses. He stressed the importance of having a testing tool to check the lenses' shape and he proposed to look at the projected image of a candle as a testing procedure to judge the lens' quality, which he called his first invention.

The seventh chapter is entitled *Concerning the Astronomical telescope invented by the author*, the author's second invention, where he described the construction of the instrument. Fontana clarified that when he conceived his telescope he did not know Kepler's *Dioptrice*:

Although that model seems to be proposed by Johann Kepler in his *Dioptrics*, Question 86, p. 42 printed in 1611. However, I had in truth no knowledge of this book earlier than the present moment when I am publishing this treatise, and I have received it in return from the aforementioned Johan Baptiste Zupus. [...] It is surprising that it is not recorded that Kepler was the inventor of this device in

³ "The theory of its construction is to be found in no earlier author than in Book 17 of Johann Baptist Porta's *Magic of Nature* Chapter 10, printed 1589, which says this: 'Concave lenses make distant objects clearly visible, convex lenses near objects [...]. And that either Galileo put Porta's into practice, or he perfected it'" (Fontana 1646; Beaumont, Fay 2001).

⁴ "Porta holds the first realm; German, you may have the second; your work, Galileo, gives you the third realm of the stars. But as far as the heavens are distant from the earth, you, Galileo, shine more brightly than the rest" (Fontana 1646; Beaumont, Fay 2001).

Germany and myself at Naples [...] also his method is quite different from the method suggested here, read it (Fontana 1646; Beaumont, Fay 2001).

The last sentence, *legite ipsum*, inviting the reader to read Kepler's book, seemed to doubt about the real intentions of Kepler to propose a new device as also argued by Malet (2010). Fontana described also how to correct inverted images by the use of a third lens with the same diameter of curvature, his third invention, apparently ignoring a similar proposition in the *Dioptrice*.

The last chapter was concerned about the possibility to construct very long telescopes with a length up to 50 palms, i.e. about 13 m since the Neapolitan palm corresponds to 0.2637 m. For such a length the radius of curvature of the lenses is so high that their surface becomes almost flat and therefore extremely difficult to work out. Fontana described his solution to this problem by introducing for the first time the concept of the optical meniscus: "This inconvenience will be avoided, if the glass is figured on one side in a convex shape and on the other side in a concave one" (Fontana's fourth invention).

The first mention of Fontana's telescope is contained in the letter by Fabio Colonna to Federico Cesi of 30 November 1629 (Gabrieli 1996). In 1637 Fontana came into contact with Benedetto Castelli who also informed Galileo celebrating the virtues of Fontana's telescopes.⁵ In the following year Fontana improved his telescope making a 14 Neapolitan palms (i.e. 3.7 m) long telescope. This was documented by a letter of Cozzolani to Manzini of 11 September 1638 and by two letters that Castelli wrote to Galileo in July 1638. In the first Castelli writes: "I am holding a glass of Naples that is for a telescope long fourteen Neapolitan palms, [...] magnifies the object ninety times"⁶ and in the second the magnification became "160 times [...] a monstrosity". On 23 October 1639, Fontana addressed directly the Grand Duke proposing a 22 palm, i.e. 5.8 m, long telescope (Paolo del Santo 2009).

Fontana's way to grind and polish the lens remains unknown and it was only partially disclosed in his book. On 3 January 1638 Fontana approached the Grand Duke of Tuscany offering the exclusive deal of his secret way to work the lenses at a price of 2000 *piastre*. An offer that the Grand Duke declined in the same month (Arrighi 1964). On 10 July of the same year, Castelli wrote to Galileo saying that he thought he had understood Fontana's secret way of grinding the lenses. Apparently Fontana was working only the central part of the lens, a procedure that somewhat puzzled Galileo.⁷

⁵ "Mi ritrovo un occhiale di quelli di Napoli di gran perfezzione, e tale che non ho mai visto il meglio assolutamente" (Castelli to Galileo, 31 October 1637) and "Mi vado intrattenendo con adorare l'occhiale meraviglioso veramente [...] centossessanta volte, cosa mostruosissima" (Castelli to Galileo, 17 July 1638).

⁶ "Io mi ritrovo in mano un vetro di Napoli che serve per un cannone lungo quattordici palmi napoletani [...] ingrandisce l'oggetto novanta volte" (Castelli to Galileo, 3 July 1638).

⁷ "Quanto al modo di lavorare le lenti napoletane; il vederle pulite esquisitamente non in tutto il disco, ma nella parte di mezzo, lasciando a tondo come una ciambella non bene lustra, confonde il cervello a questi artefici quà. Io ho pensato a qualche cosa di non triviale, ma non ardisco di aprir bocca, havendo altro per il capo (Galileo to Castelli, 20 July 1638).

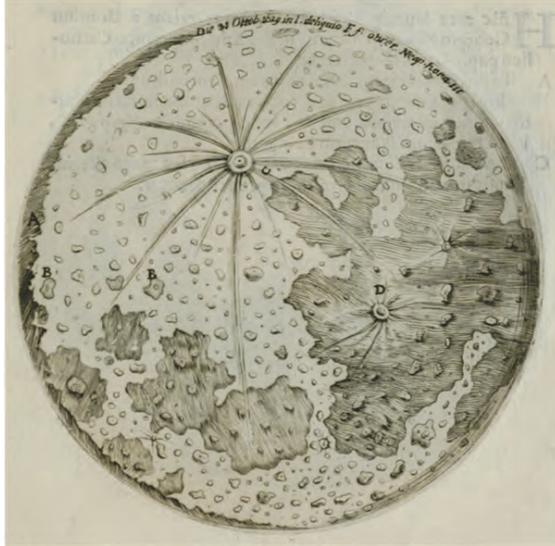


Fig. 2. Moon of October 31, 1629, 3 hours after the sunset. The Moon is upside-down, as seen with an *astronomical* telescope. Some features are marked with letters: A) highlighted that the Moon was not perfectly spherical at the border; B) a new small spot; C) Tycho crater seen for the first time together with the rays formed by splashed materials. Fontana named it *Fons Major*, i.e. “biggest fountain”, echoing his name Fontana, which in Italian means fountain; D) Copernicus crater also seen for the first time (Source: Perkins Library of the Duke University)

3. Fontana’s first observer of the Heavens with an *astronomical* telescope

In the late 1620s Fontana was the first to observe the sky using a telescope with two convex lenses, which he himself had manufactured. Fontana succeeded in drawing the most accurate maps of the Moon’s surface of his time showing the technical superiority of his instrumentation probably including the Galileo’s telescopes (Fig. 2).

A detailed description of Fontana’s discoveries is accounted by Molaro (2017) who, by means of historical simulations, shows that they are more accurate than what generally assumed. Fontana observed the Moon’s main craters with their radial pattern, such as Tycho crater which he named *Fons Major* (Big Fountain), and noted the change in their positions due to the Moon’s motions. He observed the gibbosity of Mars at quadrature and together with the Jesuit Giovanni Battista Zupus, the phases of Mercury. He observed the two – and occasionally three – major bands of Jupiter, and he came close to revealing the ring structure of Saturn. He inferred the rotation of the major planets Mars, Jupiter and Saturn arguing that they could not be attached to the sky. He also suggested the presence of additional moons around Jupiter, Venus and Saturn, which prompted a debate that lasted for more than a century (Kragh 2008).

In the end of his *Novae Coelestium Observationes*, Fontana describes his fourth invention he made in 1618. A new instrument by which the smallest and virtually

invisible things are so magnified that they can clearly and distinctly be examined. To support this claim he inserted a testimony from the Jesuit Gerolamo Sersale, who stated that he had been using the Fontana's microscope since 1625. The word *microscope* was coined by G. Faber in 1625 and the first printed microscopic illustrations were published five years later in the *Persio tradotto in verso sciolto e dichiarato* (1630) by Francesco Stelluti. On page 52 there is a reproduction of three bees which closely reminds of the Greuter's *Melissographia* and at page 47 Stelluti writes that the bees' drawing was observed and drawn by Francesco Fontana,⁸ thus confirming that Fontana had a major role in the first microscopic observations. Like the telescope, also the microscope can have two optical configurations and it is quite possible that Fontana was the first to conceive a compound microscope made only with convex lenses.

4. Fontana and contemporary paintings

It has been suggested that the telescopes depicted in the two paintings *Allegory of Sight* by J. Brueghel the Elder around 1617-1618 are keplerians (Molaro, Selvelli 2011). Since Fontana was the only one who could manufacture a keplerian telescope in those years, Molaro (2017) suggested that they may come from Fontana. We also noted a likeness of the unknown sitter depicted in the *Allegory of Sight* by Jusepe Ribera (c. 1616) and the self-portrait Fontana inserted in his book. Thus, though it is generally believed that Ribera took his models from everyday life, it is quite possible that Ribera, who arrived in Naples in 1616, could have been inspired by the figure of the Neapolitan Francesco Fontana who, in those years, was a renowned telescope maker (Molaro 2017).

References

- Arrighi G. (1964). "Gli occhiali di Francesco Fontana in un carteggio inedito di A. Santini". *Physics*, VI, pp. 432-448.
- Beaumont S., Fay P. (2001). *Translation of the Novae coelestium, terrestriumq[ue] rerum observationes by F. Fontana*. Private publication.
- Daxecker F., Molaro P. (2017). In preparation.
- Del Santo P. (2009). "On an unpublished letter of Francesco Fontana to the Grand-Duke of Tuscany Ferdinand II De Medici". *Galilaeana*, 6, pp. 235-251.
- Favaro A. (1903). "Galileo e il telescopio di Francesco Fontana". *Atti e Memorie dell'Accademia di Scienze Lettere e Arti di Padova*, XIX, pp. 61-71.
- Fontana F. (1646). *Novae coelestium, terrestriumq[ue] rerum observationes, et fortasse hactenus non vulgatae. A Francisco Fontana, specillis a se inventis, et summam perfectionem perductis*. Neapolis: Gaffarum.
- Gabrieli G. (1996). *Il carteggio linceo*. Roma: Accademia Nazionale dei Lincei.

⁸ "Il tutto ancora esquisitamente osservato e disegnato il Signor Francesco Fontana: onde feci qui in Roma intagliare in rame tre Api rappresentati l'Arme di Nostro Signore Papa Urbano VIII" (Stelluti 1630, p. 47).

- King H.C (1955). *The History of the Telescope*. New York: Dover.
- Kragh H. (2008). *The Moon that Wasn't: The Saga of Venus' Spurious Satellite*. Basel: Birkhäuser.
- Malet A. (2010). *History of Science and Scholarship in the Netherlands*, vol. 12. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Molaro P., Selvelli P. (2011). "A Telescope Inventor's Spyglass Possibly Reproduced in a Brueghel's Painting". *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 441, pp. 13-21.
- Molaro P. (2017). "Francesco Fontana and the astronomical telescope". *Journal of Astronomical History and Heritage*, in press.
- Schyrlus De Rheita A.M. (1645). *Oculus Enoch et Eliae Sive Radius Sidereomysticus*, Antwerp: Hieronymus Verdussen.
- Stelluti F. (1630). *Persio tradotto in verso sciolto e dichiarato*. Roma: Mascardi.
- Van Helden A. (1976). "The astronomical telescope 1611-1650". *Annali dell'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze*, 1 (2), pp. 13-36.
- Van Helden A. (1977). "The invention of the telescope". *Transactions of the American Philosophical Society, New Series*, 67 (4), pp. 1-67.
- Van de Vijver S.J. (1971). "Original sources of some early lunar maps". *Journal for the History of Astronomy*, 2, pp. 86-97.

Giovanni Santini, the Meridian Circle and the *Paduan Catalogues*: the top of classical astronomy in the XIX century in Italy

Valeria Zanini - INAF Osservatorio Astronomico di Padova - valeria.zanini@oa-pd.inaf.it

Simone Zaggia - INAF Osservatorio Astronomico di Padova - simone.zaggia@oa-pd.inaf.it

Abstract: Giovanni Santini (1787-1877), pupil of the Milanese astronomers Barnaba Oriani and Angelo Cesaris, was appointed director of the Padua Observatory in 1817 and held this position for most of the XIX century. He replaced obsolete scientific equipment and in 1836 purchased a great meridian circle, a high-precision instrument for measuring stellar positions. Using this tool, Santini carried out his five *Paduan Catalogues* (also known as *Santini Catalogues*), working for about thirty years. These catalogues include a total of nearly 10.000 stars, with stars up to magnitude 10. This is one of the most impressive works of classical astronomy accomplished during the XIX century in Italy.

Keywords: Giovanni Santini, Meridian Circle, Astrometry.

1. La lunga direzione di Giovanni Santini

Giovanni Santini, nato a Caprese Michelangelo (AR) il 30 gennaio 1787, è stato il più longevo direttore dell'Osservatorio Astronomico di Padova, istituto che egli diresse per ben sessant'anni, dal 1817 al 1877.

Terzogenito di undici figli, Giovanni s'iscrisse alla facoltà di giurisprudenza dell'Università di Pisa, dove seguì anche i corsi liberi di matematica e fisica, senza tuttavia conseguire la laurea. Nel 1805 si trasferì a Milano per frequentare l'Osservatorio Astronomico di Brera, ove ebbe modo di impraticarsi nell'astronomia e di approfondire gli studi matematici, sua vera passione, sotto la guida di B. Oriani e A. Cesaris. Nel 1806, in pieno periodo napoleonico, grazie al forte appoggio di Oriani (Pigatto 2006, p. 41), Santini fu nominato Astronomo aggiunto all'Osservatorio Astronomico di Padova, allora diretto da Vincenzo Chiminello,¹ di cui divenne ben presto il successore. Dal 1797, anno della caduta della Repubblica di Venezia,

¹ Vincenzo Chiminello (1751-1815), in servizio all'Osservatorio di Padova sin dal 1779, collaborò con lo zio Giuseppe Toaldo, primo direttore della Specola, soprattutto in ricerche di carattere meteorologico, grazie alle quali evidenziò l'esistenza di due massimi e due minimi barometrici diurni. Dopo la caduta della Serenissima e la morte di Toaldo, nel 1797, Chiminello si fece carico delle funzioni di direzione pur restando privo dello stipendio per diversi anni. Solo nel 1806 ottenne la nomina ufficiale a Professore di Astronomia e Direttore dell'Osservatorio. Per un'ampia e approfondita analisi della figura umana e scientifica di Vincenzo Chiminello si rimanda a (Pigatto 2006).

l'Osservatorio padovano stava vivendo un pesante periodo di crisi causato dalla mancanza di un governo stabile tanto che, al suo arrivo, Santini si trovò a poter disporre solamente di strumenti ormai obsoleti. Nel corso della sua lunga direzione, che racchiude l'intero periodo della dominazione austriaca sul Veneto, egli si adoperò quindi per rifornire l'Osservatorio di strumentazione moderna e soprattutto per portare la Specola patavina al passo con la ricerca astronomica di punta dell'epoca. Ben presto, grazie alla sua consolidata preparazione sia teorica che osservativa, l'astronomia padovana riacquistò autorevolezza. In particolare, Santini acquisì fama internazionale nel campo della Meccanica celeste e nel calcolo delle orbite cometarie: celebre fu la sua analisi del moto della cometa di Biela,² cometa di corto periodo – appena sei anni e mezzo – la cui orbita era soggetta a forti perturbazioni da parte di Giove. Seguita in tutti i suoi passaggi dal 1826, anno della scoperta, al 1846, anno in cui l'astro si spezzò in due, egli ne fornì ogni volta le effemeridi con una precisione elevatissima, apprezzata dai colleghi di tutto il mondo.

Il prestigio scientifico che Santini accumulò negli anni lo portò a ricoprire ruoli accademici – e non solo – di primaria importanza: fu rettore dell'Università di Padova negli anni accademici 1824/25 e 1856/57; preside facente funzione della Facoltà filosofica nel biennio 1845/46 e preside provvisorio della Facoltà matematica dal 1845 al 1872. Tuttavia egli conseguì il titolo di dottore in Filosofia solamente nel 1824 e solo al fine di adempiere il regolamento universitario austriaco, che prevedeva il possesso del titolo di studio universitario per ottenere la cattedra, mentre il 21 marzo 1851 gli fu conferita la laurea *ad honorem* in Matematica. Membro di svariate accademie sia italiane che straniere, fu anche sindaco di Noventa Padovana dal 1866 al 1875.

2. Il Circolo Meridiano

Il più importante acquisto strumentale che Santini riuscì a concretizzare per la Specola fu quello del grande circolo meridiano di Starke (Fig. 1), grazie al quale gli studi astrometrici padovani raggiunsero punte di eccellenza a livello mondiale.

Ideatore e primo progettista di un circolo meridiano era stato il costruttore tedesco Georg Friedrich von Reichenbach (1772-1826) verso il 1810. Egli aveva avuto l'intuizione di riunire insieme, in un unico strumento, il quadrante murale e lo strumento dei passaggi, entrambi indispensabili per l'attività istituzionale degli astronomi: il primo, infatti, pur fornendo delle precise misure di altezza, non era affidabile nelle misure di ascensione retta dato che non era possibile «disporre esattamente in tutta la sua considerabile estensione la zona esteriore, ove sono scolpite le divisioni, in uno stesso piano» (Santini 1840a, p. 31); di conseguenza l'asse ottico del cannocchiale soffriva l'inconveniente di deviare a destra o a sinistra rispetto al piano meridiano. D'altro canto lo strumento dei passaggi, con cui si determinava l'ascensione retta, non era dotato di cerchio di declinazione sufficientemente preciso

² La cometa deve il suo nome al capitano dell'esercito austriaco Wilhelm von Biela (1782-1856), che la scoprì il 2 febbraio 1826.

per eseguire misure di altezza. Tuttavia, dopo l'invenzione della macchina divisoria,³ Reichenbach poté fondere assieme questi due strumenti nel solo circolo meridiano: il cannocchiale ruotava finalmente senza vincoli sul piano del meridiano, restando imperniato a un circolo per la misura delle altezze diviso con grande precisione, semplificando notevolmente il complesso delle procedure osservative.

Il circolo meridiano di Starke giunse a Padova nel 1836, dopo che Santini ne aveva inseguito l'acquisto per una decina d'anni, anche in virtù degli ottimi risultati che altri strumenti di tal genere stavano fornendo in Italia. A Napoli, all'Osservatorio di Capodimonte, ad esempio, già dal 1815 operava un circolo meridiano realizzato da Reichenbach stesso, analogo a quello che fu installato in seguito all'Osservatorio di Königsberg e utilizzato da F.W. Bessel per individuare la prima parallasse stellare. L'Osservatorio di Brera, invece, era dotato di un circolo meridiano di Starke dal 1834 e, proprio forte di questo precedente, Santini riuscì ad insistere presso le competenti autorità del Regno Lombardo Veneto per ottenerne uno analogo per Padova.

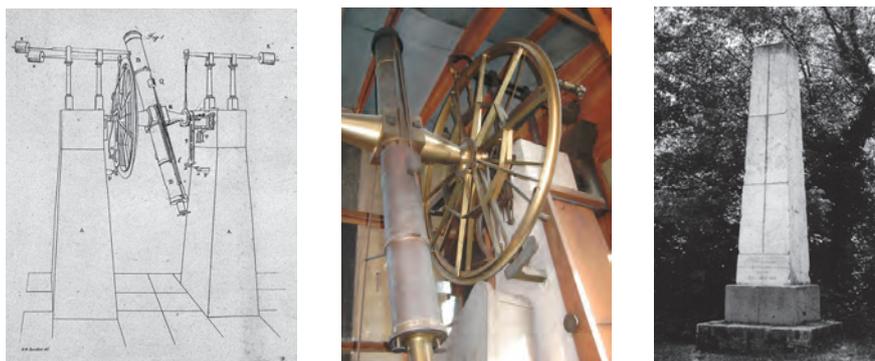


Fig. 1. Il circolo meridiano di Starke nel progetto originale (sinistra) e nel suo stato attuale (centro). Destra: lo scopo meridiano che si utilizzava per l'allineamento al meridiano celeste dello strumento

La struttura meccanica del circolo meridiano padovano fu realizzata dunque da Christoph Starke (1794-1865) nelle officine dell'Imperial Regio Politecnico di Vienna (Imperiale Regio 1818), corredandola con gli elementi ottici provenienti dalla ditta Fraunhofer di Monaco, di cui Georg Merz (1793-1867) aveva ereditato la firma dopo la morte del titolare. L'originale lente obbiettivo Merz, però, fu sostituita nel 1911 con un nuovo obiettivo delle officine Zeiss, di dimensioni leggermente superiori rispetto

³ La "macchina divisoria" era lo strumento che consentiva di ottenere una divisione meccanica del lembo degli strumenti, realizzando intervalli e sottointervalli di maggior precisione rispetto alle precedenti scale graduate eseguite manualmente. I primi tentativi di costruzione di una macchina divisoria risalgono alla metà del XVIII secolo, ma si deve a Jesse Ramsden l'ideazione, nel 1775, del prototipo migliore, che si aggiudicò il premio del *Bureau des Longitudes*. Successivamente, nei primi anni dell'Ottocento, fu proprio Reichenbach a perfezionare nella maniera più appropriata il meccanismo della ripartizione delle divisioni.

all'originale che purtroppo fu irrimediabilmente perduto dopo essere stato ceduto allo stato italiano per uso di guerra nel corso del primo conflitto mondiale.

Lo strumento poggia su due colonne piramidali di sostegno alte due metri. Il circolo graduato ha raggio di trenta pollici parigini (poco meno di 50 cm) ed è costituito da due strutture concentriche: la prima è suddivisa di 3' in 3' e ruota assieme al cannocchiale; la seconda, fissa, reca incisi in argento quattro nonî posti a 90° di distanza l'uno dall'altro, che consentono la lettura dei due secondi d'arco. La lettura delle divisioni in corrispondenza dei nonî era inizialmente effettuata mediante due microscopi semplici ma, nel 1858, a questi si aggiunsero due microscopi micrometrici.⁴ Sempre in quell'anno si portò da cinque a sette il numero di fili del micrometro filare e s'introdusse un micrometro in grado di produrre punti o linee luminose in campo oscuro (Santini 1857a), per permettere l'osservazione degli astri più deboli. Fu poi sostituita la livella a bolla che verificava il corretto posizionamento del circolo alidada, utilizzando al suo posto una nuova livella a leva sensibile. Fondamentale corredo dello strumento era anche lo "scopo meridiano" (Fig. 1) che Santini fece collocare nel 1842 negli attuali giardini del Bastione S. Croce, in un luogo elevato visibile dalla Specola. Questa stele in pietra permetteva di allineare lo strumento col meridiano celeste: la linea verticale rappresenta, infatti, il piano del meridiano, mentre gli incroci con le due linee a essa perpendicolari servivano per il puntamento a distanza. Nel 1881 si realizzò anche la grande vetrina che tutt'oggi protegge da polvere e umidità l'intera macchina, ancora alloggiata all'interno della sua torretta ottagonale, in attesa dei doverosi interventi di restauro in vista di un suo recupero espositivo all'interno del percorso museale dell'Osservatorio.

3. I *Cataloghi Padovani*

Con questo strumento, dal 1836 al 1863 Santini e il suo allievo, poi collega, Virgilio Trettenero⁵ eseguirono le osservazioni sulle quali si basano i cinque *Cataloghi padovani*, noti anche come *Cataloghi di Santini*, che furono pubblicati in cinque stralci successivi all'interno degli «Atti» dell'Accademia di Padova e delle «Memorie» dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti (Santini 1840b; 1847; 1857b; 1861; 1870). I *Cataloghi* comprendono un totale di oltre 10.000 stelle fino alla 10^a magnitudine a una declinazione massima di $\pm 15^\circ$ attorno all'equatore, fornendo

⁴ Il microscopio micrometrico era formato da lente obiettiva e lente oculare, sul cui comune piano focale giacevano due sottilissimi fili paralleli, mobili grazie a una vite senza fine con tamburo graduato in 100 parti. La lettura della misura si eseguiva spostando i fili fino a farli coincidere con la più vicina immagine di una divisione del circolo prodotta dal microscopio; i sottomultipli di divisione erano perciò determinati dal numero di giri eseguiti dalla vite per raggiungere la divisione. Santini introdusse questo metodo di misurazione dopo averlo conosciuto nel corso di un suo viaggio in Germania compiuto nel 1843 presso le principali officine tedesche di strumentazione astronomica (Lorenzoni 1888).

⁵ Virgilio Trettenero (1822-1863), Astronomo aggiunto calcolatore dal 1853 e professore straordinario di Astronomia dal 1862, sostituì nelle lezioni il Santini dal 1853, continuando ad affiancarlo nei lavori di astronomia di posizione e divenendo anch'egli uno specialista nel calcolo delle orbite cometarye. Con la sua prematura morte l'anziano Santini perse il suo successore designato e fu costretto a riprendere l'attività d'insegnamento all'età di 76 anni.

magnitudine, posizione e variazione annua per precessione di ciascun astro. Solo la precoce morte del Trettenero impedì di portare a compimento l'opera per l'intera volta celeste visibile da Padova. La motivazione principale che spinse Santini a intraprendere questo lungo e metodico lavoro fu il fatto di non avere a disposizione, tra le opere in circolazione, un catalogo che gli fornisse con la necessaria precisione le coordinate per un sufficiente numero di stelle di riferimento rispetto alle quali calcolare il moto delle comete o degli asteroidi di cui egli era impegnato a determinare l'orbita. Questa, infatti, si stabiliva misurando, in ascensione retta e declinazione, la distanza dell'oggetto osservato dalle stelle di campo che esso si trovava a incrociare nel corso del suo moto sulla volta celeste, notte dopo notte. Tuttavia, dopo il transito al meridiano celeste dell'oggetto, era sovente dover «impiegare inutilmente mezz'ora, ed anche un'ora e più innanzi che si present[asse] una stella conosciuta» (Santini 1840b, p. 50), e questo costituiva un inutile spreco di tempo osservativo.

I cataloghi cui si affidava Santini erano essenzialmente tre: il *Fundamenta astronomiae* di F.W. Bessel il quale, partendo dal *Catalogo Britannico* di Greenwich già corretto per l'aberrazione stellare da J. Bradley, lo aveva esteso a 32.000 stelle personalmente osservate e misurate tra il 1818 e il 1835; il grande *Atlas novus coelestis* di K.L. Harding, il primo atlante stellare disegnato senza le tradizionali figure mitologiche, composto da 27 mappe comprendenti circa 6.000 stelle osservate tra il 1808 e il 1823. E infine, quello che Santini riteneva il più preciso, cioè il *Praecipuarum stellarum Inerrantium Positiones* realizzato da G. Piazzi dopo 24 anni di osservazioni, la cui prima versione del 1803 fu ristampata, ampliata e corretta nel 1814 e conteneva dati per 7.646 stelle, con una accuratezza delle misure che raggiungeva la precisione di mezzo secondo d'arco. Tuttavia, nessuno di questi soddisfaceva in pieno le sue esigenze, i primi due perché soffrivano di «quella specie d'incertezza che lasciano nell'animo tutte le sorgenti di errore che si possono essere insinuate in una osservazione unica ed isolata, se anche sia fatta con ottimi stromenti, e dall'osservatore il più diligente» (Santini 1840b, p. 51), mentre il catalogo di Piazzi mostrava ampie lacune di stelle proprio nella fascia equatoriale, dove Santini più necessitava di riferimenti. Per questo l'astronomo padovano si accinse a redigere

un Catalogo di stelle fisse ordinato per Zone di due in due gradi rapporto alla declinazione, e precedente nell'ordine consueto da 0^h fino a 24^h in ogni Zona rapporto all'ascensione, per modo disposto che in ogni declinazione s'incontrasse una stella bene determinata ad ogni 7 od 8 minuti di tempo. Allorché un tale Catalogo fosse compiuto, rendesi manifesto che rivolgendo un cannocchiale dotato di un campo sufficiente ad un punto speciale del cielo, e tenendolo invariato in questa posizione, entro 10 o 12 minuti di tempo verrà ad attraversare il campo una stella bene determinata, alla quale si potrà comodamente riferire la posizione dell'astro incognito a cui il cannocchiale è stato diretto (Santini 1840b, pp. 51-52).

La peculiarità che contraddistingue quest'opera rispetto alle molte analoghe del periodo, è che Santini curò di ottenere per ogni stella, per quanto possibile, almeno tre osservazioni in tre sere successive, così da aumentare considerevolmente il grado di affidabilità del catalogo stesso, dato che tutti gli omologhi in circolazione, eccettuato

quello del Piazzani, si basavano invece su osservazioni singole, quindi affette da un alto rischio di errori.

Santini popolò il proprio catalogo selezionando da quello di Bessel, per ogni declinazione, tutte le stelle entro la 10^a magnitudine che risultavano essere distanziate l'una dall'altra al massimo di sei-otto minuti. Ogni stella era quindi osservata per tre sere successive, registrandone il passaggio per ciascuno dei cinque fili del micrometro e leggendo la corrispondente misura di altezza su tutti e quattro i nonî «ad oggetto di evitare possibilmente gli equivoci eventuali di una sola osservazione» (Santini 1840b, p. 52). Le misure di ascensione retta erano fornite da un orologio a pendolo, regolato a tempo siderale, che era stato realizzato dal meccanico dell'Osservatorio "Giuseppe Stefani" nel 1825.⁶ Alla media dei passaggi ai cinque fili era applicata la correzione sistematica alla misura del tempo desunta dalle osservazioni delle stelle fondamentali di quella sera, e in tal modo si determinavano le ascensioni rette apparenti. Il valor medio dei quattro nonî era invece corretto per la rifrazione atmosferica e per l'errore sistematico della livella a bolla. La distanza zenitale così ricavata, confrontata con la posizione del polo strumentale dedotto dalle osservazioni della stella polare e delle stelle fondamentali di quel giorno, forniva poi la declinazione apparente. Le osservazioni cominciavano poco dopo il tramonto e duravano circa un paio d'ore, dando modo di determinare le posizioni per circa una ventina di stelle a sera. Al termine della fase osservativa, tutte le misure erano riportate alla posizione vera e ridotte a un'epoca fissa, il primo gennaio 1840 o 1860. Nel resoconto introduttivo che diede alle stampe come prefazione al primo stralcio del catalogo, Santini si premurò di descrivere il più accuratamente possibile tutto questo processo osservativo, proprio «per comodo di chi volesse riscontrare negli archivi dell'Osservatorio tanto i calcoli relativi a queste riduzioni, quanto una qualche particolare posizione che divenisse sospetta» (Santini 1840b, p. 53): tutte le misure e i relativi calcoli sono tuttora conservati nell'archivio dell'Osservatorio.

4. Confronto con i moderni risultati di Gaia

I *Cataloghi padovani*, pur non essendo divenuti una classificazione di riferimento per la comunità astronomica internazionale, come fu invece per il successivo *Bonner Durchmusterung*,⁷ sono spesso citati in letteratura come esempio di lavoro astrometrico di altissima precisione. Per verificare quanto questa fama sia meritata, si è pensato di sottoporre un campione di dati a un confronto con le recenti misure rilasciate da Gaia, il satellite dell'Agenzia Spaziale Europea che sta compiendo una mappatura del cielo tramite misure astrometriche di altissima precisione e che compilerà un catalogo di oltre due miliardi di stelle fino alla magnitudine 20. La Fig. 2 mostra i risultati di

⁶ Quest'orologio è ora ospitato nella Sala degli Abati dell'Abbazia di Praglia, cui fu ceduto in modo informale probabilmente negli anni Settanta o Ottanta del secolo scorso.

⁷ Il *Bonner Durchmusterung* di F.W. Argelander, o *BD*, come divenne noto successivamente, fu portato a compimento tra il 1852 e il 1856 e costituì la prima classificazione completa delle stelle dell'emisfero boreale. I suoi numeri di catalogo sono usati tutt'oggi per l'identificazione delle stelle.

questo confronto. I circoletti pieni rappresentano la posizione delle stelle della prima *release* del catalogo TGAS⁸ (Gaia Collaboration 2016), mentre i quadratini vuoti sono le stelle tratte da uno dei *Cataloghi* di Santini, quello del 1861. Alcune di queste non hanno controparte Gaia per la parziale completezza del catalogo TGAS. Per un preciso confronto fra le coordinate, oltre ad applicare la precessione degli equinozi su un arco di 156 anni, le stelle devono essere corrette anche per moto proprio stellare, una quantità che può essere piuttosto consistente su una base temporale così lunga. La differenza delle coordinate così rettificata evidenzia come le misure padovane mostrino residui molto contenuti (Fig. 2) dell'ordine di circa 1'' in media. La distribuzione dei residui non è del tutto gaussiana e, mentre la declinazione non presenta residui sistematici apprezzabili, in ascensione retta lo spostamento è di circa 2.2'' del tutto ascrivibili al sistema di riferimento temporale. Deve essere tuttavia ancora identificata la sorgente dell'errore.

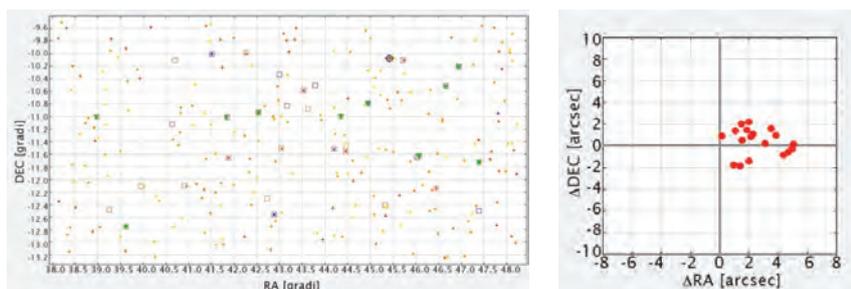


Fig. 2. Sinistra: un campione di stelle dei *Cataloghi padovani* messo a confronto con le corrispondenti stelle misurate da Gaia. La mancanza di controparti Gaia è dovuta all'incompletezza del catalogo TGAS. Destra: i residui delle posizioni per gli oggetti comuni ai due cataloghi una volta corrette le coordinate per precessione e moto proprio delle stelle

5. Conclusioni

I risultati di questo confronto ci dimostrano che la qualità delle osservazioni eseguite senza alcun ausilio fotografico, e ridotte con soli computi manuali, senza l'utilizzo di alcun calcolatore, era effettivamente di alto valore. Il passo successivo che s'intende intraprendere, una volta che Gaia avrà rilasciato i suoi risultati definitivi, è quello di eseguire il confronto sull'intera classificazione di Santini, per dare o no conferma generale a quanto ottenuto con un ridotto campione di stelle. Se i *Cataloghi padovani* fossero convalidati nella bontà delle loro informazioni, misure di oltre 150 anni fa

⁸ TGAS: un sottoinsieme della prima *release* del catalogo di Gaia che comprende le stelle dei cataloghi di Hipparcos e Tycho-2 per i quali è stato possibile trovare una soluzione astrometrica a 5 parametri. Per questo catalogo l'epoca di riferimento è il 2016.0.

potrebbero essere utilizzate ancor oggi per studiare, ad esempio, il moto proprio di una stella anomala.

Bibliografia

- Gaia Collaboration (2016). "The Gaia mission". *Astronomy & Astrophysics*, 595, A1.
- Imperiale Regio Istituto Politecnico di Vienna (1818). Milano: Regia Stamperia.
- Lorenzoni G. (1888). "In occasione del primo centenario dalla nascita dell'astronomo Santini". *Atti e Memorie della R. Accademia di Scienze Lettere ed Arti in Padova*, Nuova serie, III, pp. 133-183.
- Pigatto L. (2006). *Vincenzo Chiminello secondo direttore della Specola di Padova*, in Pigatto L., Xausa F. (a cura di), *Astronomi del territorio marosticense alla Specola di Padova*. Cittadella: Bertinello Artigrafiche.
- Santini G. (1840a). "Relazione intorno alla costruzione ed uso del Circolo meridiano dell'I. R. Osservatorio di Padova". *Nuovi saggi dell'Accademia di Padova*, V, pp. 30-49.
- Santini G. (1840b). "Posizioni medie delle stelle fisse ridotte al principio dell'anno 1840 disposte in zone di 2° in 2° gradi rapporto alle loro declinazioni per servire alla formazione di un nuovo catalogo dedotte dalle osservazioni fatte nell'I. R. Osservatorio di Padova". *Nuovi saggi dell'Accademia di Padova*, V, pp. 50-112.
- Santini G. (1847). "Continuazione della Memoria inserita nel Volume precedente". *Nuovi Saggi dell'Accademia di Padova*, VI, pp. 233-312.
- Santini G. (1857a). "Notizie intorno ai micrometri formati nel campo oscuro di un cannocchiale con linee chiare e punti luminosi, dietro i progetti proposti dal ch.o sig. Simone Stampfer". *Atti dell'I. R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, Tomo II, Serie III, pp. 153-167.
- Santini G. (1857b). "Posizioni Medie di 2706 Stelle pel 1° Gennajo 1860 distribuite nella Zona Compresa fra 10° e 12° 30' di Declinazione Australe dedotte dalle Osservazioni fatte negli Anni 1856-57-58, nell'I. R. Osservatorio di Padova". *Memorie dell'I. R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, VII, pp. 311-392.
- Santini G. (1861). "Posizioni medie di 2246 stelle distribuite nella zona compresa fra li 12° 30' e li 15° di declinazione australe dedotte dalle osservazioni fatte dal sig. Trettenero nell'I. R. Osservatorio di Padova negli anni 1857-58-59-60-61". *Memorie dell'I. R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, X, pp. 231-308.
- Santini G. (1870). "Posizioni medie di 1425 stelle pel principio del 1860 distribuite nella zona compresa fra 0° e 3° di declinazione australe, dedotte dalle osservazioni fatte dal defunto prof. Trettenero nel R. Osservatorio di Padova a datare dal 18 aprile 1861 fino al 3 febbrajo 1863". *Memorie dell'I. R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, XV, pp. 329-374.
- Viario B., Silva G., Padova E. (1915). "Il nuovo micrometro e le livelle del Circolo Meridiano della Specola di Padova - Studio". *Atti del R. Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, LXXXV, pp. 1-28.

Zanini V. (2007). *Gli strumenti degli astronomi alla Specola di Padova*, in Ghetti M.C. (a cura di), *Storia delle Scienze e delle tecniche nell'Ottocento veneto: le scienze astronomiche*. Venezia: IVSLA.

FROM ANTIQUITY TO THE XIX CENTURY

The modern theories of chaos and Lucretius' *clinamen*

Giuseppe Boscarino - Associazione culturale "S. Notarrigo", La scuola italica -
gpp.bos@libero.it

Abstract. Metaphysical entities, such as "chance" and "chaos", are emerging in philosophical and epistemological publications of our days. Somebody speaks about the new science of chaos as a third scientific revolution. Influenced by Michel Serres, Prigogine interprets Lucretius' *clinamen* within this new science of chaos. It is unclear if this new science is a theory, a model, a philosophical paradigm, or rather – as it seems to me – a mere collection of apparent, badly interpreted facts, of which it is reified the meaning with chaos term.

We analyze the meaning of the term *res* in Lucretius to see how, by dividing it into *coniuncta* and *eventa*, he places – among other things – the freedom of the human will (a consequence of *clinamen*) among *eventa* (*De rerum natura*, I, 455-458) or *res gestae*, which are the things that pass, but not among *coniuncta*, which are inherent to the *res* as such. Indeed, the *clinamen* is not a real but apparent motion, declining the motions of compound bodies. "The motion which now agitates the bodies of principles is the same that moves them in past ages and always in the future they will be transported *simili ratione* and what used to be born will be born *eadem condicione*" (*De rerum natura*, II, 297-301). Lucretius' polemic object is Stoicism, for which the capricious gods, fate and chance intervene in modifying the natural course from nothing. Lucretius believes himself a hard rationalist, a follower of the *graves* Greek philosophers of Parmenidean and Democritean tradition, which criticizes Heraclitus, *clarus inter inanis*, famous among those faint of rational capacities as the Stoics. It is argued that a careful and not forced reading of Lucretius' *clinamen* does not justify an interpretation of it within modern theories of chaos.

Keywords: *res, clinamen, foedera naturai.*

1. Introduzione

Nella pubblicistica filosofico-epistemologica dei nostri giorni vanno emergendo delle entità metafisiche, alcune vecchie quanto il mondo, come il "caso" e il "caos", altre di nuovo conio, come la "complessità". Queste entità prendono posto entro quella che viene chiamata *la terza rivoluzione scientifica*, dopo la relatività e la meccanica quantistica, cioè la cosiddetta "nuova scienza del caos" (Casati 1991; Ruelle 1991).

Mi sembra di notare in questa, qui sì, non solo un vero caos concettuale, di natura filosofica ed epistemologica, ma anche forzature e mistificanti interpretazioni storiografiche, su cui in particolare vorrei soffermarmi.

2. Il caos epistemologico intorno a caos, caso e complessità. Un nuovo aristotelismo?

Non è chiaro intanto se tale scienza del caos sia una teoria, un modello, un paradigma, un nuovo metodo di verifica delle teorie scientifiche, una nuova scienza e/o una nuova filosofia della scienza, una nuova fisica e/o una nuova metafisica, ovvero, come noi pensiamo, una mera raccolta di modelli empirici, dei più vari campi del sapere, però malamente interpretati, nel momento in cui se ne reifica o ipostatizza il significato, indicando nel caos il nuovo soggetto creatore dei fenomeni fisici (Notarrigo 1994).

Mi chiedo: ma può esistere una coerente teoria fisica del caos deterministico descritta da leggi deterministiche, da cui per definizione dovrebbero effettuarsi fenomeni unicamente determinati nel tempo, prevedibili con certezza assoluta, sia nel loro passato che nel loro futuro, da cui poi si generano fenomeni caotici, non univocamente determinati, non prevedibili, anche nel caso in cui ci fosse un pur piccolissimo cambiamento nelle loro condizioni iniziali?

Non si assume in tal caso una contraddizione come definizione, poiché si confonde il significato di legge astratta, una pura relazione sintattica, con quella di legge interpretata semanticamente, nel momento in cui si descrivono fenomeni fisici caotici?

Non si confonde così legge astratta con modello fisico concreto, poiché è vero che una legge rispetto a certi modelli astratti è deterministica, ma rispetto ad altri modelli non è deterministica, in quanto altro (conosciuto o non conosciuto) interviene a determinare l'effetto fenomenico, sia pur esso un piccolo cambiamento nelle condizioni iniziali?

La complessità, di cui Prigogine vuol costruire la scienza-filosofia, diventa così non un nostro modo di dire, relativo a un contesto, un concetto relativo, ma un assoluto metafisico, come la *sostanza* aristotelica, di cui Aristotele voleva costruire la scienza-filosofia, con la differenza che Aristotele la riconosceva necessaria, immutabile ed eterna, Prigogine, se la vuole riconoscere tale, cade in un assurdo, in quanto, volendo assumerne la temporalità, deve riconoscerne nello stesso tempo la necessità in termini di eterna essenza.

Si cade in tal modo nel famoso verbalismo aristotelico, poiché si ipostatizzano significati formali in significati reali.

Poiché le forzature e i fraintendimenti di Prigogine su Lucrezio, influenzato dallo scritto di Michel Serres (1977), sono poi molto diffusi nella letteratura filosofica e scientifica, voglio dedicarmi qui in particolare al significato del *clinamen* nell'opera di Lucrezio, non prima però di riportare alcuni brani significativi del Prigogine a tal proposito, dei quali voglio discutere:

Se la caduta verticale non fosse disturbata “senza motivo” dal *clinamen*, a causa del quale avvengono gli incontri e si formano associazioni tra gli atomi che cadono monotonamente, non potrebbe essere creata nessuna natura, perché si

perpetuerebbero soltanto le concatenazioni tra cause ed effetti equivalenti, governati dai decreti del fato (*foedera fati*). [...] Alle *foedera fati* si sostituiscono le *foedera naturai*, di cui Serres nota che esse designano altrettanto bene “leggi della natura”, legami locali, singolari, storici tra le cose, quanto un’alleanza, un contratto con la natura. [...] Epicuro e Lucrezio vivono in un Universo riconciliato. In cui la scienza delle cose e la scienza dell’uomo si incontrano nell’identità. Io sono il disordine, un turbine nella natura turbolenta” (Prigogine 1993, pp. 280-281).

3. Lucrezio: *res gestae, coniuncta/eventa*

Bisogna innanzitutto notare che il più grosso fraintendimento riguarda il senso complessivo dell’opera di Lucrezio. Il più delle volte si traduce il titolo latino della sua opera, *De rerum natura*, con *La natura*; traduttori, più avveduti, traducono invece *La natura delle cose*, ma l’ambiguità tuttavia rimane. Per cui, chi non avesse letto direttamente l’opera di Lucrezio, è portato a pensare a un poema sulla natura, a un’opera di filosofia naturale, di spiegazione dei fenomeni fisici. Di fatto l’opera di Lucrezio è un’opera di filosofia generale circa l’origine e l’essenza, non solo delle cose naturali, ma in generale, di tutte le cose, naturali e umane, che sono oggetto di conoscenza umana. La *res* in Lucrezio non è la ‘cosa fisica’, ma la ‘cosa in generale’ in senso filosofico. Ed infatti Lucrezio vuole spiegare non solo la natura delle cose fisiche (il tuono, il lampo, la pioggia, il terremoto, la grandezza dell’universo, ecc.), ma anche la natura degli dei, della religione, dell’anima, della volontà, della guerra, della civiltà, della libertà, del linguaggio, della proprietà, delle leggi civili (*communio foedera pacis*, Libro V, verso 1155), dello Stato, ecc.

Ciò è chiaramente detto fin da principio. Nei versi 54-55 del I libro così scrive: «pertanto comincerò ad esporre la vera scienza del cielo e degli dei e ti svelerò i principi delle cose».

Nel lessico filosofico lucreziano valgono le seguenti uguaglianze: *natura rerum* = *ratio rerum* = *vera ratio* (= vera scienza = filosofia senza aggettivi). Nel libro primo divide tutte le cose che hanno un nome (*quaecumque cluent*) in *coniuncta* ed *eventa*, i primi sono le proprietà essenziali dei principi delle cose, dei *primordia* o *principia* o *semina rerum*, che sono i *corpora solidissima*, cioè senza pori come diceva Empedocle, e il vuoto, *vacuum quod inane vocamus*. Proprietà essenziale (*coniunctum*) dei *corpora solidissima* è quella di toccare ed essere toccati, *tangere et tangi*, mentre proprietà essenziale del vuoto è, al contrario, quella di non poter essere toccato, *intactus*. Per costruire il mondo fisico non è necessario ricorrere ad altro, nemmeno all’intervento divino.

Tali proprietà essenziali o *coniuncta* non devono essere intese come proprietà sensibili, apparenti, ma come proprietà razionali, ideali; esse sono la *vera res*, la *ratio vera*. Le une (*coniuncta*) sono la *ratio*, la natura o essenza delle cose, le altre («*quorum adventu manet incolumis natura abituque, haec soliti sumus, ut par est, eventa vocare*», versi 456-458), sono pura apparenza, il divenire delle cose, ciò che accade nel tempo, le *res gestae*, che perciò non esistono per sé come i corpi primi, né possiamo dire che siano come il vuoto, solo possiamo chiamarli eventi dei corpi e dei luoghi ove avvengono.

Quindi *eventa* sono per Lucrezio la libertà, la povertà, la ricchezza, ecc.

Ora se la libertà è un *eventum*, quindi mera apparenza, giammai essenza delle cose, come conciliare questa concezione di Lucrezio con quell'altra molto diffusa tra molti storici, per la quale il *clinamen*, cioè la deviazione dei *primordia* nel loro moto verso il basso starebbe a fondamento della libertà dell'uomo, permettendogli di spezzare i decreti del fato, *foedera fati*, che imporrebbero allo stesso di ripetersi?

Notiamo poi che il termine "atomo" per la verità non viene mai impiegato da Lucrezio, esso è stato usato da Cicerone, editore del *De rerum natura*.

Ma, intanto, ha senso una caduta verso il basso dei *primordia* nell'universo fisico di Lucrezio, infinito, quindi privo di punti di riferimento assoluti?

Troviamo invece questa proprietà dell'atomo, attribuita a Epicuro, nell'opera di Cicerone *De natura deorum*. Scrive Cicerone in questa sua opera:

Epicuro, avendo notato, che, se gli atomi si muovessero verso il basso per effetto del loro peso (*si atomi ferrentur in locum inferiorem suopte pondere*), nulla sarebbe in nostro potere, perché il loro moto sarebbe certo e necessario (*certus et necessarius*), trovò il modo di evitare la necessità, cosa che era evidentemente sfuggita a Democrito: dice che l'atomo, quando è portato dal peso e dalla gravità in linea retta verso il basso (*deorsus*), devia un pochino (*paululum*) (Cicerone 1992, Libro I).

Forse il contributo che Cicerone ha dato alle successive insensate interpretazioni del testo lucreziano è molto maggiore di quanto possa emergere dalla precedente citazione.

Nella Nota biografica si legge:

Il *Chronicon* di San Girolamo (sec. IV-V d.C.) pone la nascita del poeta in alcuni codici all'anno 96 a.C., in altri al 94, e ci informa che Lucrezio, divenuto pazzo per effetto di un filtro amatorio, compose negli intervalli di lucidità *aliquot libros, quos postea Cicero emendavit*, e si diede la morte all'età di 43 anni. I libri di cui parla San Girolamo sono evidentemente i sei che costituiscono il poema della natura. Quanto all'*emendatio* ciceroniana, essa non si può intendere se non nel senso che Cicerone, soggiogato dalla grandezza della poesia lucreziana, abbia contribuito alla pubblicazione del poema, pur disapprovando il contenuto dottrinale e l'intento proselitistico dell'opera (Lucrezio 1976, p. 43).

Mi sembra che l'autore del brano citato forzi molto il significato di *emendavit*. Stando alla testimonianza di Girolamo, Cicerone non solo pubblica l'opera di Lucrezio, ma anche la "emenda", cioè la corregge, l'aggiusta, la manipola, togliendo e/o aggiungendo qualcosa. Almeno questo è il significato di *emendavit* nei dizionari latini!

Ora lo stesso Lucrezio è perfettamente conscio della difficoltà di esporre compiutamente il suo pensiero in versi latini. Infatti nei versi 136-139 (libro I) scrive che è difficile tradurre in latino il pensiero dei Greci per cui dovrà spesso coniare nuovi termini, in quanto la lingua latina non è adeguata per esprimere idee talmente nuove.

Niente di strano che Cicerone, anche senza intenzione, all'interno della sua cultura eclettica, corregga qualcosa perché non ne afferra il senso, e, in verità, i versi latini, dove Lucrezio tratta il tema del *clinamen*, usando una pluralità di termini riferiti ad esso, non sono molto chiari, come del resto scopriamo nel confrontare le molte

traduzioni in lingua italiana, a mio parere, abbastanza infedeli, tutte però attaccate all'interpretazione ciceroniana.

Tuttavia credo che un preciso senso si possa desumere se si guarda con attenzione a tutto quanto Lucrezio espone a tal proposito nel secondo libro.

4. Lucrezio e il *clinamen* (*innata potestas, libertas, voluntas, voluptas*)

Intanto bisogna premettere che negli scritti di Epicuro che ci sono rimasti, e in testimonianze su Epicuro, anche abbastanza ampie, che ci sono pervenute, quale quella ad esempio di Diogene Laerzio, tranne in Cicerone, non si fa cenno alcuno al *clinamen*. L'interpretazione del moto dell'"atomo", per cui nel suo moto secondo una linea retta verso il basso, devia, *declinat sine causa*, spezzando così la necessità del fato, salvando quindi la libertà umana, nasce da un'idea di Cicerone. Scrive infatti nel suo *De fato*:

Epicuro pensa di evitare la necessità del fato (*necessitatem fati*) per mezzo della declinazione dell'atomo. In tal modo si origina un terzo tipo di movimento oltre a quello del peso e dell'urto, quando l'atomo declina di un intervallo minimo – chiama questo *eláchiston*; che tale declinazione si produca senza causa, è costretto ad ammetterlo nei fatti, se non a parole (Maso 2013).

Tale assurda concezione porta i traduttori a scrivere di "atomi" quando in larga parte del contesto lucreziano si parla di "corpi", cioè non si parla di "atomi", ma di "corpi composti". Inoltre, "alto e basso" per Lucrezio possono avere un chiaro significato, quando riferiti alle nostre impressioni qui sulla terra, che invece non possono più avere in un universo infinito quale il suo. Tali assurdità invece emergono dai brani citati di Cicerone del *De fato* e del *De natura deorum*, dove tra l'altro si trova il nesso discutibile tra *clinamen* e libertà umana, che è l'oggetto dei versi lucreziani 251-293.

Sino al verso 250, Lucrezio si è limitato a parlare solo del moto dei *corpora*, ovvero di "corpi composti" da *primordia rerum*, dal verso 251 comincia a parlare invece del moto dei *primordia* (verso 253), dei *semina* (verso 284), e non ha senso trasferire questi là dove si parla del moto verso il basso dei corpi composti, che i *primordia* o *semina*, in quanto singoli, non hanno, poiché *multimodis volitent*, come dice Lucrezio nel verso 1055, si muovono in tutte le direzioni.

Per dare un'idea di tale turbinoso movimento ricorre all'immagine del pulviscolo che si intravede in un raggio di luce. Che, osserviamo, è un'immagine molto lontana dagli atomi di Cicerone che cadono verso il basso!

Per Lucrezio nessuna cosa corporea può di sua forza sollevarsi verso l'alto, né debbono ingannarci i corpi delle fiamme. Né è da credere che il fuoco faccia da solo, senza essere spinto in alto da una forza. Non si vede con quanta forza il fluido dell'acqua risputa assi e travi?

Eppure non dubitiamo che questi corpi per quanto sta in loro nel libero vuoto tutti precipitano verso il basso. Pertanto sebbene il loro peso porti le fiamme verso il basso,

solo da una forza opposta possono essere portate verso l'alto. Qua il sistema di riferimento dei corpi composti è chiaramente la terra.

Lo stesso principio di caduta verso il basso deve valere per i corpi composti che inclinano sulla terra, ma su cui non cadono, come le stelle, gli astri, il calore del sole.

Come spiegare tutto questo?

Bisogna allora postulare, oltre al moto naturale in tutte le direzioni dei corpi composti (non è scritto ancora *corpi primi* o *primordia* o *semina!*), anche un moto in linea retta verso il basso nel vuoto, ma che subisce una deviazione, della quale non possiamo dire né il momento né il luogo esatti, poiché si determina ogni volta che essi si avvicinano nel loro movimento in tutte le direzioni. Il comporsi dei corpi non può essere determinato dal diverso peso dei corpi, per le diverse velocità, perché nel vuoto tutti cadono con la stessa velocità. Perciò è necessario ammettere che i corpi (ancora non è scritto atomi o *corpora prima*) declinino un po' (*paulum*), ma non troppo per non cadere l'uno su l'altro.

Qui avviene il salto concettuale di Lucrezio, dalla fisiologia naturale alla fisiologia umana, dove usa i termini *primordia* e *semina rerum*.

Se poi vi fosse un fato che tenesse legati in una rigida necessità tutti i movimenti degli esseri animati (*animantibus*), come spiegare la loro libera volontà dal fato (*fatis avulsa*), grazie alla quale procedono dove il piacere li guida (*quo ducit voluptas*), ancora una volta in tempi e spazi non determinabili, a priori, privilegiati, accompagnati dalla mente?

Deve esserci allora un inizio del movimento della volontà che deve trasmettersi in tutta la massa delle membra.

Se il nostro corpo è costretto nel suo insieme ad agire contro voglia per una forza esterna (*vis externa*), deve esserci in noi un qualcosa che le si contrappone dall'interno, *intestinum*, per cui bisogna ammettere nei *semina* un'altra causa di movimento, oltre al peso e all'urto, ovvero una *potestas innata* (verso 286), che si oppone alla necessità del fato, che si manifesta nel momento in cui esercita dall'esterno il suo potere, quale può essere anche il volere di un dio o altro. E questa è la *declinazione-voluntas* (verso 257) dei *semina* nel loro insieme, in quanto corpi composti, determinata dalla ricerca del piacere (*voluptas*, verso 258), contro dolori, privazioni e costrizioni del corpo. La *voluntas* umana, allora non è il soggetto del *clinamen*, in quanto il soggetto è la *potestas-voluptas*, ma il suo prodotto, il suo effetto, non la sua causa. Ecco perché Lucrezio colloca la volontà umana nelle *res gestae*, nelle cose che divengono, appaiono, negli *eventa*.

In quanto poi *potestas*, causa di movimento, il *clinamen* viene accomunato alle cause di movimento che i corpi primi hanno oltre agli urti e al peso, che noi vediamo, mentre esso, in quanto *innata potestas*, è solo da postulare razionalmente, se non vogliamo che le cose formate provengano dal niente. Insomma esso o essa è una proprietà del singolo che bisogna ammettere razionalmente, ma che si manifesta nell'insieme. In questo senso il *clinamen* è creatore di forme, ma non in quanto caso, soggetto creatore dal nulla o caos, ma in quanto insieme di condizioni, che nel momento in cui si determinano danno luogo alle *res gestae*.

Il *clinamen* in questo senso, vuoi come *potestas* nelle forme naturali, vuoi come *libertas-voluptas* nelle forme umane, appartiene, alle cose che passano nel tempo, divengono, ovvero alle *res gestae*, non inerente ai *primordia*, in quanto tali.

Né le *res gestae* possono essere isolate o uniche o apparire una sola volta nel tempo o manifestarsi in un solo posto nello spazio¹ essendo destinate invece a formarsi in altri posti o in altri tempi, essi pure non determinati, incerti, come il *clinamen*, non essendoci posti e tempi privilegiati, ma solo il determinarsi delle stesse condizioni nel moto eterno dei *primordia rerum*, come quelle di trovarsi vicini e potersi aggregare.

Vecchi e nuovi nelle forme possono essere i tempi e i luoghi, ma nell'apparenza, perché esse sono pure destinate a ripetersi nell'eterno moto dei *primordia*.

Qui non ci sono tempi privilegiati, tempi che da operatori creano dal nulla nuove forme, uniche e singolari, un mondo aperto, produttivo e inventivo, perché tutto ciò che è possibile non può non passare all'essere, altrimenti è un impossibile.

La categoria della possibilità o dell'apparente divenire non può essere la categoria fondante della realtà, come pensa Prigogine (1993, p. XIII; Boscarino 1998, 2012), ma solo quella della necessità o dell'immutabilità, come pensa invece Lucrezio.

È questa la filosofia logico-ontologica di Lucrezio che richiama le filosofie di Democrito e di Parmenide, apprezzate, scrive, *inter gravis Graios*, forti di razionalità, ma non *inter inanis*, deboli di razionalità, il cui capo è l'oscuro Eraclito.

5. Lucrezio, critico dello Stoicismo. I *foedera fati* e i *foedera naturai*

Né Lucrezio, come scrive ancora Prigogine, è critico dei *foedera fati*, nel senso di una natura concepita come monotona, ripetitiva, e coercitiva, attribuita alla cosiddetta fisica classica degli Archimede, Newton, Laplace, ecc. Ben altro è l'oggetto polemico di Lucrezio.

Per Lucrezio, la natura non è soggetta ai voleri capricciosi degli dei, ai *foedera fati*, a leggi indotte dall'esterno ad essa, ma opera *sponse sua fonte* (verso 1092). Casuali sono gli urti dei *semina*, ma non le loro aggregazioni, che invece obbediscono ai *foedera naturai*.

Non c'è alcun "caos creatore" o "caso che decide" l'ordine o la *ratio* della natura, o "ordine attraverso la fluttuazione", che è sempre la stessa (*simili ratione*, verso 299), nella quale ogni cosa che "soleva nascere nascerà nella stessa condizione (*eadem conditione*), e vivrà e crescerà raggiungendo il pieno vigore, nei limiti a ogni cosa assegnati dai decreti della natura".

In realtà l'oggetto polemico dell'opera di Lucrezio, come di tutto l'epicureismo, è lo stoicismo, per il quale, leggiamo nelle testimonianze di Diogene Laerzio, il fato è dio, che regola il mondo a suo piacimento, secondo una sua *ratio* (*logos* in lingua greca).

Scriva infatti Diogene Laerzio:

¹ «Accidit ut in summa res nulla sit una, unica quae gignatur et unica solaque crescat: accade che nel tutto nessuna cosa è una, che unica sia generata, e cresca unica e sola» (Lucrezio 1976, Libro II, vv. 1077-1078).

Che tutto avviene secondo il fato è tesi sostenuta da Crisippo nel suo trattato *Del fato*, da Posidonio nel suo secondo libro *Del fato*, da Zenone e da Boeto nel primo libro *Del Fato*. Il fato è una concatenazione di cause di ciò che è oppure la ragione (*logos*) che dirige e governa il cosmo (Laerzio 1976, Libro VII, v. 149).

È questo “dio = fato = *logos* = *ratio* esterna alla natura” che Lucrezio critica, come prima aveva fatto Epicuro, come d’altra parte emerge dal seguente brano di Cicerone, nella sua opera *De natura deorum*, quando fa dire a C. Velleio, epicureo, che critica il fatalismo degli stoici:

E chi non avrebbe paura di un dio curioso e intrigante (*curiosum et plenum negotii*), che a tutto pensa e provvede, che tutto osserva e ritiene che tutto lo riguardi? Da qui derivò prima di tutto la necessità del fato (*fatalis necessitas*) che chiamate *heimarméne*: ogni evento, secondo voi, prenderebbe origine dalla realtà eterna e da un concatenamento di cause. Ma questa filosofia deve apparire assai valida a chi, come le vecchiette (ma quelle ignoranti!), ritiene che tutti gli avvenimenti siano determinati dal fato! [...] Epicuro ci ha liberati da queste paure e ci ha liberati dalla schiavitù, per cui non temiamo quegli dei che, come capiamo, non creano fastidio a se stessi e non ne procurano agli altri, e veneriamo con devozione e con reverenza una natura eccellente e superiore (Cicerone 1992, Libro I).

La natura opera per l’epicureo con le sue leggi, i *foedera naturai* di Lucrezio, che non sono le leggi o i voleri di un dio *curiosum et plenum negotii*, che, a guisa di *fatalis necessitas*, regola le vicende umane.

6. Conclusione

Trascurando e forzando allora tutto il contesto in cui Lucrezio parla del *clinamen*, dei *foedera fati* e dei *foedera naturai*, si possono dedurre solo o cose che non hanno senso o cose assolutamente lontane dal suo pensiero.

Quali indicazioni conclusive di natura storiografica, filosofica, epistemologica e di etica della scienza possiamo trarre dalle due diverse ipotesi interpretative da noi evidenziate?

Se sono da evitare forzature, letture monche, errate o addirittura mistificanti interpretazioni nell’accostarsi ai testi classici della scienza e della filosofia, certamente sono da accogliere le sempre nuove conoscenze e sollecitazioni epistemologiche, anche quando sono rette da fragili contesti, dichiarati o no, filosofici, quali possono essere le nuove cosiddette scienze del caso o del caos, come della meccanica quantistica, le quali si vogliono fondare sul concetto di possibilità o di potenzialità. Su ciò abbiamo discusso in altri nostri interventi, a cui rimandiamo (Boscarino 2000).

Sul piano dell’etica della scienza (Boscarino 2012), certamente è da rigettare una scienza, come scrive ancora Prigogine, alienata e alienante, non sentendosi coinvolta nel divenire della natura e della storia umana, le quali certamente, di ‘tanto male sono ingombre’ (*tanta stat praedita culpa*; Lucrezio 1976, Libro II, v. 181), quali la morte e il dolore, presenti in natura, fame, guerre e ingiustizie, nella storia umana.

Ma come si deve rapportare il saggio, lo scienziato delle cose naturali e umane, di fronte ad esse? Certamente sentendosi “un turbine nel turbinio della natura e della storia”, ingombre di tanto male e distruzione, riconoscendo innanzitutto nelle cose naturali una *potestas innata*, che si manifesta nel *clinamen*, che dà vita sempre a nuove forme, ma assecondando nello stesso tempo con l’impegno quell’altra *potestas innata*, che si manifesta invece nella volontà umana, mossa però dal criterio della *voluptas*, del piacere, il *clinamen-potestas-voluptas*, come causa.

Bibliografia

- Boscarino G. (2000). *Quantum mechanics: the real and the possible*, in Garola C., Rossi A. (eds.), *The Foundations of Quantum Mechanics: Historical Analysis and Open Questions* (Lecce, October 13-16, 1998). Singapore: World Scientific, pp. 73-81.
- Boscarino G. (2011). *The Ontological Levels of Scientific Theories and Technical, Ethical and Educational Progress*, in Pisano R., Capecchi D., Lukesova A. (eds.), *Physics, astronomy and engineering: Critical problems in the history of science and society. Proceedings of the 32nd International Congress of the Italian Society of Histroians of Physics and Astronomy* (Rome, September 27-29, 2012). Siauliai: The Scientia Socialis Press, pp. 153-160.
- Casati G. (1991). *Il caos. Le leggi del disordine*. Milano: Le Scienze editore.
- Cicerone M.T. (1992). *De natura deorum*. Milano: BUR.
- Diels H., Kranz W. (1983). *I presocratici*. Bari: Laterza.
- Laerzio D. (1976). *Vite e opinioni dei filosofi*. Bari: Laterza.
- Lucrezio Caro T. (1976). *La natura*. Torino: UTET.
- Maso S. (a cura di) (2013). *Cicerone: De Fato*. Venezia: Cafoscarina.
- Nicolis G., Prigogine I., (1987). *La complessità*. Torino: Einaudi.
- Notarrigo S. (1994). “Entropia tra caso e necessità”. *Quaderni di Mondotre*, 10, pp. 33-69.
- Prigogine I., Stengers I. (1993). *La nuova alleanza. Metamorfosi della scienza*. Torino: Einaudi.
- Ruelle D. (1991). *Caso e caos*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Serres M. (1977). *La naissance de la physique dans le texste de Lucrèce*. Paris: Ed. de Minuit.

The role of mathematicians in the development of early science. A new insight

Danilo Capecchi - Sapienza Università di Roma - danilo.capecchi@uniroma1.it

Abstract: “Science is mathematics”. This proposition is contemporaneously false and true. Establishing its truthiness depends on the meaning given to the terms *science* and *mathematics*. If they are considered as historical categories, the proposition is clearly false. Today mathematics is considered as distinct from science; the former being essentially rational, the latter making necessarily recourse to experience. In the past mathematics had a more variegated meaning than today. It comprehended some parts that we can call science – modern meaning; for instance, mechanics, astronomy. Science was instead only a theoretical discipline, not necessarily related to experience and thus differed from mathematics. “Science is mathematics” may become true if mathematics is understood with its ancient meaning and science with its modern meaning. Notice, however, that there are sciences (modern meaning) that are not mathematics (ancient meaning). They are, for instance: linguistics, anatomy, botanic and other disciplines that make a limited recourse to the category of quantity. They can become mathematics only if the meaning of mathematics is enlarged to include logic.

Keywords: Epistemology, history of science, mixed mathematics, early science.

1. Mathematicians and science

For mathematician I mean the scholar who knew mathematics, in the modern sense, but that also was busied by other; first of all applied mathematics or mixed mathematics – with a Renaissance terminology – that is music, optics, astronomy and mechanics. But he could also take care of medicine, architecture, etc. Mathematician, in this sense, is a term used from 1500 to 1700. In this sense, modern engineers, physicists, chemists and mathematicians can be qualified as mathematicians.

With a strong enough expression, I hope not trivial, it can be said that mathematicians were by far the proponents of science, as we know it today. At least for the part that goes under the name of exact science. The role of professional philosophers – not of philosophy in a broad meaning –, especially the philosophers of nature, was certainly important, but much less (Capecchi 2017).

Many of the problems posed by mathematicians, as nature of the continuum, existence of vacuum, driving force, gravity and motion, were also studied by the professional philosophers of Nature. But they were essentially general problems posed

to any educated person. I mean that the metaphysical and epistemological problems were not exclusive domain of professional philosophers. Mathematicians, from classical and Hellenistic Greece, had their own ideas about many metaphysical problems of philosophy that were dealt with differently from the professional philosophers. Many mathematicians could have little philosophical knowledge as modern scientists do, but this notwithstanding they thought about Nature. The so-called Pythagoreanism, that is the attribution of a fundamental role of mathematics in the interpretation of the world, usually rooted in the influence of Pythagoras and Plato, is a constituent of Greek mathematics and precedes the two philosophers.

To get an idea of the origin of modern science, it is particularly instructive to look at the applied mathematics of ancient Greece, and in particular of the Hellenistic period. Greek mathematics was born at the same time as astronomy, harmonics, mechanics, optics and surveying. Only later began a process of abstraction that eliminated, but not completely, the sensitive basis, thus separating pure from impure mathematics (contaminated by the senses). Impure, or “applied”, mathematics, or mixed mathematics as referred to in this paper, continued to exist and were generally studied by the same scholars who dealt with pure mathematics. This without a sharp distinction of roles and status between them. Mathematicians, indeed, generally were not only specialists, that is they were not mathematicians in the modern sense of the term; many of them shared interest in natural philosophy, epistemology, technology, medicine. They were thus able to develop ideas about the nature of the world independently enough of those of “professional” philosophers and theologians. They went some way to build a community with shared values; they knew each other both diachronically and synchronically, criticizing or esteeming, but in any case commenting on each others’ works. This community pursued its science not only out of a love of knowledge, not only to know the fact and the reasoned fact as philosophers did, with the aim to make predictions, which only allowed the improvement of technology.

At least since Ptolemy (II century AD), astronomy and music were characterized by a hypothetical deductive approach, with theories that were not validated directly – which was impossible – but according to their observable consequences (Capecchi 2014, 2016). Based on a preliminary examination of a phenomenon he proposed a mathematical theory. It was then placed in relation with the experimental data that could be obtained with laboratory experiments, or with accurate observation thanks to special instrumentation. This is particularly clear in the writings of music theory where Ptolemy’s epistemology was made explicit.

It is clear that a careful reading of texts with their contextualization in the period made manifest differences – virtually impossible to make precise – with respect to the modern approach. I know quite well the criticism in a modernist interpretation of the hypothetical deductive method, but consider that yet today it is difficult to give a unique definition of what a hypothetical deductive method is for a scientist.

Here is what Ptolemy wrote in his *Harmonica*:

The purpose of the harmonicist would be then to preserve in every way the reasoned hypotheses of the canon which do not in any way at all conflict with the perceptions

as most people interpret them, just as the purpose of the astrologer is to preserve the hypotheses of the heavenly movements concordant with observable paths. Even these hypotheses are themselves assumed from what is clear and roughly apparent, but with the help of reason discover detail as much accuracy as is possible (Ptolemy 2000, pp. 7-8).

Optics had a simpler structure based either on empirical principles verified by controlled experiments, or they are self-evident. Here is what Ptolemy wrote in his *Optics*:

For all cases in which scientific knowledge is sought, certain general principles are necessary, so that postulates that are sure and indubitable in terms either of empirical fact or of logical consistency may be proposed and subsequent demonstrations may be derived from them. We should therefore indicate that three particular principles are needed for the scientific study of mirrors and that, being of the first order of knowledge, they can be understood by themselves (Ptolemy 1996, p. 131).

The situation of mechanics, prince discipline of physics at least for a long time, was very special. Mechanics is at the same time the farthest from mathematics and the nearest. It is the farthest because it refers to concepts such as weight, strength (apart from mass and inertia) that cannot be translated into geometrical concepts. It is the closest because its principles are so obvious that they can be accepted by all, as the principles of Euclidean geometry. To develop a general theory of mechanics, it is not necessary to perform experiments. In particular, the principles of statics, the law of the lever and the rule of the parallelogram, can be justified by referring to common sense, as that stating that if a stone is left free, it falls downwards.

Euclid's and Archimedes' mechanical texts are particularly enlightening to understand the mechanics theory at its beginning. The equilibrium of solids is reduced to the determination of the centers of gravity with Archimedes. The only (or almost) empirical postulate is that saying that if on a scale with equal arms two different weights are hung, the scale tilts toward the heavier. In the discussion on the equilibrium of fluids, the situation is a bit more complex; here concepts are used such as force and pressure, necessarily endowed with mechanical meaning.

Mixed mathematics crossed the Middle Ages with important changes but without altering the substance. Astronomy, optics, music and mechanics underwent a change by an interaction with new natural philosophy, that became strong in the XVII century, the abrupt development of technology and the recovery of ancient mathematics. The new mathematics of Renaissance – algebra – played some role too, but much remains to be studied about it. A factor that favored these changes was the diffusion of printing. In ancient Greece an author, even referring to an extant treatise, could not assume that his reader was acquainted with it. Thus instead of dealing only with advancement he dealt also with the argument of the cited treatise, by treating it in a more thorough way. This determined a mechanism of self-repetition, rather than of evolution. The diffusion of printing allowed to break this circularity.

Astronomy in the Middle Ages was essentially a geometrical discipline with only the aim to save phenomena and no claims were raised about causal explanations. First with Copernicus and then with Kepler, it became again a “physical” discipline, at least from what concerned the solar system. Optics changed from a theory of vision to a theory of light transmission; music moved toward acoustics, and mechanics gave rise to dynamics (modern term), that is a mathematical science of motion. Mechanics, that in the Middle Ages had become the science of weights, concentrate on the scale, became mechanics again in Greek meaning, as science of machines.

The interaction of mathematics with physics was restricted to traditional mixed mathematics and some other disciplines close to them, such as surveying, architecture, ballistics. For other disciplines, traditionally fully framed into the natural philosophy, mainly based on experience and experiment, such as magnetism, electricity, thermology, alchemy/chemistry, biology, physiology etc., the role of mathematics was different and the interaction slower. What was taken from mathematics was the way of reasoning; that is the use of clear definitions, the rejection of the use of synonymous and homonymous, assumptions derived from experiments and considered as true; the use of a deductive approach for proving propositions, even without the explicit use of geometry or arithmetic. For some sciences the “evolution” toward a form of mixed mathematics, started partially in the XVII century, lasted at least until the XIX century; this was the case of disciplines founded on quantitative descriptions such as for instance magnetism, electricity, chemistry. Other sciences, where the use of quantity was negligible, such as structural botany and zoology, philology, morphology, that could be classified as qualitative sciences, did not reach, and until today have not yet reached, the status of mixed mathematics. For them, the use of symbolic logic however allowed, and yet allows, at least in principle, an approach that has a similar deductive structure of that of mixed mathematics.

A good enough idea of the evolution of (mixed) mathematics toward modern science can be reached considering in detail the evolution of mechanics, that often, at least in the past, was considered the prototype for understanding the scientific “revolution”. For the sake of space, reference has been made mainly to the period close to Galileo who was a main character in the field of mechanics at the turn of the XVII century.

Mechanics until the XVII century was the name of the (mixed) mathematics that took care of the functioning of simple machines (lever, block and tackle, winch, screw, wedge), and their combinations thereof. In ancient times it reached a peak with Hero of Alexandria in the I century AD. It was a discipline strongly mathematized that had, at its basis, concepts of empirical character, but whose evidence or acceptance was immediate to the point that it was sometimes considered a purely rational discipline. Foundation of mechanics was the law of lever.

There were two distinct justifications of this law:

1. The Archimedean one, based on symmetry considerations and absolutely certain empirical statements, such as: if to a scale with equal arms are suspended two weights, the scale tilts on the side of the greater weight.

2. The one called, quite improperly, Aristotelian. It had a kinematic character; the equilibrium is due both to weights and their virtual motions (virtual work law).

Hero's Hellenistic mechanics allowed to solve all the problems of equilibrium, however complex, even if its application required a certain ingenuity in reducing all the mechanisms to the lever. The actual occurrence of equilibrium for a system established by the law of the lever left no room for doubt. An experimental test, besides not being considered necessary, even seemed inconceivable, at least within a certain limit.

In the early modern era, with a new mature mathematics, the laws of lever and virtual work gave raise to more effective tools, such as for example the law of the parallelogram of forces; first with Leonardo da Vinci, then with Simon Stevin and Gilles Personne de Roberval. Mechanics, however, still remained essentially a geometric discipline.

Things changed when besides equilibrium, mathematicians set themselves the objective of studying the motion or, using modern terminology, they began to deal with dynamics. A development that was natural when one thinks as the machines as essential tools for moving weights. In fact, in the early XVII century the term *mechanics* spread to indicate the integrated science of statics and dynamics.

The science of motion, since antiquity had been a fundamental and exclusive part of natural philosophy, especially that of Aristotle, who recognized four types of motion or changes, with local motion coinciding with our "vulgar" concept. There is a coincidence, hardly by chance, between the birth of the science of motion and the spread of artillery. With Niccolò Tartaglia ballistics was born, a (mixed) mathematics (Tartaglia 1537) which studied the motion of a heavy mass point (a bullet). But only with Galileo Galilei dynamics reached the full.

It is difficult to say which elements, apart from the technological pressure, contributed to the development of the science of motion and the enlargement of mechanics, and in which measure they did it: natural philosophy, experimental activity and mathematics.

1. The concept of impetus recovered in the XIV century Europe, suggested the principle of inertia on (meta)physical basis. Galileo, however, made the principle an empirical law. The adoption of the principle of inertia led to the breakdown of the (Aristotelian) dogma for which a motion was always due to a force and speed was proportional to the applied force.
2. Even the other Aristotelian dogma, that of the speed of falling of heavy bodies proportional to their weight was abandoned. Someone, some mathematician – Stevin, as an example – dared to test the theory, and verified that it was false. Something that was probably obvious to most people, except philosophers.
3. Another key contribution was the introduction by Galileo of time as a physical quantity. Perhaps it was not quite Galileo to have first the idea. But it was he who first took note of the possibility of an accurate measure of

time, and developed the consequences. With the introduction of actual time, kinematics became dynamics. One could always imagine a motion evolving in an abstract time. Also the ancient Greek mathematicians did it, as for example Archimedes in the study of spiral. But they did so within geometry. By introducing the measurement of time geometry became charged with empirical significance and became dynamics. The law of Galileo for falling bodies, which somehow could find a counterpart in the kinematics of the Calculators of the XIV century, became with Galileo a law of nature.

4. An embryonic form of calculus allowed Galileo to pass from his law in term of constant increment of speed to the law of odd numbers for covered spaces, the only that could be tested by experiments.

So far it seems that mechanics evolved as a discipline of mathematical character, with no reference to experiments in the modern sense, that is the use of precise measurements, to verify theories. Even the role of philosophy of nature seems scarcely relevant because the concept needed to develop a mechanical theory could be derived from everyday observations without the need of the “abstruse” reasoning of philosophers.

The actual historical development, however, was a bit different. Galileo, differently from the traditional mixed mathematicians, had to intervene actively in the philosophy of Nature. Especially to free himself from preconceptions of natural philosophy.

When young professor in Pisa, in the 1590s, Galileo contrasted the Aristotelian theses on levity and gravity. He did it as a mathematician. In particular, he made recourse to thought experiments using the fundamental tool of mechanics, the lever, to argue against the existence of absolute levity. To establish principles as the law of inertia and that of falling bodies, he had to make recourse to reasoning in terms of cause and effect, as part of an essentially mechanistic philosophy, although not corporalistic. He referred only to material and efficient causes and denied the possibility of action at distance. He had to discuss the plausibility of motion of the Earth, for example, trying to provide a rational reconstruction to his law of relativity and confronting with Aristotelian philosophers who opposed his views.

Even the contrived experiment, carried out in laboratory, became an indispensable tool for the formulation of his laws, in particular those of the motion. Fundamental were the experiments of projection of heavy bodies moving on inclined planes that allowed him to choose from the two options, that of speed proportionally to the space of fall and that proportional to the elapsed time. Only after he had made his choice, he could carry on a purely “rational” exposition of the law of falling bodies.

After Galileo mechanics evolved inside the community of mathematicians. The evolution was due to a reflection on the subject, rather than to recourse to new experiments, which however had some role. The objective was to generalize Galileo’s approach to cover situations more general than that of the motion of a mass point due to a constant gravity. Fundamental concepts were introduced, roughly corresponding to our force (Wallis, Newton) and energy (Huygens, Leibniz).

Protagonists of the evolution of the theory of mechanics, after Galileo, at the end of the XVII century, were Torricelli, Cavalieri, Descartes, Wallis, Huygens, Newton, Leibniz (and many others). Newton proposed a kind of mechanics that is still today an accepted model. With those of absolute time and space, transpiring from the background, in his mechanics fundamental concepts concerned mass and force. Neither was completely new however. The concept of mass could be found in a quite clear way in Baliani, Descartes and others, intended as quantity of matter, and distinct from weight, which was associated to mass both because the action of ethereal particles or attractive forces. The concept of force came from statics as cause of motion and equilibrium, in principle measured by the weight the force can rise.

Newton's mechanics, at least that exposed in the *Principia mathematicae philosophia naturalis* of 1687, had an axiomatic structure, based on three explicit (and many other implicit) principles. The three explicit principles, referred to as *leges sive axiomata*, are:

Law I. Every body perseveres in its state of rest, or of uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impressed thereon.

Law II. The alteration of motion is ever proportional to the motive force impressed; and is made in the direction of the right line in which that force is impressed.

Law III. To every action there is always opposed an equal reaction: or the mutual actions of two bodies upon each other are always equal, and directed to contrary parts (Newton 1846, pp. 13-14).

Thousands of pages have been written on their logical status. This, for sure, means it is not easy to be grasped. One main doubt is if the laws are entirely *a priori* or derived from experience. Even though this second possibility is presently dominating, the experience called for is not that of the contrived experiments, but rather that of the common man, as was for Aristotle.

Newton attributed the first two laws to Galileo. There is historical motivation for this move, but for sure Newton was too generous. Especially for the second law. It could be considered a direct derivation of the Galilean law of motion. Indeed, if a constant cause (force) gives a motion with constant increase of speed – acceleration in modern term –, a variable cause (force) will give a motion with variable increase of speed; and it is not difficult to declare a proportionality between increase of velocity and cause (force). However, Newton's considered generic directions and causes, besides a mathematical apparatus Galileo did not possess.

Newton's *Principia* were considered by contemporaries a very clever text but not a revolutionary one, independently if its foundation was accepted or rejected. The text could indeed easily be framed into the tradition of mixed mathematics originated by Galileo, Wallis, Huygens. Only a modern perspective, and a particular attitude of the historian, could see in it something of revolutionary. The appreciation toward the *Principia* was due not so much – as is the case for modern scholars – to its foundation. It was not the terrestrial mechanics to be appreciated, but the celestial, with the

proposed explanation of the planetary motion. Here experience came into play. It was represented by Kepler's laws from which Newton could derive (analytic phase) the universal law of gravitation. This quite simple law allowed in turn to deduce with the rule of Calculus the planetary motion (synthetic phase) and give a scientific foundation to the Copernican hypothesis.

Newton's mechanics had its limit in the restriction to the mass point free of any constraints. It was however adapted in the XVIII and XIX centuries to any situation: extended rigid bodies, constrained and deformable bodies.

2. Conclusions

This memoir dealt with the description of the evolution of old mathematics, actually mixed mathematics, in the Renaissance and Baroque era. This evolution depended on both external (pressure from society) and internal (development of mathematics and philosophy of Nature) causes. The theme dealt with in the memoir, the relation between science and mathematics, was the object of a tremendous amount of writings, especially in the 1950-1980s. Here it is proposed a quite new point of view that concentrates on professional mathematicians rather than on professional philosophers; assuming, however, that the former acted in fact as philosophers. Mathematicians – almost all of them having a quite good training in the philosophy of nature – were the only ones who could make homogeneous epistemology, natural philosophy and mathematics. This was not possible for professional philosophers, even when they were great mathematicians, as Descartes and Leibniz, that developed separately a natural philosophy and a (pure) mathematics.

References

- Capecchi D. (2014). "Historical and epistemological point of view of mathematical physics". *Mathematics and Mechanics of Solids*, 20 (10), pp. 1263-1273.
- Capecchi D. (2016). "A historical reconstruction of mechanics as a mathematical physical science". *Mathematics and Mechanics of Solids*, 21 (9), pp. 1095-1115.
- Capecchi D. (2017). *The path to post-Galilean epistemology. A Reinterpreting the birth of modern science*. Dordrecht: Springer.
- Newton I. (1846). *Isaac Newton's Principia*. Translated into English by A. Motte. New York: Adee.
- Ptolemy C. (1515). *Almagestum*. Venice: Liechten.
- Ptolemy C. (1996). *Ptolemy's theory of visual perception*. Translated and commented by A.M. Smith. Philadelphia: American Philosophical Society.
- Ptolemy C. (2000). *Ptolemy Harmonics*. Translated and commented by J. Solomon. Leiden: Brill.
- Tartaglia N. (1537). *Nova scientia inventa da Nicolo Tartalea*. Venice: Stabio.

Nature-of-Science Teaching: notes on the Lagrangian Methods in Maxwell's Electromagnetic Theory

Donatella Marmottini - Campus dei Licei, Cisterna di Latina, Italy -
d.marmottini@yahoo.it

Raffaele Pisano¹ - Cirel, Lille 3 University, France - raffaele.pisano@univ-lille3.fr

Abstract: About Maxwell's electromagnetic theory, some research and Nature-of-Science foundational questions arise: what are physics and mathematical objects in a theory and their shared objectivity and knowledge? What kind of mathematics did he prefer to use for his physics-mathematics electromagnetic theory? In this paper, based on previous publications by one of us (RP), we shortly present some results on Maxwell's electromagnetic theory, taking into account his Lagrangian methods and its specific formulation.

Keywords: Electromagnetic field, Maxwell, Lagrangian method.

1. Introduction

In both *A treatise on electricity and magnetism* (1873, 2 vols.) and *A dynamical theory of the electromagnetic field* (1864), James Clerk Maxwell tried to put into a mathematical language the *Experimental Researches in Electricity* by Michael Faraday (1839-1855). For this purpose Maxwell went beyond the Newtonian approach reaching a new physics mathematics based on the concept of energy instead of that of force. A question arises: what is the original concept of energy that Maxwell had to deal with? Moreover: what kind of mathematics did he use for his physics-mathematics of the electromagnetic theory? In his investigation Maxwell used Lagrange's mathematics as a new approach to physical theory through the idea of connected mechanical system described by means of Lagrange's equations.

Maxwell laid the foundation for a new theory of electricity and magnetism as a new physical theory to be included in the physics-mathematics context. Therefore, he required a new dynamical theory for the description of this phenomenon and he built something unlike Newtonian mathematics; that is, Newton through Lagrange's equations (Maxwell 1873, III, part IV, chapter V, pp. 183-194).

¹ Also associate at the *Centre for History of Science and Philosophy/Archives Poincaré*, Lorraine University, France and at the *Unit for History & Philosophy of Science*, Sydney University, Australia.

2. On Maxwell's Concept of Energy

In *On the induction of a current on itself* (Maxwell 1873, III, part IV, chapter IV, pp. 180-183), Maxwell explored some phenomena like the inductive action exerted by a current on neighbouring conductors and on the same conductor that carries the current. In his investigation he tried to make an analogy between only one wire conveying a current and a fluid flowing in a continued stream by means of the concepts of inertia and momentum. The aim was to use this comparison to build a new dynamical theory of electromagnetic phenomena.

Analysing the motion of a fluid in a pipe, it is observed that the effects of inertia of the fluid in the tube depend only on the internal characteristics of the system and they do not depend on anything outside the tube. Otherwise the same wire through by the same current exhibits a different behaviour because it differs if its form changes or if other bodies are present even when the wire keeps its form unchanged.

It is difficult, however, for the mind which has once recognised the analogy between the phenomena of self-induction and those of the motion of material bodies, to abandon altogether the help of this analogy, or to admit that it is entirely superficial and misleading (Maxwell 1873, III, part IV, chapter IV, p. 181).

Maxwell also observed that if the phenomena of self-induction are due to momentum, this momentum has not to be that of electricity in the wire. Another question arises. When a current is set up in a circuit, the circuit itself acquires the ability to work, that is some kind of energy, maybe a sort of kinetic energy, “the energy which a moving body has in virtue of its motion” (Maxwell 1873, III, part IV, chapter IV, p. 182). Despite this hypothesis may seem reasonable, Maxwell emphasized that electricity in a wire can not be regarded as a moving body because of its dependence on external environment. Moreover another question could be stressed: are there some motion going on in the space outside the wire conveying a current?

In closing chapter four, Maxwell points out that in the following chapters it will analyse the consequences of the hypothesis that electrical phenomena can be studied by analogy with bodies in motion rather than investigate the reasons for such assumptions. In the following chapters, in fact, the author will try to deduce a theory of electricity from a dynamic point of view, assuming that the motion is communicated from one part of system to another by forces. The nature of the forces and the laws they obey are not explored because these forces will be eliminated from the equation of motion by means of the Lagrange's method.

After this careful consideration, the author focuses on the Lagrangian formalism need to build a new dynamic theory of electromagnetism rather than further explore the reasons for his conclusions.

3. Lagrangian Method in Maxwell's *Treatise*

A *dynamical Lagrangian system* is a dynamical system whose equations of motion are established by means of the principle of least action. The Lagrangian² L , which is the mathematical function that describes the dynamics of the system, in classical mechanics is generally defined by the difference between the kinetic energy and the potential energy of the system.

To build a dynamic theory of electromagnetism, Maxwell needed a mathematical approach suitable to be applied to different physical contexts. Since the introduction to chapter V, the author underlines that the aim of the new electric theory must be a close relationship between physics and its mathematical description. Maxwell then used the Lagrangian methods and related mechanics instead of the Newtonian one. The latter was not adapt to the nearest physical analysis of phenomena made by Faraday. Moreover, Maxwell (1873, III, part IV, chapter V, p. 184) recalls that, in his formulation of mechanics, Lagrange submits the dynamics to the power of mathematics, describing the dynamic relationship between the parts of a system by means of purely algebraic relations.

From a mathematical point of view, Lagrange's method consists in eliminating those quantities from the final equations that describe the interactions between the parts of a system permitted by physical constraints.

In following the steps of this elimination the mind is exercised in calculation, and should therefore be kept free from the intrusion of dynamical ideas (Maxwell 1873, III, part IV, chapter V, p. 184).

Alongside these considerations, however, Maxwell stresses the importance of a continuous reference to dynamic, so that from the pure mathematical language can emerge the properties of moving bodies.

In *On the equations of motion of a connected system* (Maxwell 1873, III, part IV, chapter V, pp. 184-185) and throughout the rest of the fifth chapter of the *Treatise*, Maxwell considered the Lagrangian description of a system as a connected one, describing motion and energy relationship within the system as a whole, rather than in terms of laws concerning the actions of forces (Pisano 2013a, b). In other words, he has described the system as a whole rather than to consider it consists of parts as in the Newtonian approach.

After describing the characteristics of a connected system, Maxwell relates the possibility to express the kinetic energy T of the system in terms of variables and momenta, or in terms of momenta and velocities (Maxwell 1873, III, part IV, chapter V, pp. 184-186).

Then Maxwell's attention is focused on a third description of kinetic energy in terms of velocities and of variables, rather than on momenta and velocities.

² See (Lagrange 1788); see also (Euler [1750], 1752, 1736, 1775). On mechanics, see recently (Pisano, Agassi, Drozdova 2017), (Pisano, Capecchi 2015), (Pisano, Fichant, Bussotti, Oliveira 2017), (Gillispie, Pisano 2014, chapters 2-5).

In order to establish a dynamical justification to field equations, Maxwell focused on the fact that magnetic field appears as a completely kinetic system whose energy should be purely kinetic. Therefore, the Lagrange's equations are expressed in terms of a kinetic energy T , which depends on the variables q_i and on velocities. In particular, the dependence of T on the variable q_i , that is dT/dq_i , is not only a mathematical derivative operation but it represents a physical variation of q_i .

In other words, the state of equilibrium of a system is unchanged while q_i is varied (Simpson 2005, p. 65). This is a sort of thought-experiment. By differentiating the energy function by using Lagrange's equations of motion, Maxwell formulated his *momentum concept* (Maxwell 1873, II, part IV, chapter V, pp. 190-193), which is the basic concept to build in his dynamical theory (Maxwell 1873, II, part IV, chapter VI, pp. 195-205). Therefore, Maxwell formulated his mathematical field concept through three phases:

- a. a geometrical study of Faraday's hydrodynamic analogical model, based on systems of lines of forces imagined – by Faraday – “the collection of imaginary properties” (Maxwell 1856, p. 160, line 4) of the theory of motion of an incompressible fluid;
- b. a concrete mechanical model (Maxwell 1861-1862, part I), based on the production of magnetic forces from electric current, called molecular vortices;
- c. a *dynamical justification* to field equations (Maxwell 1865, 1873).

Following these three steps Maxwell built his dynamic theory presented in the sixth chapter of his *Treatise* (Maxwell 1873, II, part IV, chapter VI, pp. 195-205) where the equations were proposed to bear on a simple electromagnetic system consisting of only two circuits.

At the end of chapter five, Maxwell emphasizes that in his review of Lagrange's method it took no account of the mechanism by which the parts of a connected system interact with each other, as stated at the beginning of the chapter. Furthermore, the author underlines the importance of the development of purely mathematical methods in building a new theory of dynamics, because this approach gives the possibility that some unknown truths come out. Once again a strict connection between physics and mathematics emerges (Maxwell 1873, III, part IV, chapter V, pp. 193-194).

4. Concluding Remarks

Following the three steps described above, Maxwell's method can be extended to more complex systems involving many conductors and mechanical motions and the corresponding equations are interpreted in electrical terms following Faraday's experimental discoveries on electromagnetic induction (Pisano 2013b, 2017; Darrigol 2005). In Chapter VIII (Maxwell 1873, part II, chapter VIII) Maxwell worked out the

mathematical structure of the electromagnetic field making wide use of Faraday's studies and experimental results.

Finally, in order to build a new dynamical theory, Maxwell needed something unlike Newtonian mathematics (Pisano, Bussotti 2015a, 2016). Lagrange's mechanics, such as a new approach to physical theory through the idea of a connected mechanical system (expressed in Lagrange's equations), appeared to be the solution.

Bibliography: Selected Maxwell's Works

- Maxwell J.C. (1860a). "Illustrations of the dynamical theory of gases". *Philosophical Magazine*, XIX, pp. 19-32.
- Maxwell J.C. (1860b). "Illustrations of the dynamical theory of gases". *Philosophical Magazine*, XX, pp. 21-37.
- Maxwell J.C. (1861a). "On physical lines of force". *Philosophical Magazine*, 21, pp. 161-175.
- Maxwell J.C. (1861b). "On physical lines of force". *Philosophical Magazine*, 21, pp. 281-291.
- Maxwell J.C. (1861c). "On physical lines of force". *Philosophical Magazine*, 21, pp. 338-348.
- Maxwell J.C. (1861d). "On physical lines of force". *Philosophical Magazine*, 23, pp. 12-24.
- Maxwell J.C. (1862). "On physical lines of force". *Philosophical Magazine*, 23, pp. 85-95.
- Maxwell J.C. (1864a). "On Faraday's lines of force". *Transactions of the Cambridge Philosophical Society*, X, pp. 27-65.
- Maxwell J.C. (1864b). "A dynamical theory of the electromagnetic field". *Proceedings of the Royal Society of London*, XIII, pp. 531-536.
- Maxwell J.C. (1865). "A dynamical theory of the electromagnetic field", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, CLV, pp. 459-512.
- Maxwell J.C. (1871). *Theory of heat*. London: Longmann Green, Roberts and Green.
- Maxwell J.C. (1873). *A treatise on electricity and magnetism*, two vols. Oxford: Clarendon Press.
- Maxwell J.C. (1874). "On Hamilton's characteristic function for a narrow beam of light". *Proceedings of the London Mathematical Society*, 6, pp. 182-190.
- Maxwell J.C. (1879). "On stresses in reified gases arising from inequalities of temperature". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 170, pp. 231-256.
- Maxwell J.C. (1881). *An elementary treatise on electricity*. Oxford: Clarendon Press.
- Maxwell J.C. (1920). *Matter and motion*. London: Macmillan.
- Maxwell J.C. (2003). *The scientific papers*, two vols. New York: Dover.

References

- D'Agostino S. (2000). "On the Difficulties of the Transition from Maxwell's and Hertz's Pure-Field Theories to Lorentz Electron". *Physics in Perspective*, 2 (4), pp. 398-410.
- Darrigol O. (2005). *Les équations de Maxwell: De McCullagh à Lorentz*. Paris: Belin.

- Euler L. ([1750] 1752). “Découverte d’un nouveau principe de Mécanique”. *Mémoires de l’académie des Sciences et des Belles Lettres de Berlin*, VI, pp. 185-217.
- Euler L. (1736). *Mechanica sive motus scientia analytice exposita. Auctore Leonhardo Eulero academiae imper. scientiarum membro et matheseos sublimioris professore. Tomus I. Instar supplementi ad commentar. acad. scient. imper. Petropoli: Ex typographia academiae scientiarum.*
- Euler L. (1775). “Nova methodus motum corporum rigidorum determinandi”. *Novi Commentarii academiae scientiarum Petropolitanae*, XX, pp. 208-238.
- Faraday M. (1839-1855). *Experimental Researches in Electricity*, three vols. London: Taylor.
- Gillispie C.C., Pisano R. (2014). *Lazare and Sadi Carnot. A Scientific and Filial Relationship*. Dordrecht: Springer.
- Lagrange J.L. (1788). *Mécanique analytique*. Paris: Desaint. Reprinted in: Lagrange J.L. (1973). *Oeuvres de Lagrange*, vols. I-XIV. Paris: Gauthier-Villars.
- Newton I. ([1687] 1803). *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, by Sir Isaac Newton. Translated into English by Motte A., vol. I. London: Symonds.
- Pisano R. (2011). *Physics-Mathematics Relationship. Historical and Epistemological notes*, in Barbin E., Kronfellner M., Tzanakis C. (eds.), *The European Summer University (ESU 2010) on History and Epistemology in Mathematics*. Vienna: Holzhausen, pp. 457-472.
- Pisano R. (2013a). *History Reflections on Physics Mathematics Relationship In Electromagnetic Theory*, in Barbin E., Pisano R., (eds.), *The Dialectic Relation between Physics and Mathematics in the XIXth Century*. Dordrecht: Springer, pp. 31-58.
- Pisano R. (2013b). *On Lagrangian in Maxwell’s electromagnetic theory*, in *Scientiatum VI. História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia*. Rio de Janeiro: The Federate University of Rio de Janeiro Press, pp. 44-59.
- Pisano R. (ed.) (2015). *A Bridge between Conceptual Frameworks, Science, Society and Technology Studies*. Dordrecht: Springer.
- Pisano R. (2017). *Reflections on Electromagnetic Field Conceptualization In-Between Faraday and Maxwell*. Preprint.
- Pisano R., Bussotti P. (2015a). *The Emergencies of Mechanics and Thermodynamics in the Western Society during 18th-19th Century*, in Pisano R. (ed.), *A Bridge between Conceptual Frameworks, Science, Society and Technology Studies*. Dordrecht: Springer.
- Pisano R., Bussotti P. (2016). “A Newtonian Tale Details on Notes and Proofs in Geneva Edition of Newton’s Principia”. *BJHM-Journal of the British Society for the History of Mathematics*, 31 (3), pp. 160-178.
- Pisano R., Agassi J., Drozdova D. (eds.) (2017). *1964-2014. Homage to Alexandre Koyré. Hypothesis and Perspective within History and Philosophy of Science*. Dordrecht: Springer.
- Pisano R., Capecchi D. (2015). *Tartaglia’s science of weights. The Mechanics in XVI century*. Dordrecht: Springer.
- Pisano R., Fichant M., Bussotti P., Oliveira A.R.E. (eds.) (2017). *Leibniz and the Dialogue between Sciences, Philosophy and Engineering, 1646-2016. New Historical and Epistemological Insights*. London: College Publications.

Newton's *Principia* Geneva edition: the action-and-reaction law. Historical and Nature of Science reflexions

Raffaele Pisano¹ - CIREL, Lille 3 University, France - raffaele.pisano@univ-lille3.fr
Paolo Bussotti - DIUM, Udine University, Italy - paolobussotti66@gmail.com

Abstract: The Geneva edition ([1739-1742] 1822) of Newton's *Principia* is a very treasure for the historians of physics and mathematics. For, the editors added a series of notes, which are longer than Newton's text itself. The explanations contained in such notes are important to grasp the way in which the spread of Newton's thought was realized in the continental Europe. Based on our previous studies, in this contribution we present a case study from Geneva edition adding Nature of Science educational reflexions.

Keywords: Newton, *Principia*, *Scholium*, action-reaction law, Geneva edition, infinitesimal of different orders.

1. Introduction

The Geneva edition of Newton's *Principia*² has unique features, which make this text a relevant document within the history of the reception and spread of Newton's physics in the cultural milieu of continental Europe around the forties of the XVIII century. The edition was not conceived only for specialists, rather it was thought of as a sort of encyclopaedia explaining all the aspects of Newton's mechanics to an expert but rather vast public.³ We have faced the problems connected to the nature of the notes, to the personalities of the editors and to the general structure of this immense work. We are not going to repeat what we have already clarified. Rather, we prefer to add a small *tessera* to the mosaic of our explanations to the notes contained in the Geneva edition. This means to face a case study in order to provide the reader with an example how the editors worked. We have chosen a note to the famous *Scholium* inserted by Newton at the end of the celebrated section of his masterpiece entitled *Axioms or Laws of Motion* (*Axiomata sive Leges Motus*; NGE, pp. 15-44):

¹ Also associate at the *Centre for History of Science and Philosophy/Archives Poincaré*, Lorraine University, France and at the *Unit for History & Philosophy of Science*, Sydney University, Australia.

² Hereafter we refer to Newton Geneva Edition (NGE, Public domain) in (Newton 1822, I). See also (Newton 1736; 1746a; 1729; 1746b; 1780-1785; 1972; 1803), (Wallis, Wallis 1977), (Pisano 2017).

³ The realization of a larger project (Oxford University Press, 5 vols.) is expected by 2020. See, recently, (Bussotti, Pisano 2014a, b), (Pisano, Bussotti 2016a, b). See also (Pisano, Agassi, Drozdova 2017), (Pisano, Capocchi 2015), (Pisano, Fichant, Bussotti, Oliveira 2017), (Pisano 2015).

Law I. Every body perseveres in its state of rest, or of uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impressed thereon;

Law II: The alteration of motion is ever proportional to the motive force impressed; and is made in the direction of the right line in which that force is impressed.

Law III: To every action there is always opposed an equal reaction: or the mutual actions of two bodies upon each other are always equal, and directed to contrary parts [*Lex III. Actioni contrariam semper et æqualem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse æquales et in partes contrarias dirigi*] (Newton 1822, I, pp. 15-17).⁴

The note tells us something interesting as to the way, in which different order of infinitesimals were conceived in that period. We will briefly expound the content of Newton's *Scholium* and, afterwards, we are presenting the note we have chosen (NGE).

2. On the action-and-reaction law

The *Scholium*, which concludes the section entitled *Axioms or Laws of Motion*, is almost as long as the rest of the entire section. Newton presents scientific considerations to show his concept of force and his laws of motion. These allow him to face a series of problems, already addressed by other physicists, with ease and within a general perspective. Some interesting reasoning and mental experiment follow to present the validity of the action-and-reaction law. From a conceptual point of view, the *Scholium* can be divided into four parts:

1. In the first one, Newton shows that Galileo's results, according to which the free fall of the bodies is proportional to the square of the time and the trajectory of a projectile – neglected air resistance – is a parabola, can be explained taking into account the first two laws and their corollaries. For, Newton writes, the constant gravity produces equal velocities in the single time-intervals. This means the velocities are as the times and, hence, the spaces as the squares of the times. By means of this result and of the parallelogram rule – explained by Newton in the Corollary I – (NGE, pp. 17-19) it is then possible to realize why the motion of a projectile is a parabola. This aspect plays an important role in the Nature-of-Science, teaching physics, geometry-mathematics and are related to the geometrical models in physics. A possible alternative view was represented by the *principle of virtual works* (Pisano 2017) connected to engineering from XIX century. Still, nowadays the didactic on the subject depends on these two approaches.

⁴ See also (Newton 1803, I, pp. 19-20).

2. The second conceptual core of the *Scholium* regards the fact that the laws of the pendulum and the rules of the impact for the hard bodies can be deduced by the three laws and their corollaries. Newton points out that such rules were formulated by Wren, Wallis and Huygens, he defines the most illustrious geometers of his time (*aetatis superioris geometrarum facile principes*; NGE, p. 36), but they can be easily obtained thanks to his concept of force and his axioms. It would be interesting to add these Newtonian performances on *Axioms or Law of motion* at the higher education.
3. To prove the validity of action-and-reaction law and derive the fundamental law of *momentum conservation* (NGE, Corollary III, pp. 23-26). In his words:

But to prevent an objection that may perhaps be alledged [alleged] against the rule, for the proof of which this experiment was made, as if this rule did suppose that the bodies were either absolutely hard, or at least perfectly elastic (whereas no such bodies are to be found in nature), I must add. That the experiments we have been describing, by no means depending upon that quality of hardness, do succeed as well in soft as in hard bodies. For if the rule is to be tried in bodies not perfectly hard, we are only to diminish the reflexion in such a certain proportion as the quantity of the elastic force requires. By the theory of Wren and Huygens, bodies absolutely hard return one from another with the same velocity with which they meet. But this may be affirmed with more certainty of bodies perfectly elastic. In bodies imperfectly elastic the velocity of the return is to be diminished together with the elastic force; because that force (except when the parts of bodies are bruised by their congress, or suffer some such extension as happens under the strokes of a hammer) is (as far as I can perceive) certain and determined, and makes the bodies to return one from the other with a relative velocity, which is in a given ratio to that relative velocity with which they met. This I tried in balls of wool, made up tightly, and strongly compressed. For, first, by letting go the pendulous bodies, and measuring their reflexion, I determined the quantity of their elastic force; and then, according to this force, estimated the reflexions that ought to happen in other cases of congress. And with this computation other experiments made afterwards did accordingly agree; the balls always receding one from the other with a relative velocity, which was to the relative velocity with which they met as about 5 to 9. Balls of steel returned with almost the same velocity: those of cork with a velocity something less; but in balls of glass the proportion was as about 15 to 16. And thus the third Law, so far as it regards percussions and reflexions, is proved by a theory exactly agreeing with experience (NGE, pp. 39-40; translation from Motte's edition).

Newton hypothesized two bodies *A* and *B* (Figure 1) suspended to the chords *AC* and *BD* respectively. He considered the circular pendulums *EAF* and *GBH* and supposed that – removed the body *B* – the body *A* starts from the point *R* and, because of the air resistance, it does not come back to *R* after an oscillation, but to *V*. The fourth part of *RV*, namely the arch *ST*, will hence express the retardation of the descent from *S* to *A*. This means that, if the body *A* starts from *S*, its velocity, when it reaches the point *A*, will be

the same as if the body would fall in the void from T . Thence, the chord of the arch TA represents the velocity in A . By the same reasoning, Newton proves that the chord of the arch tA represents the velocity of A after one reflection. By a similar method, he determines the place l , which has, for the body B , the same meaning as the place t for the body A . In this manner, the product of the mass of A by the chord TA represents the quantity of motion of the body A before the reflection; the product of A by the chord tA that quantity after the reflection, and the product B by the chord Bl represents the quantity of motion of B immediately after the reflection. The result after the impact of the bodies A and B always confirms the validity of the action-and-reaction law and the *momentum conservation*. Newton varied the empirical hypotheses-conditions by modifying the bodies' masses, the lengths of the pendulums and the rigidity of the bodies. The action-and-reaction law was confirmed.

4. The fourth section of the *Scholium* is connected to the previous one. Newton proposes one of those simple, clear and ingenious reasoning, which characterize the whole of his production. The problem is to show the validity of the action-and-reaction law as to the attractive forces. Let us suppose, Newton writes, two bodies A and B are mutually attracted. Let us pose an obstacle between the two, so that the impact is avoided. If the body A were attracted by B more intensely than B by A , then the obstacle would be pressed by A more than by B . This implies that the system of the two bodies and the obstacle will proceed in the direction $A \rightarrow B$ *ad infinitum* and with an accelerated motion. However, this is impossible because of the first law (inertia), thence the two bodies A and B will press the obstacle with the same intensity and will mutually attract with the same force. This implies the validity of the action-and-reaction law. Newton claims to have proved the validity of this assertion by means of experiments carried out with a calamite and iron. He proves then that the parts of the Earth attract each other with the same intensity. In the final remarks of the *Scholium* he introduces, in practice, the concept of *work* as he claims the bodies, whose velocities are inversely proportional to their innate forces, are equivalent in the impact, in the reflection and in their capabilities to move mechanical instruments. Therefore, the concept of work is attributed to the action-and-reaction law.



Fig. 1. The figure used by Newton to describe geometrically, and confirm physically, the action-and-reaction law (NGE, I, p. 38). Image: public domain

decomposed into the two motions along BK and BF or KC (Corollary I by Newton, the parallelogram rule; NGE, pp. 17-19). This granted, it is evident that the force or the velocity, with which the body moves in the side CD and presses or hits that side is represented by the perpendicular FC or BK . The velocity after the impact (if the body has no elasticity) is indicated by the straight line KC or CH . The velocity lost as a consequence of the impact in C is indicated by the straight line EK , because EK is the difference of the lines BC and KC , that is the difference of the velocities before and after the impact. If the angle BCK were finite, the straight line BK would have a finite ratio to the lines BC and KC . While decreasing the angle BCK , this ratio decreases continuously and hence it becomes infinitesimal when the angle BCK is infinitesimal. Therefore, BK or the force, with which the body presses the curve in C , is not greater than a first order infinitesimal quantity. Actually, since in the circle $EK:BK=BK:KL$, then EK will be an infinitesimal quantity in respect to BK . Thus, relying upon what proved, BK is infinitesimal in respect to BC , or KC and, hence, in respect to KL . Therefore, the velocity or the force lost in a point C is not bigger than a second order infinitesimal quantity. Since the velocity the body loses in the single sides of the trajectory AB , BC , CD is not bigger than a second order infinitesimal, then the body, while moving along the sides of the curve, whose number is infinite, namely, while moving along a finite arch of the curve, cannot lose a velocity greater than a first order infinitesimal quantity, which is the sum of second order infinitesimal quantities. Without taking into account such a quantity, the body continues its motion along the curve as if it lost no force, which proves the theorem completely.

4. Concluding remarks

The above examples and related discussion are interesting because the Geneva edition explicitly shows how the concept of infinitesimal was used at that time within physics. In that context, the idea of considering a curve as a polygon of infinite sides is also expressed. This is also connected with the different types of infinitesimal quantities used by Newton and the Newtonians.⁵

We have presented this case study for the reader to get an idea of the notes added by the editors of the Geneva edition to Newton's text. There are several notes, which are a precise – not often, but sometimes pedantic – specification and explanation, but there are also notes – as the one we have considered – that analyse many specific cases and circumstances, not directly faced by Newton, nonetheless connected to his physics. These notes are the most interesting because they represent a clear picture of two aspects:

1. The numerous applications and specifications to which Newton's physics can lead. Newton himself and the most important physicists after him did not develop all the single details of physics, because the advanced research

⁵ We do not have room to deal with such a fascinating subject, thence we refer to our recent publication: (Pisano, Bussotti 2017).

demanded new conceptually important results. Thence, details, which might be defined didactical applications of Newton's mechanics, did not receive much attention. However, since Geneva edition has also the aim to popularize Newton's thought, these details are developed, which is amazingly interesting to fully realize how wide the perspective of Newton's physics is.

2. There are several notes, in which the editors clarify the development of physics after Newton's work. Thence, they refer to the works, results and methods of the main physicists, who operated after Newton. In this manner, a synoptic picture of the whole mechanics developed until the forties of the XVIII century is explained.

Because of this, such edition is worth of the attention of the scientists, historians and philosophers of science. The Geneva edition also incorporates, nowadays, important educational implications of Nature of Science, its history, philosophy and epistemology, for teaching physics and mathematics. The significance of models and modelling for science education is also connected to the use of metaphors, analogy, visualization, simulations and animations in science.

Bibliography: Selected Newton's Works

- Newton I. (1729). *The Mathematical principles of natural philosophy*. Translated by Andrew Motte. London: J. Motte.
- Newton I. (1736). *The method of fluxions and infinite series*, edited by John Colson. London: Henry Woodfall.
- Newton I. (1746a). *Tractatus de quadratura curvarum*, in *Opuscula mathematica*, vol. I. Lausanne et Genevae: Bousque.
- Newton I. (1746b). *Methodus fluxionum et serierum infinitarum*, in *Opuscula mathematica*. Volume I. Lausanne et Genevae: Bousque.
- Newton I. (1780-1785). *Philosophiae Naturalis Mathematica Principia*, auctore Isaaco Newtono, Eq. Aurato, illustrata commentationibus potissimum Ioannis Tessianek, philosophiae et SS. teologiae doctoris, [...] et (quibusdam in locis) commentationibus veterioribus clarissimorum Tho. le Seur, et Fr. Jacquier, ex Gallicana Minimorum Familia matheseos professorum. Prague: Piskaczek.
- Newton I. (1803). *The mathematical principles of natural philosophy*. London: Symonds.
- Newton I. (1822). *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, auctore Isaaco Newtono, Eq. Aurato. Perpetuis commentariis illustrate, communi studio pp. Thomae le Seur et Francisci Jacquier ex Gallicana Minimorum Familia, matheseos professorum. Editio nova, summa cura recensita. Glasgow: Duncan.
- Newton I. (1972). *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica. The Third Edition (1726) with Variant Readings*. Assembled and edited by A. Koyré and I.B. Cohen, with the assistance of A. Whitman. Cambridge (MA): The Harvard University Press.

References

- Bussotti P., Pisano R. (2014a). “On the Jesuit Edition of Newton’s Principia. Science and Advanced Researches in the Western Civilization”. *Advances in Historical Studies*, 3 (1), pp. 33-55.
- Bussotti P., Pisano R. (2014b). “Newton’s Philosophiae Naturalis Principia Mathematica “Jesuit” Edition: The Tenor of a Huge Work”. *Rendiconti Accademia dei Lincei. Matematica e Applicazioni*, 25 (4), pp. 413-444.
- Pisano R. (2011). *Physics–Mathematics Relationship. Historical and Epistemological notes*, in Barbin E, Kronfellner M., Tzanakis C. (eds.), *Proceedings of the ESU 6 European Summer University History and Epistemology in Mathematics*. Vienna: Holzhausen.
- Pisano R., (2015) (ed.). *A Bridge between Conceptual Frameworks, Science, Society and Technology Studies*. Springer: Dordrecht.
- Pisano R. (2017). “A Development of the Principle of Virtual Laws and its Framework in Lazare Carnot’s Mechanics as Manifest Relationship between Physics and Mathematics”. *Transversal-International Journal for Historiography of science*, in press.
- Pisano R., Agassi J., Drozdova D. (eds.) (2017). *1964-2014. Homage to Alexandre Koyré. Hypothesis and Perspective within History and Philosophy of Science*. Dordrecht: Springer.
- Pisano R., Bussotti P. (2016a). “A Newtonian Tale. Details on Notes and Proofs in Geneva Edition of Newton’s Principia”. *Bulletin-Journal of the British Society for the History of Mathematics*, 31 (3), pp. 160-176.
- Pisano R., Bussotti P. (2016b). *Newton Geneva Edition as research programme concerning the relationship physics-mathematics in the history and philosophy of science*, in Tucci P. (ed.), *Atti del XXXIV Convegno annuale della SISFA* (Firenze 10-13 settembre 2014). Pavia: Pavia University Press.
- Pisano R., Bussotti P. (2017). “The Fiction of the Infinitesimals in Newton’s Works”. *Isonomia Special Issue*, in press.
- Pisano R., Capecchi D. (2015). *Tartaglia’s science of weights. The Mechanics in XVI century*. Dordrecht: Springer.
- Pisano R., Fichant M., Bussotti P., Oliveira A.R.E. (eds.) (2017). *Leibniz and the Dialogue between Sciences, Philosophy and Engineering, 1646-2016. New Historical and Epistemological Insights*. London: College Publications.
- Wallis P.J., Wallis R. (1977). *Newton and Newtoniana, 1672–1975: A Bibliography*. Folkstone-Kent: Dawson.

PHYSICS IN THE XX CENTURY

Death and resurrection of Field Theory: 1960-1975

Paolo Rossi - Dipartimento di Fisica, Università di Pisa; Centro Fermi, Roma -
paolo.rossi@unipi.it

Abstract: Notwithstanding the success of QED, around 1960 Quantum Field Theory (QFT), not managing to deal with strong and weak interactions, fell into a very serious crisis. The *bootstrap* approach, based on the centrality of the S matrix and on the hope that the consistency conditions dictated by unitarity, analyticity, crossing, symmetries and Regge behaviour could determine the scattering amplitudes, was then proposed as an alternative paradigm. Despite initial success and further theoretical developments the *bootstrap* program was losing momentum, when in 1968 a significant reprise was stimulated by Veneziano's dual resonance model and by the birth of string theory. Internal consistency problems led however to a dismissal of the approach around 1973, when it had already become clear that it was possible to formulate field theories of the weak and strong interactions. After the appearance of the quark model (1964) and of the Glashow-Salam-Weinberg models (1967), the turning points were the renormalization of Yang-Mills theories (1972) and the evidence of asymptotic freedom (1973). The Standard Model was born, and the paradigm of QFT would thereafter characterize the physics of fundamental interactions, notwithstanding the coming back of a *bootstrap* philosophy in the context of superstrings.

Keywords: Quantum Field Theory, S matrix, *bootstrap*, fundamental interactions, Standard Model, string theory.

1. La crisi della teoria quantistica dei campi

Verso la fine degli anni Cinquanta del secolo scorso la teoria quantistica dei campi stava attraversando una crisi che a molti fisici dell'epoca appariva forse insuperabile.

In effetti un primo grave ostacolo era stato superato quando la procedura di rinormalizzazione (grazie ai contributi di Bethe,¹ Tomonaga,² Schwinger,³ Feynman⁴ e Dyson⁵) si era dimostrata capace di risolvere, almeno a livello perturbativo, il cosiddetto "problema delle divergenze", e il successo predittivo dell'elettrodinamica

¹ Hans Bethe (1906-2005), fisico e astrofisico tedesco naturalizzato statunitense, premio Nobel 1967.

² Shin'ichiro Tomonaga (1906-1979), fisico teorico giapponese, premio Nobel 1965.

³ Julian S. Schwinger (1918-1994), fisico teorico statunitense, premio Nobel 1965.

⁴ Richard P. Feynman (1918-1988), fisico teorico statunitense, premio Nobel 1965.

⁵ Freeman J. Dyson (n. 1923), fisico teorico britannico naturalizzato statunitense.

quantistica (QED) nel calcolo del *Lamb shift* e del momento magnetico anomalo dell'elettrone aveva per qualche tempo incoraggiato un certo ottimismo.

Restava comunque aperto il problema del cosiddetto “polo di Landau”,⁶ una singolarità apparentemente non eliminabile, ma che si sarebbe manifestata soltanto a energie straordinariamente alte.

Ma la questione più seria riguardava la possibilità di formulare una teoria di campo per le interazioni forti, e in particolare per i processi che avrebbero dovuto essere spiegati sulla base di un'Hamiltoniana contenente un termine di accoppiamento tra nucleoni e mesoni π . Era evidente dalla fenomenologia che un tale termine avrebbe richiesto una costante d'accoppiamento dell'ordine dell'unità, e di conseguenza ogni calcolo di tipo perturbativo sarebbe stato privo di significato, e la stessa procedura di rinormalizzazione avrebbe perso plausibilità e predittività.

A questo bisogna aggiungere il fatto che gli esperimenti a energie (per l'epoca) elevate stavano rivelando l'esistenza di un sempre maggior numero di particelle delle quali non era chiara la natura (fondamentale o composta), e certamente una teoria di campo, per essere adeguatamente fondata, richiedeva che fosse individuato un certo e ben definito numero di campi (e di particelle) “fondamentali”, senza contare il fatto che non pareva possibile costruire teorie di campo coerenti per particelle dotate di elevato momento angolare intrinseco (*spin*).

Per capire le dinamiche che si misero in moto in quel periodo occorre tener conto anche di alcune premesse “filosofiche” (McCoy 1996) che erano maturate nei decenni precedenti e che avevano già avuto un ruolo importante nella definizione dei protocolli interpretativi della meccanica quantistica e della stessa teoria della rinormalizzazione.

Ci riferiamo in particolare al punto di vista che aveva trovato la sua formulazione più popolare nell'operazionismo di Bridgman⁷ che già con l'opera *La logica della fisica moderna* (Bridgman 1927) aveva criticato l'idea che in fisica si potesse “ragionevolmente” parlare di quantità e di oggetti che non fossero suscettibili di essere osservati e misurati; di conseguenza, portando questo principio alle sue naturali conseguenze, non avrebbe avuto senso studiare le quantità che in teoria quantistica dei campi sono definite *off mass shell*, ma le uniche quantità dotate di senso fisico potevano essere soltanto quelle definite *on shell*.

Ma l'unica quantità che, anche restando nel quadro della teoria dei campi, può essere effettivamente definita *on shell* è la matrice S , ovvero la matrice unitaria che connettendo l'insieme dei possibili stati iniziali di un sistema fisico all'insieme dei possibili stati finali permette di calcolare la probabilità di transizione da un qualunque stato iniziale a tutti gli stati finali compatibili con le simmetrie e le leggi di conservazione.

La matrice S era stata introdotta da Wheeler⁸ (1937) al fine di descrivere le interazioni dei nuclei leggeri, e già Heisenberg⁹ (1943) aveva avanzato per la prima

⁶ Lev D. Landau (1908-1968), fisico teorico sovietico, premio Nobel 1962.

⁷ Percy W. Bridgman (1882-1961), fisico ed epistemologo statunitense.

⁸ John A. Wheeler (1911-2008), fisico teorico statunitense.

⁹ Werner K. Heisenberg (1901-1976), fisico teorico tedesco, uno dei fondatori della meccanica quantistica, premio Nobel 1932.

volta l'idea che una teoria dei processi elementari potesse essere formulata facendo esclusivo riferimento alla matrice S e alle sue proprietà.

Ma anche se il programma di Heisenberg aveva prodotto alcuni significativi risultati, tra cui l'idea che la matrice stessa dovesse essere una funzione analitica delle variabili dinamiche e la relazione tra gli stati legati e gli zeri della matrice sull'asse (negativo) immaginario k del piano complesso degli impulsi, il programma stesso fu abbandonato dallo stesso proponente verso la fine degli anni Quaranta proprio di fronte all'evidenza del maggior potere predittivo della QED.

2. Ricerca di un paradigma alternativo: la matrice S

Ma alla fine degli anni Cinquanta un nuovo programma di ricerca incentrato sulla possibilità di formulare una teoria delle interazioni fondamentali basata esclusivamente sulla matrice S e senza più alcun riferimento a una sottostante teoria di campo venne riproposto con forza e per alcuni anni sembrò in grado di presentarsi come l'unico paradigma di riferimento per la fisica teorica delle interazioni fondamentali (Scarpa 2008).

Per capire ciò che accadde in quegli anni occorre indagare non soltanto le premesse fisiche cui abbiamo in parte già accennato e i principi guida che esamineremo con qualche dettaglio nel seguito, ma anche il contesto culturale e le premesse "ideologiche" che ispiravano gli studiosi che si fecero promotori di questa svolta concettuale.

Non v'è alcun dubbio sul fatto che, nel bene e nel male, il principale animatore del programma di *bootstrap* basato sulla matrice S sia stato Chew¹⁰ che, dopo esser stato studente di Enrico Fermi a Chicago dal 1946 e dopo aver conseguito il Ph.D. nel 1948, fu assunto come *assistant professor* a Berkeley nel 1949.

Ma erano gli anni del maccartismo, e gli ideali *liberal* di Chew giunsero presto a scontrarsi con il clima imperante a quel tempo nelle principali università statunitensi, e in particolare a Berkeley, dove proprio nel 1949 fu richiesto a tutti i docenti un giuramento di lealtà anticomunista. Chew, pur non avendo simpatie per il comunismo, trovò la richiesta moralmente inaccettabile e nel luglio 1950 accettò una proposta di impiego fattagli dall'Università dell'Illinois (Urbana) e si dimise da Berkeley.

Merita ricordare che, per lo stesso motivo, il mese dopo Wick¹¹, che aveva appena formulato il suo importante teorema sull'ordinamento normale degli operatori, si dimise da Berkeley e presto si trasferì al Carnegie Institute di Pittsburgh.

Come ha ben sottolineato Kaiser nel saggio *Nuclear Democracy* (Kaiser 2002), queste vicende non hanno soltanto un sapore anedddotico, ma evidenziano quanto fortemente ideologico fosse l'atteggiamento di Chew nei confronti dei problemi, e quanto questo atteggiamento possa aver condizionato, anche nella scelta del linguaggio, la formulazione di alcuni concetti che saranno alla base del suo programma di *bootstrap*.

¹⁰ Geoffrey F. Chew (n. 1924), fisico teorico statunitense.

¹¹ Gian Carlo Wick (1909-1992), fisico teorico italiano, attivo negli U.S.A. dal 1946 al 1974.

Se è vero, come è vero, che per molti storici della scienza la locuzione “democrazia nucleare” è soltanto una felice metafora (peraltro pare dovuta a Gell-Mann¹²), a noi tuttavia riesce difficile immaginare che una tale idea (con tutte le conseguenze concettuali che si portò dietro) avrebbe potuto essere formulata da uno studioso meno incline a una visione profondamente “paritaria” delle relazioni sociali.

Ma veniamo ai principi ispiratori e ai presupposti del programma di Chew, e all’accumulo di sviluppi teorici e di evidenze sperimentali che congiurarono alla compiuta formulazione del programma stesso.

Occorre in primo luogo prendere in esame lo sviluppo degli studi sulle relazioni di dispersione. Il programma di Goldberger¹³ e Gell-Mann (1953) faceva ancora riferimento alla teoria dei campi, ma già metteva in evidenza, come proprietà fondamentali della matrice S , l’analiticità e il *crossing* (ossia la possibilità di descrivere come processo essenzialmente unico quello in cui le particelle negli stati finali erano sostituite dalle corrispondenti antiparticelle negli stati iniziali).

Questi studi culminarono nelle doppie relazioni di dispersione di Mandelstam¹⁴ (1958), sulla cui base era possibile, almeno in taluni casi, stabilire un legame analitico tra processi apparentemente diversi in quanto relativi a differenti canali di reazione.

Anche il modello statico di Chew e Low¹⁵ (1956) per la diffusione pione-nucleone soddisfaceva unitarietà e *crossing* senza il riferimento a una teoria di campo.

Un altro sviluppo fondamentale fu certo l’idea di Regge¹⁶ (1959) di estendere le proprietà di analiticità della matrice S al piano complesso del momento angolare. Fu così possibile definire le traiettorie (e i poli) di Regge, che per valori reali positivi interi o seminteri del momento angolare corrispondono a particelle fisiche, mentre i valori negativi della traiettoria possono essere messi in relazione con il comportamento asintotico dell’ampiezza di diffusione elastica.

3. I principi del *bootstrap* e i principali sviluppi

Tra il 1959 e il 1960 Chew e Mandelstam (1961) giunsero quindi a formulare il concetto di *bootstrap*, ovvero l’idea che fosse possibile costruire la matrice S solo sulla base di alcuni principi, che sostituissero i principi di località e causalità microscopica utilizzati per la definizione delle teorie di campo quantistiche.

Il nuovo punto di vista fu annunciato “ufficialmente” da Chew in un intervento alla conferenza di La Jolla nel giugno del 1961 (Cushing 1990).

I principi base del programma di Chew sono i seguenti:

1. Relatività: la matrice S è una rappresentazione del gruppo di Poincaré.

¹² Murray Gell-Mann (n. 1929), fisico teorico statunitense, premio Nobel 1969.

¹³ Marvin L. Goldberger (1922-2014), fisico teorico statunitense.

¹⁴ Stanley Mandelstam (1928-2016), fisico teorico sudafricano naturalizzato statunitense.

¹⁵ Francis E. Low (1921-2007), fisico teorico statunitense.

¹⁶ Tullio Regge (1931-2014), fisico e matematico italiano, attivo a Torino.

2. Unitarietà: la matrice deve essere unitaria per garantire che la somma delle probabilità di transizione agli stati finali sia 1.
3. Simmetria interna: la matrice deve possedere le stesse simmetrie del sistema fisico.
4. Analiticità: un insieme di relazioni integrali e condizioni sulle singolarità, tra cui:
 - A. *Crossing*: le ampiezze per la diffusione di antiparticelle sono la continuazione analitica di quelle per le particelle.
 - B. Relazioni di dispersione e causalità: le singolarità della matrice S devono essere solo quelle compatibili con il fatto che il futuro non può influenzare il passato.
 - C. Principio di Landau: ogni singolarità della matrice S corrisponde alla soglia di produzione di particelle fisiche.

A questi principi si aggiunge la nozione che tutte le particelle soggette a interazioni forti giacciono su traiettorie di Regge. Questa conclusione può essere considerata come l'evidenza del fatto che tutti gli adroni sono particelle composte, ma il punto di vista del *bootstrap* era radicalmente diverso, in quanto la stessa distinzione tra particelle elementari e particelle composte era negata in nome della democrazia nucleare, ovvero l'idea che ogni particella, a seconda del processo preso in esame, potesse svolgere indifferentemente il ruolo di stato iniziale o finale oppure quello di particella di scambio.

Un esempio prototipico di questa concezione può essere individuato nelle interazioni $\pi\text{-}\pi$ e $\pi\text{-}\rho$, in cui nel primo caso è scambiata la ρ , mentre nel secondo caso è scambiato il π . Furono Zachariasen e Zemach (1962) a proporre quest'interpretazione predicendo, sulla base dei principi del *bootstrap*, la massa della particella ρ e ottenendo un valore coerente con i quasi contemporanei risultati sperimentali.

Più in generale il programma di Chew avrebbe dovuto articolarsi secondo il seguente schema: lo studio di determinate ampiezze di diffusione e delle loro singolarità, grazie alle relazioni di dispersione, avrebbe permesso di descrivere nuove ampiezze di diffusione, dalle quali, imponendo unitarietà e *crossing*, si sarebbero potuti descrivere nuovi processi coinvolgendo nuove particelle, a loro volta interpretabili come singolarità delle ampiezze, implementando una struttura ciclica da cui per autoconsistenza (questo il senso attribuito al vocabolo *bootstrap*) sarebbe stato possibile ricavare le proprietà di ogni adrone e delle sue interazioni.

Numerosi e importanti furono gli sviluppi teorici emersi nel corso degli anni Sessanta nel quadro di questo programma. Senza entrare nei dettagli tecnici è in ogni caso importante ricordare qui la nascita dell'algebra delle correnti (Pietschmann 2011), proposta da Gell-Mann (1962), che condusse alla formulazione, nel 1965, della cosiddetta “regola di somma di Adler¹⁷-Weisberger” (Adler 1965, Weisberger 1965), che sulla base dell'ipotesi PCAC consentiva di calcolare la rinormalizzazione della costante d'accoppiamento della corrente assiale.

¹⁷ Stephen L. Adler (n. 1939), fisico teorico statunitense.

Ulteriori significativi sviluppi furono la superconvergenza di De Alfaro, Furlan, Fubini e Rossetti¹⁸ (1966), la regola di somma di Drell¹⁹ e Hearn (1966) e le regole di somma a energia finita di Dolen, Horn e Schmid (1967).

Malgrado questi sviluppi, verso la fine degli anni Sessanta la popolarità del *bootstrap* cominciava a declinare, sia per le difficoltà matematiche, sia per la mancata evidenza del fatto che l'insieme delle equazioni che avrebbero dovuto definire la teoria ammettesse effettivamente un'unica soluzione.

4. Il modello di Veneziano e le prime teorie di stringa

Merita tuttavia osservare che, nonostante queste difficoltà, nonostante alcuni segnali (su cui torneremo) di ripresa di idee proprie della teoria dei campi, e nonostante i limiti epistemologici del programma, riconosciuti dallo stesso Chew (1968), la forza propulsiva del nuovo paradigma era tale da stimolare gran parte degli studiosi a ulteriori indagini nella direzione di un modello delle interazioni forti che prescindesse da una formulazione basata sulla teoria dei campi e incorporasse le nuove acquisizioni.

In effetti un nuovo salto di qualità parve possibile con l'introduzione del concetto di dualità da parte di Veneziano²⁰ (1968). Il modello di Veneziano (*dual resonance model*, in sigla DRM) si fondava su due principali proprietà:

1. Approssimazione di risonanze strette, per cui nella regione fisica di ciascun canale l'ampiezza di diffusione ha soltanto poli.
2. Dualità, per cui le risonanze in un dato canale determinano il corretto andamento asintotico nello stesso canale e le risonanze nel canale *crossed*.

Sotto queste ipotesi Veneziano riusciva a costruire esplicitamente un'ampiezza di diffusione per i processi a due corpi che dipendeva soltanto dalla conoscenza della rilevante traiettoria di Regge.

Il principale limite di questo risultato pareva essere la mancanza dell'unitarietà, per cui la formula di Veneziano doveva essere intesa come una approssimazione a livello albero (*tree*) che richiedeva correzioni di tipo *loop*, salvo l'imbarazzante risultato per cui i *loop* non planari potevano produrre risultati coerenti con l'unitarietà soltanto in ventisei dimensioni spaziotemporali.

In ogni caso il modello di Veneziano generò una nuova ondata di ottimismo e numerosi nuovi studi. Il più rilevante per le sue conseguenze di lungo periodo fu però indubbiamente il risultato cui nel 1969 pervennero indipendentemente Nambu²¹ (1970),

¹⁸ Vittorio De Alfaro (n. 1933), Giuseppe Furlan (1935-2016), Sergio Fubini (1928-2005), Cesare Rossetti (n. 1934), fisici teorici italiani, attivi all'Istituto di Fisica Teorica di Torino.

¹⁹ Sidney D. Drell (1926-2016), fisico teorico statunitense.

²⁰ Gabriele Veneziano (n. 1942), fisico teorico italiano, attivo al CERN dal 1978.

²¹ Yoichiro Nambu (1921-2015), fisico giapponese naturalizzato statunitense, premio Nobel 2008.

Susskind²² (1969) e Nielsen²³ le ampiezze del DRM potevano essere interpretate come proprietà legate alla propagazione di corde (*strings*) relativistiche.

Furono quindi formulate teorie di stringa per la descrizione dei processi adronici: si trattava ancora una volta di teorie *on shell*, e quindi definite fuori dal contesto tradizionale della teoria quantistica dei campi.

Ma una teoria di stringa delle interazioni forti comportava parecchie difficoltà, oltre a quella già segnalata di ammettere una formulazione coerente soltanto in ventisei dimensioni: in particolare prevedeva l'esistenza di particelle di *spin* 2 a massa nulla che mal si inquadrava nel contesto della fisica adronica (Cappelli *et al.* 2012).

Questo tipo di studi si svolse nell'arco di tempo dal 1969 al 1974. Nel frattempo i risultati sperimentali relativi alla diffusione fortemente inelastica apparivano difficilmente conciliabili con le previsioni dei modelli duali mentre suggerivano con forza l'esistenza di una struttura interna agli adroni, come già previsto dal modello a quark.

Di conseguenza al termine di questo periodo appariva ormai chiaro alla maggioranza degli studiosi che una teoria dei processi adronici basata sul modello di stringa bosonica (che rappresentava la naturale evoluzione del modello di Veneziano) non poteva rappresentare una valida alternativa a quanto veniva nel frattempo emergendo dalla massiccia ripresa dell'utilizzo della teoria dei campi per la descrizione delle interazioni fondamentali. Ma che cosa era accaduto dal punto di vista teorico per giustificare questa ripresa?

5. Progressi “sotto traccia”

Malgrado la scarsa popolarità del relativo paradigma, un certo numero di studiosi aveva continuato a esplorare le possibilità offerte dalla teoria dei campi quantistica, non solo per il permanente successo della QED, ma anche per il fatto che la teoria dei campi offriva comunque un algoritmo per la costruzione di matrici *S* capaci di soddisfare tutti i principi elencati in precedenza, senza contare che i risultati ottenuti dal *bootstrap* nel quadro delle interazioni forti lasciavano comunque fuori dallo scenario la descrizione delle interazioni deboli, ben rappresentate a livello fenomenologico dalla teoria di Fermi, che tuttavia corrispondeva a una teoria di campo non rinormalizzabile.

In realtà un passo fondamentale era già stato compiuto quando Yang²⁴ e Mills²⁵ (1954) avevano introdotto il concetto di *teorie di gauge non abeliane*. Tuttavia la loro formulazione comportava l'esistenza, come mediatori delle interazioni, di particelle di *spin* 1 a massa nulla, come il fotone, ma dotate di carica elettrica, incompatibili con la fenomenologia nota e con il raggio d'azione finito delle interazioni deboli, che comportava una massa non nulla (e probabilmente grande anche rispetto alla massa dei nucleoni) per le particelle di scambio. Inoltre non c'era all'epoca alcuna evidenza del fatto che le teorie di gauge non abeliane potessero essere rinormalizzate.

²² Leonard Susskind (n. 1940), fisico teorico statunitense.

²³ Holger B. Nielsen (n. 1941), fisico teorico danese.

²⁴ Chen Ning Yang (n. 1922), fisico cinese naturalizzato statunitense, premio Nobel nel 1957 con T.D. Lee.

²⁵ Robert L. Mills (1927-1999), fisico teorico statunitense.

Dopo dieci anni di relativo silenzio, e nel pieno della crisi della teoria dei campi, Higgs²⁶ (1964a, 1964b) e, indipendentemente, Brout²⁷ e Englert²⁸ (1964) proposero che la simmetria dei campi di Yang e Mills potesse essere spontaneamente rotta senza la comparsa della particella a massa nulla normalmente richiesta dal teorema di Goldstone²⁹ (1961). Il “meccanismo di Higgs” permette di aggirare il teorema nel caso in cui si tratti della rottura spontanea di una teoria di gauge.

Già nel 1961 Salam³⁰ (1961) e Glashow³¹ (1961) avevano cominciato a ipotizzare modelli delle interazioni deboli basati su qualche adattamento della teoria di Yang e Mills volto a rendere massivi i campi vettoriali e finalmente qualche anno dopo, sull’onda del risultato di Higgs, Weinberg³² (1967) giunse a formulare un modello dettagliato per l’intero settore leptonic, mentre al momento pareva ancora difficile incorporare nel modello le interazioni deboli degli adroni, a causa della non verificata predizione dell’esistenza di correnti neutre con cambio di stranezza.

Tuttavia queste proposte sembravano destinate a restare in un limbo, oscurate soprattutto dal fatto che una teoria di campo non rinormalizzabile non avrebbe comunque permesso di formulare predizioni fenomenologiche quantitativamente attendibili.

Ma il 1964 fu un anno tipico per la successiva risurrezione della teoria dei campi anche per un altro motivo. Dopo il successo della classificazione $SU(3)$ di Gell-Mann e Ne’eman³³ (1964) per i multipletti adronici, Gell-Mann (1964) e Zweig³⁴ (1964) giunsero a ipotizzare la presenza, all’interno dei nucleoni, di costituenti più elementari, dotati di carica elettrica frazionaria, che Gell-Mann battezzò *quark*.

Il modello a quark, pur essendo stato proposto da uno dei più importanti e attivi sostenitori del *bootstrap*, era in realtà agli antipodi del paradigma di Chew, negando l’essenza stessa della cosiddetta “democrazia nucleare” in quanto riproponeva l’idea di costituenti elementari a partire dai quali l’intera fenomenologia adronica si sarebbe in qualche modo ridotta a uno studio di spettri di stati legati. Inoltre i quark non erano mai stati osservati sperimentalmente, e tutti i tentativi di osservazione si scontrarono presto con l’evidenza dell’impossibilità di mettere in evidenza cariche frazionarie libere.

Se da un lato i fautori del *bootstrap* mantenevano quindi una profonda diffidenza verso i quark, che venivano percepiti al più come un utile artificio matematico per gestire la contabilità dei numeri quantici, dall’altro però l’idea di un numero limitato di costituenti elementari (dotati di *spin* $\frac{1}{2}$) riportava in auge l’idea che le loro interazioni potessero essere rappresentate da una teoria di campo.

²⁶ Peter W. Higgs (n. 1929), fisico teorico britannico, premio Nobel 2013.

²⁷ Robert Brout (1928-2011), fisico teorico belga.

²⁸ François Englert (n. 1932), fisico teorico francese, premio Nobel 2013.

²⁹ Jeffrey Goldstone (n. 1933), fisico teorico britannico naturalizzato statunitense.

³⁰ Abdus Salam (1926-1996), fisico teorico pakistano, premio Nobel 1979.

³¹ Sheldon L. Glashow (n. 1932), fisico teorico statunitense, premio Nobel 1979.

³² Steven Weinberg (n. 1933), fisico teorico statunitense, premio Nobel 1979.

³³ Yuval Ne’eman (1925-2006), fisico e politico israeliano.

³⁴ George Zweig (n. 1937), fisico teorico russo naturalizzato statunitense.

6. Risurrezione della teoria quantistica dei campi

Come spesso succede, la svolta giunse quasi inaspettata, quando nel 1972, grazie alla regolarizzazione dimensionale, 't Hooft³⁵ e Veltman³⁶ riuscirono a dimostrare che le teorie di Yang e Mills, anche nella versione che includeva il meccanismo di Higgs, erano effettivamente rinormalizzabili, e quindi potevano essere utilizzate per la costruzione di modelli predittivi delle interazioni fondamentali.

Questo risultato dava credibilità al modello di Weinberg, e anche ad altri modelli concorrenti per le interazioni deboli, fra i quali la scelta era a questo punto affidata al confronto con i risultati sperimentali, che in seguito risolsero la diatriba in favore del modello di Weinberg, ora parte integrante del cosiddetto Modello Standard, dopo che il problema delle correnti neutre con cambio di stranezza e quello della cancellazione delle anomalie furono risolti grazie al meccanismo GIM (Glashow *et al.* 1970) e alla conseguente introduzione del quarto quark (*charm*), verificata sperimentalmente solo nel 1975 con l'osservazione della particella J/ψ .

Tuttavia la competizione tra i paradigmi restava ancora aperta, almeno sul fronte delle interazioni forti, in quanto il modello a quark poteva essere incorporato in una teoria di campo predittiva soltanto a patto che fosse superato l'ostacolo costituito da una costante d'accoppiamento sufficientemente debole da consentire uno sviluppo perturbativo, che restava l'unico schema entro il quale una teoria di campo, anche rinormalizzabile, pareva capace di generare numeri confrontabili con i dati sperimentali. Inoltre i risultati dello studio della diffusione profondamente inelastica, se da un lato confermavano, come si è già accennato, l'idea che all'interno dei nucleoni fossero presenti costituenti più elementari, dall'altro sembravano richiedere che, almeno a piccolissime distanze (e altissime energie) questi costituenti, pur confinati all'interno del nucleone, si comportassero in quello spazio microscopico come particelle praticamente libere.

Fino a quel momento tutti i risultati relativi alla rinormalizzazione della carica, sia nelle teorie scalari che in QED, sembravano viceversa indicare che la forza dell'interazione dovesse crescere, e non diminuire, al decrescere della distanza, fino all'apparentemente insolubile paradosso del polo di Landau.

L'ennesima rivoluzione avvenne nel 1973 quando Politzer³⁷ (1973) e, indipendentemente, Gross³⁸ e Wilczek³⁹ (1973) pubblicarono il risultato, peraltro anticipato da Khriplovich nel 1969 e da 't Hooft (2007) nel 1972, che la funzione $\beta(g)$ è negativa per la costante d'accoppiamento dei campi di Yang e Mills quando sono accoppiati a un numero sufficientemente piccolo di campi di materia.

L'immediata conseguenza di questo risultato è la "libertà asintotica" (*asymptotic freedom*), ovvero la progressiva riduzione dell'intensità dell'interazione al decrescere della distanza tra i quark; questo risultato spianava la strada a una formulazione da

³⁵ Gerardus 't Hooft (n. 1946), fisico teorico olandese, premio Nobel 1999.

³⁶ Martinus Veltman (n. 1931), fisico teorico olandese, premio Nobel 1999.

³⁷ Hugh David Politzer (n. 1949), fisico teorico statunitense, premio Nobel 2004.

³⁸ David J. Gross (n. 1941), fisico teorico statunitense, premio Nobel 2004.

³⁹ Frank A. Wilczek (n. 1951), fisico teorico statunitense, premio Nobel 2004.

teoria dei campi del modello e quindi all'introduzione di una teoria di campo delle interazioni forti.

Questa teoria era in realtà già stata (coraggiosamente) formulata nel 1971 da Fritsch⁴⁰, Gell-Mann e Leutwyler⁴¹ (1973), e prevedeva l'introduzione di un nuovo grado di libertà interno (*colore*) per i quark. Era nata così la *Cromodinamica Quantistica* (QCD), destinata ben presto ad affermarsi come "la" teoria delle interazioni forti, completando così lo scenario del Modello Standard.

Ancorché mai precisamente dimostrato, anche il confinamento dei quark pareva configurarsi come una proprietà naturalmente incorporabile nella QCD, soprattutto alla luce del fatto che molti risultati apparivano compatibili con la "schiavitù infrarossa" (*infrared slavery*), ovvero con una crescita lineare del potenziale d'interazione tra i quark al crescere della distanza, a sua volta coerente con uno spettro di tipo stringa per gli stati legati, e quindi con l'esistenza di traiettorie di Regge per gli adroni.

Sorvolando sugli sviluppi successivi, si può tranquillamente dire che verso la metà degli anni Settanta la battaglia tra i paradigmi era stata trionfalmente vinta dalla teoria dei campi (Weinberg 1977, Weinberg 1997, 't Hooft 2007), mentre i risultati del *bootstrap* restavano soltanto come buone descrizioni fenomenologiche di un settore del Modello Standard difficile da studiare quantitativamente.

7. Nemesi e conclusioni

Lo straordinario successo del Modello Standard, culminato in anni recenti nella verifica sperimentale dell'esistenza del bosone di Higgs, non ha comunque impedito che i fisici teorici avvertissero l'esigenza di un superamento del modello in favore di una teoria ancora più ampia, capace di rendere conto di alcuni aspetti della fisica fondamentale dei quali non è stata ancora data una spiegazione adeguata.

Dal punto di vista sperimentale rimane aperto il problema di identificare l'origine della massa e dell'energia oscura, la cui esistenza appare indispensabile per la costruzione di modelli cosmologici coerenti con i dati.

Dal punto di vista teorico invece, oltre al comprensibile desiderio di individuare uno schema di unificazione che non si riduca alla giustapposizione di tre diversi gruppi di simmetria ($SU(3) \times SU(2) \times U(1)$) e permetta una significativa riduzione del numero dei parametri della teoria, il problema certamente più importante resta quello di far rientrare nel quadro concettuale della meccanica quantistica la teoria della gravitazione, che a livello classico è adeguatamente descritta dalla Relatività Generale ma non ha una naturale estensione in una teoria quantistica di campo che risulti rinormalizzabile.

Partendo da queste premesse, dopo un decennio di relativa quiescenza, le teorie di stringa che si erano rivelate inadeguate per la descrizione delle interazioni forti si sono riproposte, grazie all'introduzione della supersimmetria, come possibile superamento degli schemi relativamente rigidi della teoria di campo locale (Cappelli *et al.* 2012).

⁴⁰ Harald Fritsch (n. 1943), fisico teorico tedesco.

⁴¹ Heinrich Leutwyler (n. 1938), fisico teorico svizzero.

A partire dalla metà degli anni Ottanta le teorie di superstringa sono diventate uno dei soggetti di maggior interesse e di maggior focalizzazione per i fisici teorici, ancora una volta nella speranza che un criterio di coerenza interna potesse permettere l'identificazione univoca della teoria corretta.

Si tratta in un certo senso di una sorta di rivincita del *bootstrap*, non solo perché, come abbiamo visto, l'origine storica delle teorie di stringa sono proprio i modelli di risonanza duale, ma anche perché la filosofia sottostante è per molti aspetti analoga.

Non si può comunque ignorare il fatto che la proliferazione delle possibili soluzioni e la mancanza di predizioni sperimentali verificabili lasciano molti dubbi sulla possibilità che il solo criterio della coerenza interna possa risultare sufficiente al fine di identificare quella che nelle intenzioni dovrebbe essere la risposta ultima a tutte le domande aperte della fisica fondamentale.

Bibliografia

- Adler S.L. (1965). "Calculation of the Axial-Vector Coupling Constant Renormalization in β decay". *Physical Review Letters*, 14, pp. 1051-1055.
- Bridgman P.W. (1927). *The logic of modern physics*. New York: Beaufort Books.
- Bridgman P.W. (1952). *La logica della fisica moderna*. Torino: Einaudi.
- Brout R., Englert F. (1964). "Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons". *Physical Review Letters*, 13, pp. 321-323.
- Cappelli A., Castellani E., Colomo F., Di Vecchia P. (eds.) (2012). *The Birth of String Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chew G.F. (1968). "Bootstrap: A Scientific Idea?". *Science*, 161, pp. 762-765.
- Chew G.F., Low F.E. (1956). "Effective-range approach to the low energy p-wave pion-nucleon interaction". *Physical Review*, 101, pp. 1570-1579.
- Chew G.F., Mandelstam S. (1961). "Theory of low energy pion-pion interactions II". *Il Nuovo Cimento*, 19, pp. 752-776.
- Cushing J. (1990). *Theory Construction and Selection in Modern Physics: The S Matrix*. Cambridge: Cambridge University Press.
- De Alfaro V., Furlan G., Fubini S., Rossetti C. (1966). "Sum rules for strong interactions". *Physics Letters*, 21, pp. 576-579.
- Dolen R., Horn O., Schmid C. (1967). "Finite energy sum rules and their applications to πN charge exchange". *Physical Review*, 166, pp. 1768-1781.
- Drell S.D., Hearn A.C. (1966). "Exact Sum Rule for Nucleon Magnetic Moments". *Physical Review Letters*, 16, pp. 908-910.
- Fritsch H., Gell-Mann M., Leutwyler H. (1973). "Advantages of the Color Octet Gluon Picture". *Physics Letters*, B47, pp. 365-368.
- Gell-Mann M. (1962). "Symmetries of Baryons and Mesons". *Physical Review*, 125, pp. 1067-1084.
- Gell-Mann M., Neeman Y. (eds.) (1964). *The Eightfold Way*. New York: Benjamin.
- Glashow S.L. (1961). "Partial symmetries of weak interactions". *Nuclear Physics*, 22, pp. 579-588.

- Glashow S.L., Iliopoulos J., Maiani L. (1970). "Weak Interactions with Lepton-Hadron Symmetry". *Physical Review*, D2, pp. 1285-1292.
- Goldberger M.L., Gell-Mann M. (1953). "The formal theory of scattering". *Physical Review*, 91, pp. 398-408.
- Goldstone J. (1961). "Field Theories with Superconductor Solutions". *Il Nuovo Cimento*, 19, pp. 154-164.
- Gross D.J., Wilczek F.A. (1973). "Ultraviolet behavior of non-abelian gauge theories". *Physical Review Letters*, 30, pp. 1343-1346.
- Heisenberg W. (1943). "Die beobachtbaren Grössen in der Theorie der Elementarteilchen I-II". *Zeitschrift für Physik*, 120, pp. 513-538, 673-702.
- Higgs P.W. (1964a). "Broken symmetries, massless particles and gauge fields". *Physics Letters*, 12, pp. 132-133.
- Higgs P.W. (1964b). "Broken symmetries and the masses of gauge bosons". *Physical Review Letters*, 13, p. 508.
- Kaiser D. (2002). "Nuclear Democracy. Political Engagement, Pedagogical Reform, and Particle Physics in Postwar America". *Isis*, 93, pp. 229-268.
- Mandelstam S. (1958). "Determination of the Pion-Nucleon Scattering Amplitude from Dispersion Relations and Unitarity. General Theory". *Physical Review*, 112, pp. 1344-1360.
- McCoy B.M. (1996). *Modern Metaphysics* [online]. URL: <<https://arxiv.org/pdf/hep-th/9609160v1.pdf>> [data di accesso: 12/01/17].
- Nambu Y. (1970). *Quark Model and the Factorization of the Veneziano Model* in Chand R. (ed.), *Proceedings of the International Conference on Symmetries and Quark Models* (Detroit, Michigan, June 18-20, 1969). New York: Gordon and Breach, pp. 269-277.
- Pietschmann H. (2011). *On the Early History of Current Algebra* [online]. URL: <<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1101/1101.2748.pdf>> [data di accesso: 12/01/17].
- Politzer H.D. (1973). "Reliable Perturbative Results for Strong Interactions". *Physical Review Letters*, 30, pp. 1346-1349.
- Regge T. (1959). "Introduction to complex orbital momenta". *Il Nuovo Cimento*, 14, pp. 951-976.
- Salam A., Ward J.C. (1961). "On a Gauge Theory of Elementary Interactions". *Il Nuovo Cimento*, 19, pp. 165-170.
- Scarpa F.M. (2008). *Una rivoluzione mancata. Storia dei programmi della matrice S*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Susskind L. (1969). "Harmonic Oscillator Analogy for the Veneziano Amplitude". *Physical Review Letters*, 23, pp. 545-547.
- 't Hooft G. (2007). *The Evolution of Quantum Field Theory. From QED to Grand Unification* [online]. URL: <<https://arxiv.org/pdf/1503.05007v1.pdf>> [data di accesso: 12/01/17]
- 't Hooft G., Veltman M. (1972). "Regularization and renormalization of gauge fields". *Nuclear Physics*, B44, pp. 189-213.
- Veneziano G. (1968). "Construction of a crossing-symmetric, Regge-behaved amplitude for linearly rising trajectories". *Il Nuovo Cimento*, A57, pp. 190-197.

- Weinberg S. (1967). “A Model of Leptons”. *Physical Review Letters*, 19, pp. 1264-1266.
- Weinberg S. (1977). “The Search for Unity: Notes for a History of Quantum Field Theory”, *Daedalus*, 106 (4), Volume II, pp. 17-35.
- Weinberg S. (1997). *What is Quantum Field theory, and What Did We Think It Is?* [online]. URL: <<https://arxiv.org/pdf/hep-th/9702027v1.pdf>> [data di accesso: 12/01/17].
- Weisberger W.I. (1965). “Renormalization of the Weak Axial-Vector Coupling Constant”. *Physical Review Letters*, 14, pp. 1047-1051.
- Wheeler J.A. (1937). “On the Mathematical Description of Light Nuclei by the Method of Resonating Group Structure”. *Physical Review*, 52, pp. 1107-1122.
- Yang C.N., Mills R.L. (1954). “Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance”. *Physical Review*, 96, pp. 191-196.
- Zachariasen F., Zemack C. (1962). “Pion resonances”. *Physical Review*, 128, pp. 849-858.
- Gell-Mann M. (1964). “The Symmetry Group of Vector and Axial Vector Currents”, *Physics*, 1, pp. 63-75.
- Zweig G. (1964). *An SU(3) model for strong interaction symmetry and its breaking*, in *Developments in the Quark Theory of Hadrons*, vol. 1, pp. 22-101.

Write not to be understood (and not to be found)

Giancarlo Albertini - giancarlo.albertini@gmail.com

Anna Sicolo - Direzione Sanitaria Asl Na1 - anna.sicolo.pas@gmail.com

Abstract: On June 1940, Mussolini declared war on France and Britain. Although between Italy and Egypt there wasn't a declaration of war, the Egyptian government was forced by Britain to intern the Italians, aged between 15 and 65 and living there.

The young Roberto D'Andrea was deported to the hardest concentration camp in the desert, "El Fayed". Following a sunstroke, he was admitted to the asylum of Cairo; discharged from the hospital, he was transported to Naples in the refugee camp of Carminiello and then hospitalized to Psychiatric Hospital "Leonardo Bianchi" with the diagnosis of dissociative syndrome with inventive delirium. He will come out as a suicide in 1962.

He always carried with him a ponderous manuscript of his studies on nuclear energy and other fanciful discoveries in physical matter, about which he told in his letters by using an encryption code, fearing that his findings could fall into the hands of some patent thieves.

Starting from this paradoxical example, we want to think about some linguistic tools, useful to evaluate the readability of scientific text in order to avoid as much as possible that scientific texts become incomprehensible, so that they lead to misunderstandings even in academic world, without having been explicitly written with cryptic purposes.

This speech is not to limit the researchers, but to reflect upon the availability and the relative easiness of use of valuational language tools, useful in the process of communication and diffusion, looking in the meantime over some concrete examples coming from texts of physical and astronomical topics.

Keywords: paranoia, grandiose delusions, peer review, SEO copywriting, readability.

Prendendo le mosse da un caso paradossale, vogliamo riflettere su strumenti linguistici utili per valutare la leggibilità del testo scientifico: è opportuno evitare che i testi scientifici, come d'altronde tutti i testi, riescano di difficile comprensione, tanto da generare equivoci di interpretazione. Non si tratta di limitare la libertà del ricercatore, imponendo stili espressivi, bensì riflettere sulla disponibilità e relativa facilità d'uso di strumenti linguistici valutativi, utili nella fase di scrittura, comunicazione e divulgazione. E vogliamo anche prendere in considerazione il rango che assume una pubblicazione scientifica nel web, la sua visibilità in relazione al suo grado di

leggibilità. Proseguiamo, in un certo senso e con altri intenti, il discorso incominciato con il caso di Luigi Martinotti (Albertini, Sicolo 2016), preso in esame durante una sessione del Convegno SISFA del 2015.

Il 10 giugno 1940, Mussolini dichiarò guerra alla Francia e alla Gran Bretagna. Anche se tra Italia ed Egitto non c'era stata alcuna dichiarazione di belligeranza, il governo egiziano fu costretto dalla Gran Bretagna a internare gli italiani colà residenti, in età compresa tra i 15 e i 65 anni. Il giovane Roberto D'Andrea fu quindi deportato nel campo di concentramento di El Fayed nel deserto, il più duro. In seguito a un colpo di sole, fu ricoverato nell'ospedale psichiatrico del Cairo; poi dimesso, fu trasportato a Napoli nel campo profughi del Carminiello e quindi ricoverato all'Ospedale Psichiatrico "Leonardo Bianchi", con la diagnosi di sindrome dissociativa con delirio inventivo. Ne uscirà suicida nel 1962. Portava sempre con sé un ponderoso manoscritto sull'energia nucleare e su altre fantasiose scoperte di carattere fisico, tutte collegate tra loro. Egli ne raccontava nelle lettere alla madre, usando un codice crittografico, nel timore che le sue scoperte potessero cadere in mano a ladri di brevetti.¹ Roberto è un autodidatta; ha studiato, a suo dire, fisica, chimica organica e inorganica, astronomia, botanica, la tecnica e la Radio, elettromeccanica e tante altre cose: «francamente ho imparato un poco di tutto. Sono pure un ottimo sportivo e conosco qualsiasi genere di sport». Egli chiede, da uomo colto e volenteroso, di essere ascoltato, se non accolto, dalla comunità scientifica. Ma l'ingresso nel club degli scienziati, come ben si sa, ha una porta molto stretta. Non ha in fondo torto: come dice Merton (1973; Viale, Cerroni 2003), sono gli scienziati stessi che fanno da portinai, sono loro che sanzionano chi può entrare e chi può star fuori. Essi esercitano una funzione di controllo comunicativo che determina la natura della scienza come istituzione sociale. Egli presenta le sue credenziali e chiede che esse vengano riconosciute. Anzi pretende e rivendica, perché ha nel suo portfolio molte invenzioni straordinarie. Afferma di aver trovato, dopo tre anni e trenta mesi di studi e ricerche, il segreto dell'energia nucleare e, con grande orgoglio e sicurezza, consegnerà ai "signori fisici-chimici" quello che, con studio approfondito e calcoli, è riuscito al 100% a trovare.

L'unica soluzione per riavere la libertà era di dimostrare di essere scienziato inventore presentando presso gli Uffici Brevetti 27 mie invenzioni. Nell'anno 1949 ho scritto 27 invenzioni all'Ospedale Leonardo Bianchi che desideravo presentare presso gli Uffici Brevetti. Logicamente, speravo di ottenere un contratto di lavoro come inventore, da parte di questi Uffici Brevetti. In nome della Legge, chi ha brevettato le seguenti invenzioni sia arrestato, carcerato e annullata la validità delle già Brevettate invenzioni.

Prima invenzione: Siluro Radiocomandato.

Seconda invenzione: Pioggia e nevicazione scientifica, piove e nevicata su di un'intera città o località.

¹ Le informazioni su Roberto D'Andrea e la corrispondenza citata più sotto sono tratte dalla sua cartella clinica, conservata nell'archivio dell'ex Ospedale Psichiatrico "Leonardo Bianchi", temporaneamente inagibile.

Terza invenzione: Vetturina microscopica brevettata all'esposizione della Fiera di Torino.

Quarta invenzione: Apparecchio per individuare la rotta e la località della sardina, usato dagli itionisti.

Quinta invenzione: Moto perpetuo, brevettato dal tecnico Giuseppe Suba.

Sesta invenzione: Volante di Francoforte.

In una lettera inviata all'Istituto Nazionale delle Ricerche Scientifiche di Roma, egli scrive:

Sono rinchiuso in un ospedale di pazzi, a causa perché sono un inventore, ma forse che la mia intelligenza, sarà compresa da qualche Professore, il quale potrà in seguito mettere in pratica la mia teoria, sperimentando la mia semplicissima invenzione che affido a voi Professori miei unici collaboratori. Illustrissimi Professori, il mondo universale esiste da miliardi di anni, e vi posso assicurare che nessun essere vivente è mai morto, le persone che sono nate in seguito morirono, invece nessuno è morto di tutti i morti che sono morti, da poi che esiste il mondo. Le persone che furono dichiarate morte, si trasformarono semplicemente di forma, ma gli elementi, che si trovano situati nel corpo umano, continuano sempre a vivere. Esiste pure la possibilità di vivere eternamente, ma naturalmente il primo che oserebbe fare una simile dichiarazione, sarebbe preso per pazzo, oppure compreso da professori intelligenti. Il corpo umano, possiede molti elementi, elettricità interna, che sarebbero le cariche elettroniche, una temperatura variabile, fosforo, idrogeno, ferro, una percentuale di altri elementi compreso l'ossigeno.

Domando a esperti Professori chimici, l'esperimento per isolare le particelle ricordative, dal corpo umano di una persona morta o viva. Scegliere un bambino di due giorni e con una puntura, introdurre nel corpo del bambino di due giorni, gli elementi, gli elementi ricordativi di una persona deceduta. Si ottiene in questo modo la trasformazione di corpo. Saturandosi nel corpo del bambino di due giorni, gli elementi ricordativi della persona deceduta, si ottiene in questo modo il prolungamento di vita, della persona deceduta sotto altra forma e aspetto di vita. Un esempio, se mia madre morisse, potrei trasformare mia madre, isolando le particelle ricordative sue, posso inoltrare gli elementi di mia madre allo stato liquido, mediante una puntura, saturo nel corpo giovane di un bambino di due giorni, le particelle ricordative di mia madre. Ci vogliono il minimo dodici giorni di saturazione, prima che il bambino dichiararsi di non essere morto, ma semplicemente trasformato. Conosco pure il calcolo, il calcolo e il disegno, a proposito dell'invenzione che si chiama Scienza diabolica corporale.

Per una analisi della prosa di tipo patologico, rimandiamo all'articolo *Sonno ideale della ragione* e alle fonti ivi citate (Albertini, Siculo 2016). Roberto D'Andrea pensa che sia stata organizzata una congiura ebraica ai suoi danni, che mirerebbe a carpire, a tradimento, i segreti delle sue invenzioni. Per proteggersi da tanto, è solito mettere intorno al capo un turbante di tipo orientale. Al delirio inventivo si aggiunge anche un delirio persecutorio: «i ladri situati all'ospedale Leonardo Bianchi dopo che mi

rubarono le sopraindicate invenzioni le fecero consegnare e brevettare da ladri complici professori domiciliati in Italia, Francia, America del Nord, Russia». Scrivendo alla madre, Roberto inserisce brani formati da lunghe sequenze di numeri. Si tratta, con tutta evidenza, di un codice crittografico, con il quale egli vuole nascondere informazioni che ritiene sensibili. È convinto di essere sottoposto a furto di idee e sospetta che la sua corrispondenza venga intercettata e letta prima di giungere a destinazione. Ovviamente non sa che è consuetudine delle istituzioni manicomiali controllare tutta la corrispondenza, in entrata e in uscita, e recapitarla solo dopo attento esame e molto spesso congelarla nel fascicolo personale. Ma Roberto è assillato da un sentimento patologico di persecuzione continuata. Il brano crittografato è troppo breve perché si possa tentare una decifrazione, che comunque appare inutile, tanto evidente e scontato è l'argomento della comunicazione: lamentazioni e querulomania. Come tutti i casi che riguardano pazienti affetti da patologie mentali e di comportamento, soprattutto se paranoici o deliranti, la situazione è paradossale. Ma è comunque ricca di stimoli; con il loro superamento del limite, della normalità logica, ci costringono a prendere atto del nostro limite, della nostra logica, della nostra normalità.

La strada per giungere alla comunicazione di ricerche scientifiche è lunga e complessa ed attraversa una serie, d'altronde obbligata, di disagi strettoie, che vanno dalla *peer review* fino a giungere alla pubblicazione sulle riviste specializzate. Prendiamo come punto di partenza un episodio emblematico, il boicottaggio contro Elsevier (Sandal 2012), uno dei principali e più controversi editori di pubblicazioni scientifiche. Quando una ricerca giunge a conclusione, metodi e risultati vengono pubblicati, dopo un processo di revisione e commento da parte di altri ricercatori. La *peer review* è gratuita: è un servizio volontario che ciascun ricercatore fa per i propri colleghi. La pubblicazione è fondamentale: è la prova ufficiale della paternità di una ricerca, ed è il numero delle pubblicazioni e la loro qualità l'unica cosa che conta ai fini della carriera di un ricercatore. Dunque la procedura è semplice e lineare: un'istituzione pubblica paga gli scienziati per fare ricerca e produrre articoli; gli articoli vengono gratuitamente revisionati da colleghi e affidati, sempre gratis, ma talvolta anche a pagamento, per la pubblicazione ad aziende private. Dopodiché, queste si fanno pagare per leggerli. Questo sistema è nato in un'epoca in cui stampare una rivista aveva costi sostenuti. Gli *editor* delle riviste specializzate non fanno quasi nulla. Esse sono meri contenitori di articoli tecnici, scritti da accademici, che non vengono pagati dalle riviste su cui pubblicano. Gli editori forniscono dei *template* da riempire, e gli autori devono inviare alla rivista i *file* già quasi completamente formattati. Tutto ciò che fa l'editore è fornire il *server* da cui scaricare gli articoli, stampare qualche copia per le biblioteche che chiedono il cartaceo e raccogliere i soldi degli abbonamenti.

Perché non possiamo dire alla casa editrice Elsevier che non vogliamo più pubblicare con loro? Perché essa controlla un quarto delle pubblicazioni scientifiche mondiali? Ma il processo di reazione è cominciato e i ricercatori hanno iniziato a prender atto di questa parte del processo della loro attività scientifica che è estremamente condizionante. La comunità scientifica da anni sta provando a reagire. Oggi ognuno può creare un *file* e metterlo online e renderlo immediatamente disponibile a chiunque. Esiste dal 1991 il database *arXiv*, dove si possono caricare e

scaricare gratuitamente i propri articoli, prima che questi vengano sottoposti a *peer review* e quindi pubblicati ufficialmente. In questo modo la diffusione aperta è garantita e sono scongiurati rischi di furto. Il problema è che un articolo su *arXiv* non ha valore dal punto di vista della carriera, contano esclusivamente le pubblicazioni ufficiali. Varie associazioni accademiche no-profit, come *Public Library of Science* e *BioMed Central*, hanno fondato riviste ufficiali *open access*, i cui articoli sono liberamente accessibili su Internet. Gli editori a pagamento, però, fanno ancora la parte del leone e sono perfettamente consapevoli del loro ruolo fondamentale per le carriere e il lavoro dei ricercatori. Chi scrive, ha bisogno di esser letto, per confrontare con altri il proprio pensiero, le proprie idee, le proprie supposizioni e oggi anche, sempre più, ha bisogno di esser letto, e trovato, in Internet.

Ci sono molti modi per capire come è fatto un testo, che cosa c'è dentro, oltre ovviamente a leggerlo. Prendiamo come punto di partenza l'affermazione di Piemontese (1996): «Qualunque sia il tipo di testo, è possibile stabilire, in rapporto al destinatario, un punto critico di leggibilità». Un testo leggibile, scorrevole rispetto alla sua struttura linguistica, viene fruito più agevolmente di un testo contorto. Un indice di leggibilità è una formula matematica che, attraverso un calcolo statistico, è in grado di predire la reale difficoltà di un testo in base a una scala predefinita di valori.

Le variabili linguistiche più semplici sono la lunghezza media delle parole e delle frasi, che sono, in linea di massima, indipendenti dal contenuto del testo. Le parole corte sono di norma più comuni e le frasi più corte richiedono una minore capacità di astrazione da parte del lettore. Un secondo dato solo quantitativo è relativo al rapporto tra *types* e *tokens*, le parole diverse tra loro e il numero complessivo delle parole. Il rapporto tra i due numeri fornisce una misura della varietà lessicale di un testo: quanto maggiore è il numero di *types* all'interno di un *corpus*, tanto maggiore sarà lo sforzo richiesto al lettore. Questi indici di frequenza non comportano di per sé un tasso maggiore di informazioni; al contrario, un messaggio è tanto più informativo quanto meno è prevedibile. Vi sono poi variabili linguistiche legate al lessico, alla struttura del periodo, alla struttura logico-argomentativa e strumenti che esaminano congiunzioni, avverbi, locuzioni, gli elementi che hanno la funzione di assicurare la coesione del discorso: gli indicatori di forza argomentativa. Si tratta di elementi lessicali, morfosintattici o prosodici che definiscono l'opinione o il grado di sicurezza dell'enunciato, il grado di certezza o di probabilità dei dati utilizzati: oltre ai connettivi che indicano i rapporti gerarchici fra i vari argomenti, ne fanno parte i verbi performativi e i verbi modali. Questi elementi misurano, per così dire il livello di entropia concettuale (Brunato, Venturi 2014). Si può ancora aggiungere la presenza di soggetti nulli, che indica la volontà di creare un testo molto coeso, le proposizioni che esprimono un contenuto soggettivo e indicano la tendenza da parte del soggetto a esporre le proprie idee in maniera non oggettiva, l'uso di proposizioni negative, che tende a contrastare quanto affermato o fatto da altri, l'uso di proposizioni non fattive, che indica la tendenza stilistica ad esporre le proprie idee utilizzando tempi e modi verbali irreali, congiuntivo, condizionale, futuro e tempi indefiniti ed infine il numero di forme passive che oscura l'agente dell'azione descritta.

Segnaliamo alcuni strumenti utili a valutare il proprio scritto. *Readability-score*² permette di verificare la leggibilità di un testo in inglese, sulla base dei seguenti indici: *Flesch-Kincaid*, *Gunning-Fog*, *Coleman-Liau Index*, *SMOG Index*, *Automated Readability Index*. Per la lingua italiana, uno degli strumenti più importanti è il *Gulpease*,³ che utilizza la lunghezza delle parole in lettere anziché in sillabe, semplificandone il calcolo automatico. Invece *READ-IT Italian Natural Language Processing Lab*⁴ utilizza un indice di leggibilità avanzato basato su analisi linguistica multi-livello del testo e permette l'identificazione dei suoi luoghi di complessità.

A questo punto saldiamo le riflessioni sulle problematiche relative alla *peer review*, alla pubblicazione, alla leggibilità con quelle sulla visibilità su Internet. Affidiamo sempre più spesso l'attività di ricerca strumentale, a servizi automatici, a motori di ricerca e principalmente a *Google* ed è necessario tener ben presente che gli algoritmi di ricerca non sono neutrali: è ovvio, ma spesso non ci riflettiamo. Sono il frutto di una continua evoluzione procedurale e si applicano a un universo fluido, il *web*. La ricerca sui linguaggi naturali, sul loro rapporto con i linguaggi artificiali, l'evoluzione dell'accessibilità e dell'amichevolezza ci aiuta, ma insieme ci condiziona. Unica arma è la consapevolezza di questi fenomeni. Quanto conta la leggibilità di un testo per un motore di ricerca in quanto fattore di *ranking*? Esiste un rapporto tra un testo "ben scritto" e la sua posizione nella graduatoria di una ricerca web?

Il *SEO*, *Search Engine Optimization*, riguarda le procedure per l'ottimizzazione di una pagina web per i motori di ricerca e quando ciò si combina con la buona scrittura si parla di *SEO copywriting*. Esso è essenziale per generare traffico a un qualunque sito. L'algoritmo di *Google* utilizza oltre 200 parametri per determinare l'utilità di una pagina per una determinata *query*, ma la qualità dei contenuti di una pagina è il fattore principale. Fra i consigli per migliorare i contenuti di un sito e farli amare dai motori di ricerca, al primo posto si trova: scrivere bene, creare contenuti di valore, non solo per i motori di ricerca e per i lettori. Se gli utenti trovano il contenuto utile, lo linkeranno per segnalarlo; quando *Google* trova questi *link* in entrata, il *ranking* – il posizionamento di quella pagina – sale più in alto, e questo a sua volta porterà un numero maggiore di visitatori. Dunque, *Content is King* – il contenuto è il re –, ma senza la *SEO* in pochi lo vedono.

Quando il contenuto va a caccia del lettore, allora *SEO Content is King*.

È anche utile servirsi dei risultati della bibliometria, che utilizza tecniche matematiche e statistiche per analizzare i modelli di distribuzione delle pubblicazioni scientifiche e per verificarne l'impatto all'interno delle comunità scientifiche, basandosi sulla disponibilità online di banche dati di grandi dimensioni. La bibliometria si inserisce all'interno dell'ambito di studi più ampio, definito "scientometria", ossia la scienza per la misura e l'analisi della scienza. Viene così focalizzata l'attenzione su quali siano le migliori riviste per una certa disciplina, chi ha citato un certo articolo e

² Cfr. URL: <<http://readability-score.com/>> [data di accesso: 12/09/2017].

³ Cfr. [Corrige!It], URL: <www.corrige.it/> [data di accesso: 12/09/2017], [Èulogos], URL: <www.eulogos.net/> [data di accesso: 12/09/2017], [Textalyser], URL: <<http://textalyser.net/>> [data di accesso: 12/09/2017].

⁴ Cfr. [ItaliaNLP Lab], URL: <www.italianlp.it/> [data di accesso: 12/09/2017].

quali citazioni ha avuto, come stabilire l'importanza di un articolo, quali riviste rispondano meglio a un preciso criterio di pubblicazione, quale impatto abbia avuto una ricerca pubblicata.

Porta allegria nel discorso il criterio di valutazione chiamato indice *Kardashian*: esso misura la discrepanza tra la fama di uno scienziato, calcolata prendendo in considerazione la quantità di *follower* che ha su *Twitter*, e il numero delle citazioni che le sue pubblicazioni hanno all'interno della letteratura scientifica. Deve il suo nome a Kim Kardashian, personaggio televisivo statunitense e, secondo l'autore dell'"indice K", è "famosa per essere famosa". Un alto indice K indica che la fama dello scienziato è sovrastimata mentre, al contrario, un basso indice K indica che l'opinione pubblica sottostima l'importanza scientifica del ricercatore in oggetto.

E ancora, con un pizzico di ironia, prendiamo in esame i sorprendenti risultati della valutazione di un brano di Galilei, tratto dai *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*, paragonato con un brano tratto dalla presentazione del presente convegno SISFA: secondo l'indice *Gulpease*, Galileo ottiene 45 e SISFA 46. Non ci sono sistemi automatici che garantiscono il successo, non ci sono scorciatoie.

Bibliografia

- Albertini G., Sicolo A. (2016). *Sonno ideale della ragione. Un breve scritto di ottica di un filosofo dilettante nell'Italia umbertina*, in Esposito S. (a cura di), *Atti del XXXV Convegno annuale della SISFA (Arezzo 16-19 settembre 2015)*. Pavia: Pavia University Press.
- Brunato D., Venturi G. (2014). "Le tecnologie linguistico computazionali nella misura della leggibilità di testi giuridici". *Informatica e diritto*, XXIII (1), pp. 111-142.
- De Bueriis G. (2002). *Le parole come ordine del mondo. Principi e metodi di lessicografia computazionale*. Napoli: Editoriale Scientifica.
- Merton R.K. (1973). *The Sociology of Science. Theoretical and empirical investigations*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Piemontese M.E. (1996). *Capire e farsi capire. Teorie e tecniche della scrittura controllata*. Napoli: Tecnodid.
- Sandal M. (2012). Gli scienziati si ribellano alle riviste scientifiche [online]. URL: <www.ilpost.it/2012/02/02/elsevier-riviste-scientifiche/> [data di accesso: 30/04/2017].
- Viale R., Cerroni A. (a cura di) (2003). *Valutare la scienza*. Catanzaro: Rubettino.

Symmetry or differential equations: adding a case study on conformal field theory

Nicola Amoruso - nicola.amoruso@gmail.com

Abstract: Symmetry and dynamics have been depicted as dichotomous methodologies in the work of physicists of finding theories to describe Nature. Many case studies, from Kepler laws to super-symmetry, have been analysed by Barut to characterize the two possibilities. A detailed nomenclature is proposed for the two methodologies by Drago, namely OP/IP and OA/IA. OP/IP stays for problematic organization and potential infinity, and refers to those theories based on symmetry principles. OA/IA stays for apodictic organization and actual infinity, and refers to theories based on differential equations, even if Drago's classification encompasses two dichotomies and not just one. Exercising the interplay among these foundational techniques is then thought as the methodological task of the theoretical physicist. To previous case studies those in conformal field theory (CFT) and related issues are added. Special attention is posed on the concept of "non-dominant thinking".

Keywords: symmetry, dynamics, dichotomies, conformal field theory, nonviolence.

1. Introduction

The main experiences this article is rooted in are the author's thesis with professor Ravanini (Amoruso 2016) on conformal field theory (CFT), professor Drago elaborations on fundamental readings about nonviolence (Drago 1995), and many of the talks of this SISFA conference.

In particular, I would like to draw attention on Rossi's talk *Death and resurrection of Field Theory: 1960-1975*. The basic element that makes this talk so interesting for the purpose of the present article is the individuation of a fundamental conflict between the field theoretical approach and the bootstrap approach in describing the same physics, namely particle physics. Each of these formulation of QFT dominated in different historical contexts, possibly repressing greater scientific cooperation. From this episode a moral could be drawn for physicists: exercise a non-dominant thinking, do not focus on too narrow formal assumptions.

A second talk, for some aspect similar to the first one, is Cerreta's *Mach principles of dynamics and Newton's bucket*, where again a conflict is present among Mach's

formulation and Newton's formulation of mechanics, which, in this case, has led to the ideation of innovative didactical tools by Cerreta's team.

Thirdly, Favale, through his *The couple of Nasir al-Din al-Tusi*, turned on the interest of the audience on the al-Tusi engine, as conflicting with conventional engines. Here the conclusive open question was: why the al-Tusi invention is not used, despite its high efficiency?

What links these different contributions is the very presence of a conflict, or dichotomy, inside a given topics; this observation is in fact very general and in this context it concerns what could be called the cultural **nonviolence** of a scientific discourse. Nonviolence is a fundamental discovery for human spirit, both very ancient and very new; it asks to be manifested through every exterior action but roots deep in the very process of thinking. Given its interior basement it is not surprising that even scientific discourse can encase violence. This can take place at different levels, and all of them would require attention, though the focus of this topic is the level of "non-dominance" in thought. The works by Drago have the great merit to focus on the very mechanism of dominance in theoretical physics, from an historical perspective. It is on this point of view that we would like to pose our caring.

CFT is a highly peculiar research field where different mathematical techniques form a very rich and unusual theoretical *corpus*. This sector of physics lends itself to the mentioned kind of analysis that I would like to call "the Drago perspective", which consists in a critical scan of a given theory according to a newly proposed conceptual grid, as it will be shown in the following.

2. Two distinct methodologies in physics

2.1. The Barut perspective

The proper starting point of this paper is what could be called "the Barut perspective". It consists in the idea that two distinct methodologies exist in theoretical physics, namely symmetry and dynamics. Barut wrote:

Symmetry and dynamics are different ways of formulating the laws of physics, not necessarily one derivable from the other; sometimes conflicting, sometimes complementary to each other, often answering to different types of questions, together necessary for a more complete understanding of nature (Barut 1986).

He also affirms that these methodologies are ubiquitous in the history of physics, though used with various levels of awareness. They have different characteristics indeed; first of all, they pose different questions. Symmetry asks "how is the world?", while dynamics "how does the world become?". Moreover they focus on different aspects of phenomena: symmetry grabs "global descriptions", while dynamics "local" ones. Also, they give different fruits – timeless "ratios laws" and "evolution laws" – through different mathematical tools: "algebra" and "analysis".

To exemplify, let us look at Barut's example on Kepler's laws. The dynamics-based approach would depart from the differential equation of motion, it would require a lengthy and skilful integration to finally obtain the orbit equation, which is Kepler's first law. From a symmetry-based approach it is instead possible to rapidly obtain Kepler's third law. From empirical observations of planet's speed on the n -th orbit,

$$v_n \simeq v_0 e^{\lambda n},$$

one could reconstruct the imaginary scale transformation among orbits in the space-time grid

$$x_n = e^{2\lambda n} x_0 \quad t_n = e^{3\lambda n} t_0,$$

which maintains invariant the quantity

$$t^2/x^3.$$

This invariance coincides with Kepler's third law.

By the way, the idea of finding eternal ratios in the motion of planets was precisely the method of Kepler himself, even if he was looking for sacred platonic ratios, different from the ones he actually discovered and that we learn. Even if his method proved to be almost prophetic, dominant thoughts are always ready to discredit, inhabiting scientists of all times. In fact, Kepler's search has been defined as:

“an idea so crazy by modern standards that it does not even make sense” (P.T. Mathews talking about Kepler search for sacred ratios in the motion of the planets, Inaugural Lecture, Imperial College 1962) (Barut 1986).

This quote represents an example of a dominant way of thinking.

2.2. The Drago perspective

Barut perspective finds an interesting extension and completion in what I would love to call the Drago perspective. It consists in a conceptual classification of the methodologies of theoretical physics, as can be studied in his works. This perspective individuates two fundamental dichotomies:

- a dichotomy on the infinite: IA-IP;
- a dichotomy on the organization of the theory: AO-PO.

Let us explain, recalling their meaning. IA-IP stays for “actual infinity”-“potential infinity”, the continuous and the discrete; AO-PO stays for “apodictic organization”-“problematic organization”, naming those theoretical structures grounded, respectively,

in axioms or in some given problem. According to Drago perspective, this classification offers a new way to consider physical theories and the whole history of physics. In this way, particular emphasis is put on dominant thinking and alternative discourses in physics. The author is convinced that this original conceptual grid is actually fulfilling its purpose.

The Drago perspective is adopted for the first time regarding conformal field theory, in the following chapter.

3. Case study on CFT

Conformal Field Theory is essentially shaped by the Virasoro algebra:

$$[L_m, L_n] = (m - n)L_{m+n} + \frac{c}{12}(m^3 - m)\delta_{m+n},$$

which determines the Hamiltonian, its eigenstates and the whole Hilbert space. Moreover, to each eigenstate is associated a field Φ , and the set of these fields respects the ‘‘Operator Product Expansion’’:

$$\Phi_i(z)\Phi_j(w) = \sum \frac{c_{ij}^k}{(z-w)^{h_i+h_j-h_k}} \Phi_k(w).$$

This serves to show how important algebra is in this field theory; according to Drago perspective one could then say that IP is dominant here. This is certainly true, but it does not suffice to describe the peculiarity of the internal structure of CFT. Indeed, according to Ravanini, CFT hosts exactly the meeting of algebra and analysis, of symmetry and dynamics. To show this compresence we report a formula to calculate commutators of operators, through (circular) integrals of complex analysis:

$$[A, B] = \int dw \int dz a(z)b(w).$$

Moreover, from the so-called fusion algebra, equations of motion and their Lagrangian can be derived:

$$\Phi_i \times \Phi_j = \sum N_{ij}^k \Phi_k \rightarrow \partial\bar{\partial}\phi = u[\phi],$$

showing the strong relationship among symmetry and dynamics.

For what concerns the organization of the theory, it can be said that the physical problem it deals with is the understanding and description of systems at criticality, which involves continuous phase transition in the context of statistical mechanics.

Single CFTs, though (i.e. CFTs where the value of the Virasoro charge c has been fixed) can be studied both through the bootstrap approach (that historically links to AO) and the field theoretic approach (PO). The famous (non-unitary) Lee-Yang model, for example, is known both via its S-matrix and its Hamiltonian:

$$S_{LY} = \frac{\tanh\frac{1}{2}\left(\theta + i\frac{2\pi}{3}\right)}{\tanh\frac{1}{2}\left(\theta - i\frac{2\pi}{3}\right)}, \quad H_{LY} = \int dx \left[\frac{1}{2}(\partial\phi)^2 + i(h - h_c)\phi + ig\phi^3 \right].$$

From this point of view, it can be said that, though strongly rooted in IP and OP, CFT contains a promiscuous body. In its internal structure different methods and terminologies have met, none of them dominating the others.

4. Conclusions

In this paper we have analysed CFT through the Drago perspective, showing elements of its foundational structure. It results in a very open and rich theoretical body, which makes contact with many different subjects in theoretical physics and in mathematics, and it has maybe been insofar studied less than it would deserve. The course taught by Ravanini at Bologna University is actually the first graduate course on CFT in Italy. Foundational dichotomies of the Drago perspective are assumed as useful categorisation in philosophy of physics and history of physics, in didactics and communication of physics, as well as in non-dominant thinking education; they are also considered possible sources for tales, reflection and research lines.

$$\begin{aligned} 1 &= 1 \\ 2 &= 2 \\ 3 &= 3 \end{aligned}$$

Fig. 1. Symmetric equalities

I would love to conclude this article with a personal story about non-dominant thinking, regarding one of my nephews. One day, while I was writing my thesis, he came close to me and asked what I was up to. I then tried to tell him about equations, basic operations and that sort of things, trying to express myself in a way appropriated to a six years old curious child. He listened to me, silently, and then hid away for a while. Then he returned with two little pieces of paper. On one of them there were some equalities, written in the strange way of Figure 1. He asked: “Is it right, uncle?”. He not only had understood equalities, but spontaneously rendered them symmetric, in his own way. Then he gave me the other one, saying: “Uncle, you said there is the minus, the plus, the equal... Is there this one as well? And this other one...?” (see Figure 2). He had also understood basic operations, but he was trying to generalize them. Then I happily renounced to any kind of prejudice about his thought, and I realized that I was having fun and learning something new. He was a very good teacher indeed.

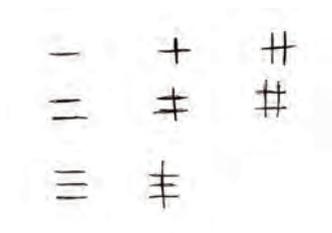


Fig. 2. Basic operators generalized

References

- Amoruso N. (2016). *Renormalization group flows between non-unitary minimal models*, Master Thesis in Physics, University of Bologna.
- Barut A.O. (1986). *Symmetry and dynamics: two distinct methodologies from Kepler to supersymmetry*, in Gruber B., Lenczewski R. (eds.), *Symmetries in Science II*. New York: Springer.
- Drago A. (1995). *Una caratterizzazione del contrasto tra simmetrie ed equazioni differenziali*, in Rossi A. (ed.), *Atti del XIV e del XV Congresso Nazionale di Storia della Fisica*. Lecce: Conte.

The choices in theoretical physics from Galilei to Einstein

Vincenzo Cioci - Lille 3 University, France - vincenzocioci@gmail.com

Antonino Drago - formerly at the University of Naples "Federico II" - drago@unina.it

Abstract: The history of the emergence of two dichotomies in the foundations of theoretical physics is illustrated. They have generated ethical choices, which have been taken by theoretical physicists. Their implications for both philosophy of science and ethics are derived.

Keywords: Infinity, organization, dichotomy, Newton's paradigm, Einstein, Leibniz' labyrinths, philosophy of sciences, ethics.

1. The dilemma on the kind of infinity during the birth of modern science

Koyré's history of the birth of modern science (Koyré 1957) has stressed several choices. Galilei's reflections on this subject are very interesting. In the first day of the *Discourses on Two New Sciences*, Galilei deals with the problems of the kind of infinity, the degrees of infinity and the indivisibles. He discusses for a long time the significant differences between actual infinity and potential infinity. He tackles the question whether and how to choose between the two kinds of infinity, a question which appears at the same time of a philosophical nature and a scientific nature. Galilei (1954) stresses the possible choice between the two kinds of infinity; yet, he does not see any decision criterion, although he well knows that his disciple, Cavalieri, by choosing the actual infinity, has invented a new calculus.

2. The choice of the actual infinity established by Newton's mechanics. A theoretical monopoly on theoretical physics

Various were the choices taken by other scientists. Descartes rejected the actual infinity and chose the "undefined" (i.e. potential infinity), although his geometric optics treats the points at infinity of a beam of light as the usual points opposed (i.e. actual infinity). Also Huygens refused to solve problems by means of the infinitesimals (which were considered as the inverse numbers of the actual infinity); he consistently tried to prove his theorems (e.g. the brachistochrone problem) by means of a calculus of finite quantities. Although he invented infinitesimal analysis by means of the actual infinity, subsequently Leibniz wanted to found theoretical physics on the potential infinity only (Drago 2003).

The choices of the above scientists are commonly interpreted as contingent events of the time elapsed before the consolidation of theoretical physics, which occurred

through the birth of Newton's mechanics. Without explanations, Newton chose the actual infinity in theoretical physics. This fact was an essential element of what in subsequent times has constituted the Newtonian paradigm.

Moreover, Newton has interpreted a beam light as the trajectory of massive particles; the laws of reflection and refraction (as well as interference) have been obtained by him as a consequence of his mechanical laws (Newton 1704). In such a way he was successful in reducing geometrical optics to a particular case of his mechanics' theory. As a consequence, his mechanics was a global theory, a monolith; no different physical theory could exist. Hence, after Newton's mechanics, theoretical physics excluded any choice. After this theoretical experience, *two different theories* on the same set of phenomena have been considered according to two relationships, i.e. either *mutually contradictory* or *including one into the other*.

In addition, Newton has extended the monopoly of theoretical physics to the entire human rational thinking. In the last part of his last book, *Optiks*, he listed 31 Queries, which in the subsequent times have represented all the problems to be solved through his theory. These problems range from the chemical problem to even - in the Query 31 - a new foundation of the ethics of "the ancient cardinal virtues" through the mechanical laws governing the heavens. Hence, Newton planned his theory as an omniscient science, ethics included as a particular case.

3. Theories emerging outside Newton's paradigm. The characterization of different formulations as merely technical variants

Some new physical principles have been proposed; e.g. by Fermat in optics, Maupertuis in mechanics, etc. Each of these principles was presented in metaphysical terms, rather than in physical terms only; moreover, each of them was not developed so much to become a completed theory. For these reasons they did not constitute an alternative to Newton's mechanics.

In 1717 the mathematical formula of a further principle, that of virtual work (PVW), was suggested. Yet, it seemed no more than a practical rule for engineers' use. Only some isolated theorists (the Bernoulli's) have appreciated it. In 1754 D'Alembert suggested a non-metaphysical principle, but its meaning was obscure and it was obscurely applied by him. It was overlooked also because it mainly concerned the impact of bodies, i.e. discrete phenomena, instead of continuous phenomena, which at that time were privileged in order not only to follow Newton's choice for the actual infinity, but also to explain the continuous motions of heaven's bodies. Hence, theoretical physicists did not perceive any competition between these new principles and Newton's mechanics.

However, around the years of the French Revolution some surprising theories born. Two well-formulated theories of mechanics were founded by Lazare Carnot (1783) and Lagrange (1788). The former theory did not rely on calculus but only on an elementary mathematics (i.e. trigonometry and vector calculus); moreover, it does not include idealist notions (L. Carnot 1803, p. 3; Dugas 1950, p. 309). In addition, by maintaining that even the mathematical notions have to be linked to the empirical data, Lazare

Carnot has criticized the idealistic notions of Newton's mechanics (e.g. absolute space). Thus, his choice was for potential infinity. According to a pluralist attitude about this dichotomy on the kind of infinity, he considered as legitimate also the alternative choice of the use of infinitesimals. Yet, subsequently Carnot's formulation was characterized as a theory about mechanical machines, without relevance for theoretical physics. Lagrange deliberately has based his mechanics' theory on the infinitesimals (Lagrange 1788, p. ii) notwithstanding he had previously invented an "algebraic" foundation of calculus (Lagrange 1797).

Surprisingly, these two new formulations were not in mutual contradiction; nor were they in contradiction with Newton's theory. Their relationships have been discussed through their basic principles. Lagrange based its formulation on the PVW because he stressed that Newton's principles couldn't describe constraints. He obtained a more powerful formulation; its results were so impressive that the PVW was received as a basic principle of mechanics. The question arose of the relationship between this new principle and Newton's principles. By wanting to re-establish Newton's theory as the unique foundation of mechanics, the most celebrated scientists have attempted to deduce the PVW from Newton's principles (usually through the lever's law or the laws of some more sophisticated mechanical tools). A great debate on the role played by the PVW in theoretical physics born. Yet this debate was eventually inconclusive (Poincot 1975; Drago 1993; Capecchi, Drago 2005).

Rather, after Cauchy (and then Weierstrass) reformed infinitesimal analysis by expelling infinitesimals, the theoretical physicists considered this progressive and assured mathematical theory as the best basis for re-structuring mechanics. As a result, a "rational mechanics" was proposed – as a present day all textbooks of rational mechanics show – as the unifying framework for the entire theoretical mechanics, including Lagrange mechanics and all formulations derived by the other principles. After this trust in the power of the calculus, at the end of the XIX century the prevailing opinion on the different formulations of mechanics was to consider their differences as merely technical in nature. Even Mach agreed, although he launched a program for building an alternative to Newton's mechanics (Mach 1883, chapter VIII).¹ The above-mentioned appraisal of a technical equivalence of all formulations re-established a monist view on science. It again excluded any choice, yet at the cost of assuming a lot of philosophical prejudices on the divergent physical theories – as we will see in the following.

During and after the French revolution new physical theories, irreducible to the Newtonian paradigm, born. Chemistry was a completely new scientific theory; yet, it was considered as an "art" owing to its apparent lack of the infinitesimal analysis. New optical phenomena (essentially, diffraction) originated the physical optics. As a consequence, the mathematics of Optics changed from the elementary notions of Euclidean geometry to the most advanced calculus, i.e., partial differential equations. In correspondence, the role played by this theory changed: no longer a subordinate theory,

¹ Yet Mach advanced the hypothesis that the continuum is maybe an appearance only, being all discrete. He elaborated this hypothesis on the kind of mathematics pertaining to theoretical physics according to a pluralist attitude (Mach 1896, chapter VIII).

but an independent theory very different from Newton's mechanics. However, owing to the long period of clarification of its higher mathematics – its differential equations have been solved around the mid-century –, it was characterized as an immature theory.

The problem vanished when (in 1865) Optics was included as a particular case in the new theory, electromagnetism. In its early stage of the historical development, this new theory presented a conflict with the accredited paradigm. Several phenomena and theoretical notions of both electricity and magnetism were divergent from Newton's ones. In particular, Faraday's basic notions (in particular, the concept of field of forces) were odd with respect to the Newton's notions. Yet, has included all these novelties inside a theory that assumed two vector fields (electric and magnetic) as the basic notions by means of which all possible laws are derived from four differential equations calculated in the infinitesimal neighborhood of each point of the space. Hence, this theory reiterated Newton's kind of mathematics, relying on actual infinity as well as Newton's theory deductive organization. This new theory confirmed the Newtonian paradigm, although according to an enlarged theoretical version (e.g. four differential equations on four notions instead of one equation only on three notions), or maybe in view of a further synthesis of a Newtonian kind, according to Maxwell persistent hope.

Yet, in the mid of the XIX century the birth of thermodynamics proved that a non-Newtonian theoretical physics was possible. But the elementary mathematics of thermodynamics was underestimated as an insufficient attempt to introduce a more sophisticated mathematics. As a consequence, thermodynamics was relegated to the status of a naive phenomenological theory.

Moreover, at the same time the kinetic theory of gases born through the conservation energy law. Its birth resulted to be postponed of one century owing to Newtonian prejudices, in particular that of the notion of a hard body, which precluded the conservation energy law, as well as the need of using continuous variables, and hence forces (Drago 2014a). However, this theory is a merely particular case of the subsequent theory, statistical mechanics, where theorists planned to re-establish mechanics as the basic theory of the entire physics. Hence, they made use of continuous variables mathematics for proving the time evolution of a discrete physical notion, i.e. the microscopic entropy (Boltzmann's H-theorem). As a consequence, the theorists have considered a new theory that was different from Newton's – e.g. electromagnetism – as a mere extension of the Newtonian paradigm.

4. Einstein's "revolution". The re-birth of Galilei's dichotomy of the two kinds of infinity

In 1905 the paper which started quantum theory (Einstein 1905a) and which was called by Einstein (1905b) "the most revolutionary paper", showed that two mutually incompatible attitudes in the theoretical physics of light phenomena are possible. i.e. the attitude of the discrete mathematics and that of continuous mathematics. For his

theory Einstein chose – against Maxwell and Newton – the “discrete”, i.e. potential infinity.

Twenty years later, the author of the first formulation of quantum mechanics, Heisenberg, relied his theory upon matrix algebra; hence, he reiterated the same choice for potential infinity, this time for an entire formulation of the theory. Notice that in the same year Schrödinger instead chose to base his formulation on a differential equation of mathematical physics, i.e. actual infinity.

Few years later these two first formulations of quantum mechanics were generalized by the continuous Dirac-von Neumann theory. Since subsequently it resisted to all attempts (see e.g. Einstein’s) to suggest an alternative formulation to it, a unity was again established and hence any choice was excluded.²

On another hand, the ambiguous interpretation of the electromagnetic induction led to a contradiction between Newton’s mechanics and Maxwell’s electromagnetism. Einstein’s genius was to “conciliate” this conflict by suggesting a new theory, special relativity, at the cost of transforming Newton’s mechanics, which was subjected to Lorentz’ group. Hence, the comparison of two scientific theories concerning the same experimental phenomena acquired one more possibility: a conciliation through the invention of a new theory that generalizes one of the two contradictory theories.

However, quantum mechanics’ laws are different and even in contradiction with classical laws (see e.g. Pauli’s exclusion principle). The same occurs in special relativity; space-time is not the Euclidean space of Newton’s mechanics. How put a remedy to these apparent contradictions? It was suggested that the historical development of theoretical physics occurs in a concentric way, i.e. subsequent theories include the previous ones concerning the same field of phenomena. As a proof, in quantum mechanics it was offered the existence of a limit process $h \rightarrow 0$ which is claimed to regain classical physics. But, first of all, one has to note that the mathematical process of a limit cannot include a change on the kind of infinity (as well as some other basic notions of the foundations of physics). In addition, it is well known that this limit gives only the Hamilton-Jacobi formulation, surely not Newton’s formulation. Also in special relativity the limit $c \rightarrow \infty$ does not lead back to Newton’s formulation, which relies on actions-at-a-distance (which imply the actual infinity in the interaction velocity), an hypothesis at all incompatible with special relativity (Goldstein 1980, p. 332). Rather this limit leads to e.g. L. Carnot’s mechanics of contact interactions³ (Scarpa 2002). These facts prove that *it is false that all formulations of classical mechanics are mathematically equivalent* (as believed even by Mach). We have to conclude that the above two limits, rather than giving theoretical power to both theories, show the insufficiency of the dominant philosophical

² Yet, Hanson (1961) contested the philosophical correctness of the operation of unification.

³ Moreover, Bunge (1954) showed that, among all mechanics’ formulations, Lagrange’s one plays a special role because it is a general scheme, which is applicable to the entire theoretical physics. Hence, its range of validity is incomparably wider than Newton’s.

conception, i.e. the concentric view of the historical development of theoretical physics.⁴

A further divergence has to be remarked; the two new theories, special relativity and quantum mechanics, are mutually incompatible, although each of them claims to include as particular cases the same classical theories. If one wants to interpret, as most scholars do, the differences between these theories as conciliable, i.e. as theoretical phenomena of *scientia condenda*, he has to believe that the question will be solved in next years. Yet, being elapsed ninety years from the births of these theories, I consider this belief as a naive hope rather than a realistic forecast.

5. The parallel birth of choosing the two kinds of infinity in the history of mathematics

In the history of mathematics parallel events occurred. Leibniz invented the infinitesimal analysis by founding it on the actual infinity; indeed, in Leibniz' opinion the symbol of the infinitesimal summarizes an actual infinite number of ideas (Brunschvicg 1923, part I, Livre III). However, he later aimed at obtaining, yet unsuccessfully, the same results through a calculus of finite quantities (Robinson 1960, chapter X).

Before XIX century all mathematicians rejected an explicit use of the actual infinity, apart from the indispensable infinitesimals. However, after Gauss the birth of a great number of abstract theories led mathematicians to make use of the actual infinity. Against this trend only Kronecker reacted; he aimed at founding the mathematical research only on integer numbers. Most mathematicians considered his program as suggested by a backwards attitude.

Yet, after few decades, in 1905 an obscure mathematician, motivated by mystical considerations, L.E.J. Brouwer, wrote a revolutionary program aimed at re-founding the entire body of Mathematics (and also Logic) on constructive techniques of the potential infinity (Brouwer 1975). According to him only the constructive part of mathematics had to survive. His offering new constructive versions of several previous results, together with his rejecting some important results as undecidable by constructive means, impressed some mathematicians. Even Hermann Weyl, although Hilbert's assistant, was persuaded that Brouwer's program was doomed to prevail. On the other hand, Hilbert had launched a program for founding mathematics (and the entire science too) on idealistic mathematical notions ("they are like the fists for a boxer"), among which the actual infinity. Since he considered Brouwer's program wrong, his reaction was vehement. Since each of them suggested an exclusive (win-lose) choice, a harsh intellectual battle has followed. At present time, a pacification without a clear appraisal on the past debate arrived (Martin-Loef 2007). However, Brouwer's program for a new

⁴ A "spontaneous" discovery of this dichotomy at the level of mathematical techniques employed by the physical theories is (Barut 1986). This paper underlines the two different roles played inside a physical theory by the differential equations (called by him "dynamics") and the symmetries. They correspond *grosso modo* to the actual infinity and the potential infinity.

mathematics was formally accomplished by two independent scholars (Markov 1962, Bishop 1967). As a consequence, at present time no mathematician can exclude constructive mathematics from the valid theories, although it obtains different results from classical ones (e.g. undecidabilities).

The previous question (choice or conciliation?) may be suggested also for the divergences among the mathematical theories. Yet, since a formal conciliation of potential infinity with actual infinity is an apparently impossible task, no forecast of a future mathematical theory, which includes both kinds of infinity, is possible. Hence, *one has to accept the present situation of two irreconcilable foundations of mathematics; hence, a choice on them about the kind of infinity is unavoidable*. As a consequence, a pluralism was born about not only the various formulations of some single theory, but also about each possible theory relying on mathematics.

6. One more dichotomy: the kind of the organization of a theory

A similar story is that of the choice on the two kinds of organization of a scientific theory.

It is well known that in 320 BC Aristotle presented the model of a deductive science (Beth 1959). Soon after, Euclid organized his geometrical theory according to this model. Then, along two millennia this theory was an exemplar of the correct organization of a scientific theory; also because in 1687 Newton reiterated this model in the most important theory of classical physics, i.e. mechanics. This kind of organization was the other essential element – beyond the actual infinity – of the Newtonian paradigm in theoretical physics.

Yet seventy years later, in the *Encyclopédie Française* D’Alembert (1770-1775, volume V, p. 504) suggested that a deductive (“rational”) theory presents in all cases “some holes”; in his opinion an “empirical theory” is more suitable for scientific theories. Few decades later, L. Carnot devoted two pages (L. Carnot 1783, pp. 101-103) to illustrate the two alternatives of this choice. He chose to found all his theories (geometry, calculus and mechanics) according to the “empirical” model, although he admitted as valid also the alternative model. Also in this case he suggested a pluralist attitude. Also the founder of non-Euclidean geometry, Lobachevsky, shared this pluralist attitude; he organized in an “empirical” way (or better, by posing problems to be solved, rather than axioms) each of his five works on this subject.

Unfortunately, most XIX century scientists have depreciated the “empirical” organization as a too informal way to arrange the elements of a theory. Later, when Hilbert suggested to axiomatize all scientific theories, almost all mathematicians believed that the deductive model of a theory was the only possible one.

Yet, in the history of theoretical physics, mathematical physics – according to which all physical laws are deduced from differential equations according to the Aristotelian organization – has been rejected by both the theory of quanta and special relativity, not only because they do not have been derived from differential equations, but also because they originated as “empirical” theories (i.e. without axioms).

Furthermore, in the XX century history of the foundations of mathematics, the birth of intuitionism on one side, and Goedel's theorems on another one, suggested that an axiomatic theory cannot grasp the entire content of a mathematical theory, even plain Arithmetic. Hence, what failed was the common belief that the Aristotelian model of organization is unique. Yet, no mathematician recalled D'Alembert-Carnot's distinction between the two different ways to organize a theory. Rather, three theoretical physicists, i.e. Lorentz, Poincaré and Einstein, re-discovered by ingenuity an alternative organization of a physical theory (Flores 2004). However, each of them suggested a little number of characteristic features of the new model of organization.

Some years ago an alternative model of organizing a scientific theory was recognized. One of us has extracted the features of this model by comparing all the scientific theories that have been presented by their authors in a different way from the Aristotelian model. An ideal model of the alternative kind of organization was obtained (Drago 2012). Thus, a new dichotomy in the foundations of science has to be added to the previous one.

Moreover, it was discovered that this dichotomy corresponds to a dichotomy in the foundations of mathematical logic; indeed, while the Aristotelian organization is governed by classical logic, the alternative organization is governed by an alternative logic, the intuitionist one. This logic started by a Brouwer's paper in 1908 and around twenty years later was formalized. It progressively gained relevance, so much that since the 1960s it was considered on par with classical logic; hence, a pluralism of the kinds of logic was established. In the meantime, several more kinds of logic (modal, minimal, non-monotonic, paraconsistent, fuzzy, etc.) have been formalized. At present time no one logics of this variety can be excluded as irrelevant (Gabbey, Kanamori, Woods 2012).

In conclusion, also this choice on the kind of organization, or equivalently on the kind of logic, is unavoidable. Remarkably, already Lorentz stressed that one has to take "a choice" on the kind of organization (Lorentz 1900, p. 33). In addition, since this dichotomy pertains to the foundations of logic, a choice on this subject concerns whatsoever scientific theory.

7. Philosophical pluralism of scientific theories

As a general conclusion, in the foundations of science two formal dichotomies – concerning the infinity and the organization of a theory or, equivalently, logics – were born. *We have to conclude that science includes some choices, which are not only choices of philosophical nature, but also of formal nature, concerning the foundations of science.*⁵

Yet, some philosophical prejudices obstruct a full recognition of these choices. Although the distinction in the various radically divergent kinds of logic is recognized as unavoidable, however by denying any relationship between logic and the real world,

⁵ Kuhn (1969) overlooked the possibility of a choice two times. He represented a paradigm shift through a unexplained *Gestalt* phenomenon. Subsequently he avoided representing the choice – performed in a first time by Einstein and then by the scientific community – for the discrete mathematics in theoretical physics.

all relevant implications of these choices are avoided. Actually this attitude is justified by only a Platonist attitude on the entire logic. Instead, as a fact, Computer Science has abandoned classical logic for applying several kinds of non-classical logic. In addition, it is well known that Quantum Mechanics rejects classical logic.

Since the mid of XX century the notion of potential infinity, which previously has been considered as a merely philosophical notion, has based a formally well-defined mathematics (Markov 1962, Bishop 1967). The consequent sharp divide in the foundations of mathematics led eventually the mathematicians to recognize two “schools” on the philosophy of the mathematics. However most mathematicians have assumed an “ecumenical attitude” (Meschkowski 1965, chapter 10, footnote 1). According to these mathematicians the dichotomy on the kind of mathematics is a mere difference between two abstract cases, as the dichotomies Truth/False or Good/Evil in the Olympus of the Ideas. Hence, they feel themselves free to work in each of the two kinds of mathematics, classical and constructive, as an extension of the variety of the numerous mathematical theories. This attitude is a typical Platonist one of who considers mathematics a purely formal construct.

However, the above dichotomies have been ignored by the philosophers of physics, because along centuries the theoretical physics was dominated by a paradigm, according to which a scientist has to follow technical rules only. It is remarkable that – as we saw in the sections 4 and 5 – a choice between different theoretical formulations emerged each time the scientists have discovered theories outside the Newtonian paradigm. A choice eventually decisively emerged when both mathematics and logics allowed innovations – i.e. inner dichotomies of formal nature – which were excluded by the Newtonian paradigm. Some years ago it was proved, through the formal constructive mathematics, that there exists a mathematical divide among the set of constructive formulations of a physical theory and the set of its non-constructive formulations (Drago 1986, Da Costa, Doria 1999).⁶ Hence, in theoretical physics there exists a “dichotomy” about the kind of mathematics – as about the case of the light Einstein wrote in the 1905 paper on quanta.⁷

As a matter of fact, already at the birth of Newton’s paradigm a great mathematician, physicist and philosopher, Leibniz, recognized two labyrinths in our mind; the labyrinth of either potential or actual infinity; and the labyrinth of either freedom or law (Leibniz 1989). The latter labyrinth translates the dichotomy on the kind of organization in subjective terms. Indeed, the former alternative (“freedom”) allows a free search for discovering a new “empirical” method for solving the problem stated by the theory, while the latter alternative (“law”) obliges to obey a list of laws, as it occurs inside the development of an Aristotelian organization. In such a way one obtains exactly the two previous dichotomies. After three centuries Leibniz’ suggestion

⁶ These results are presently exorcised by claiming the “indispensability” of classical mathematics in the applications to reality. Yet, both computer science and theoretical biology – born without calculus – make use of discrete mathematics for stating their basic results.

⁷ Since a long time in philosophy of science there exists a debate on the unity of science. The neo-positivists claimed a total unity; owing to this belief they had planned an *Encyclopedia of the Unified Science* (which however was unsuccessful). Several philosophers have undermined this thesis (e.g. Agassi 1969). Yet, most of the latter ones ignore the different formulations of a scientific theory.

of the two labyrinths was vindicated by the historical development of mathematics and logics.

8. General considerations on the ethics of the two dichotomies of science

Leibniz correctly qualified them as labyrinths, because the reason alone cannot solve the problem of how to choose on them; hence, they are dichotomies on which a non-scientific motivation only can lead to decide.⁸

Notice that these choices first of all pertain to a single scientist, who is building an entire new theory; e.g. to Newton when he was building his mechanics' theory; to Einstein when he was building his special relativity. It is unavoidable to conclude that these choices, being free decisions taken by a scientist, have ethical meaning for the scientist himself. In some cases the alternative choice (expressed through the foundation of an alternative formulation) was suggested even a century later (e.g. L. Carnot's formulation which is alternative to previous Newton's formulation). Yet, this time lag does not influence the ethical nature of the opposite choices taken by both scientists. Hence, *theoretical physics includes as its constitutive part also ethical decisions taken by the single founders of theories*. In addition, owing to the antecedent decisions taken by the founders of mutually alternative formulations of a theory implies that at present whatsoever scientist choosing to work inside a specific formulation takes – although implicitly – the corresponding ethical choices.

Surely, a dilemma is a very elementary subject of an ethical system. Yet, if the dilemmas-dichotomies are two, and they are mutually independent, then a primordial, but effective ethical system is obtained. This system is relevant for two reasons. First, the four couples of choices on the two dichotomies compose a compass; each couple addresses the mind to follow a specific direction inside the sea of innumerable scientific theories. Even more importantly, provided that one suitably adapt the philosophical meanings of the choices, similar dichotomies to those in science hold true in the foundations of ethics (Drago 2000). Hence, one may stress that although scientist's ethics is a minimal one, this ethics system echoes the foundations of the entire ethics system.

⁸ This point was equivocated by Kant who thought to have proved the basic tenets of each of the two alternatives and hence to have obtained an antinomic contradiction between them. This misinterpretation led him to make recourse to a formal viewpoint, which moreover was based upon metaphysical pre-conceptions (e.g. the perception of space through a "pink eye-glasses"). The discovery of non-Euclidean geometries denied this philosophy of knowledge (Drago 2014b).

References

- Agassi J. (1969). “Unity and diversity in science”. *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 4, pp. 463-522.
- Barut O. (1986). *Dynamics and symmetry: Two distinct methodologies in theoretical physics*, in Gruber B., Lenczewski R. (eds.), *Symmetry II*. New York: Plenum Press, pp. 37-50.
- Beth W.E. (1959). *Foundations of Mathematics*. Amsterdam: North-Holland.
- Bishop E. (1967). *Foundations of Analysis*. New York: Mc Graw-Hill.
- Brouwer L.E.J. (1975). *Collected Works*. Amsterdam: North-Holland.
- Brunschvige L. (1923). *La Philosophie de la Mathématique*. Gauthiers-Villars: Paris.
- Bunge M. (1957). “Lagrangian formulation and mechanical interpretation”. *American Journal of Physics*, 25 (7), pp. 211-219.
- Capecchi D., Drago A. (2005). *Lagrange e la Storia della Meccanica*. Bari: Progedit.
- Carnot L. (1783). *Essai sur les Machines en Général*. Defay: Dijon.
- Carnot L. (1803). *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*. Paris: Deterville.
- Da Costa N., Doria F.A. (1991). “Undecidability and incompleteness in Classical Mechanics”. *International Journal of Theoretical Physics*, 30, pp. 1041-1073.
- D'Alembert J. (1770-1775). *Eléments*, in Diderot D., D'Alembert J. (eds.), *Encyclopedie Française*. Livourne: Imprimerie des Editeurs.
- Drago A. (1993). *The principle of virtual works as a source of two traditions in 18th Century Mechanics*, in Bevilacqua F. (ed.), *History of Physics in Europe in 19th and 20th Century*. Bologna: SIF.
- Drago A. (2000). *Etica e scienza: loro fondazione comune secondo una visione pluralista*, in Chieffi L. (ed.), *Bioetica e Diritti dell'Uomo*. Torino: Paravia Scriptorium.
- Drago A. (2003). *La riforma della dinamica secondo G.W. Leibniz: Testi originali e loro interpretazione moderna*. Benevento: Hevelius.
- Drago A. (2004). “A new appraisal of old formulations of mechanics”. *American Journal of Physics*, 72 (3), pp. 407-409.
- Drago A. (2012). *Pluralism in Logics: The Square of Opposition, Leibniz' Principle of Sufficient Reason and Markov's principle*, in Béziau J.-Y., Jacquette D. (eds.), *Around and Beyond the Square of Opposition*. Basel: Birkhauser.
- Drago A. (2013). *The emergence of two options from Einstein's first paper on quanta*, in Pisano R., Capecchi D., Lukesova A. (eds.), *Physics, Astronomy and Engineering. Critical Problems in the History of Science and Society*. Siauliai: Scientia Socialis.
- Drago A. (2014a). “A rational reconstruction of the history of the kinetic theory of gas as founded on Leibniz-Carnot's formulation of mechanics”, *Atti della Fondazione Ronchi*, 69, pp. 365-387.
- Drago A. (2014b). *Kant's philosophy of knowledge and the four models of a physical theory*, in XXXIII Convegno Nazionale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia (Acireale, September 4-7, 2009).

- Drago A., Perno A. (2004). “La teoria geometrica delle parallele impostata coerentemente su un problema (I)”. *Periodico di Matematiche*, 4, pp. 41-52.
- Drago A., Pisano R. (2000). “Interpretazione e ricostruzione delle *Réflexions* di Sadi Carnot mediante la logica non classica”. *Giornale di Fisica*, 41, pp. 195-215.
- Dugas R. (1950). *Histoire de la Mécanique*. Paris: Dunod.
- Einstein A. (1905a). “Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt”. *Annalen der Physik*, 322, pp. 132-148.
- Einstein A. (1905b). Letter to Conrad Habicht, May 18th or 25th, in Einstein A. (1993), *Collected Papers*, vol. 5, document 27. Princeton: Princeton University Press.
- Flores F. (1999). “Einstein’s theory of theories and types of theoretical explanation”. *International Studies in Philosophy of Science*, 13, pp. 123-134.
- Gabbay D., Kanamori A., Woods J. (2012). *Handbook of History of Logic*, vol. 6. New York: Elsevier.
- Galilei G. (1954). *Dialogues Concerning Two New Sciences*. New York: Dover.
- Goldstein H. (1980). *Classical Mechanics*. New York: Addison Wesley.
- Hanson N.R. (1961). *Are wave mechanics and matrix mechanics equivalent theories?*, in Feigl H., Maxwell G. (eds.), *Current issues in the philosophy of science*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Koyré A. (1957). *From the Closed World to the Infinite Universe*. Baltimore: University of Maryland.
- Kuhn T.S. (1969). *The structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lagrange J.-L. (1788). *Mécanique analytique*. Desaint: Paris.
- Lagrange J.-L. (1797). *Théorie des Fonctions Analytiques*. Paris: Imprimerie de la République.
- Leibniz (1989). *Theodicy*. Preface. Cambridge (MA): Hackett.
- Lorentz H. A. (1900). *Elektromagnetische Theorien physickalischer Erscheinungen*, in Lorentz H.A., *Collected Papers*, vol. VIII. The Hague: Martin Nijhoff.
- Mach E. (1883). *Die Mechanik in Ihrer Entwicklung. Historische-Kritik Dargestellt*, Leipzig: Brockhaus.
- Mach E. (1896). *Principles of Heat*. Boston: Reidel.
- Markov A.A. (1962). “On Constructive Mathematics”. *American Mathematical Society Translations*, 98 (2), pp. 1-9.
- Martin-Loef P. (2007). *The Hilbert-Brouwer controversy resolved?*, in van Atten M. et al. (eds.), *One Hundred Years of Intuitionism (1907-2007)*. Berlin: Birkhauser.
- Meschkowski H. (1965). *Evolution of Mathematical Thought*. San Francisco: Holden-Day.
- Newton I. (1704). *Optiks*. London: Smith and Walford.
- Poinsot L. (1975). *La théorie générale de l’équilibre et du mouvement des systèmes*. Paris: Vrin.
- Robinson A. (1960). *Non-Standard Analysis*. Amsterdam: North-Holland.
- Scarpa F.M. (2002). “Lazare Carnot e la Relatività ristretta”, *Giornale di Fisica*, 43, pp. 205-212.

A program of research for discovering an alternative formulation of quantum mechanics

Antonino Drago - formerly at the University of Naples "Federico II" - drago@unina.it

Abstract: I recall my proposal of a general strategy for discovering an alternative formulation to Dirac-von Neumann's formulation of Quantum Mechanics and moreover I review its advancements. First, I have planned to study what are the foundations of classical physics. I found out that they are constituted by two dichotomies concerning respectively Mathematics and Logic. I made use of them for characterizing the basic features of the alternative formulation of Quantum Mechanics to be discovered, first of all the alternative choices on the two dichotomies to those of both Newton's Mechanics and the dominant formulation of Quantum Mechanics. Subsequently, I have followed two sub-strategies. The former one was to discover, as its first step, the alternative formulations of the main classical theories. I have obtained them. The second step, to be still performed, is to rationally re-construct on this alternative basis and according to the two dichotomies the historical birth of Quantum Mechanics. The latter sub-strategy is to scrutinize all the already suggested formulations of Quantum Mechanics in order to inspect whether one of them enjoys the features of the wanted alternative formulation. No one formulation satisfies such features, although several formulations closely approach the alternative one; a rigorous re-formulation of them according to the alternative choices on the two dichotomies requires a sophisticated technical competence. By the way, a new history of both the entire classical physics and part of modern physics has been obtained according a new point of view of a pluralist nature.

Keywords: Quantum Mechanics, dichotomies in Mathematics and Logic, alternative formulations of classical physical theories, alternative quantum mechanics.

1. The recognition of the foundations of theoretical physics

In 1976, at Lecce Conference on *Science and society* I stated a program of research for discovering an alternative formulation of QM (this proposal was not recorded by the proceedings (Donini *et al.* 1977) of that conference). I suggested that before tackling the foundational problems of modern physics, it is necessary to further explore classical physics – even the inertia principle – in order to accumulate more knowledge on the foundations of physics in general, and then to apply them to the study of QM.

After two decades my investigations on classical physics have obtained a first result, i.e. a clear-cut definition of the foundations of physics.

An analysis of past historical theories in Logic, Mathematics, Physics and Chemistry has suggested that not only – as it is well-known – the foundations of science are constituted by Logic and Mathematics, but in addition each of them has to be conceived in a dichotomic way, either constructive mathematics or classical mathematics and either classical logic or non-classical logic, respectively; or even, in corresponding philosophical terms, either potential infinity (PI) or actual infinity (AI), and either the deductive organization of the theory as derived from few axioms (AO), or the organization of a theory which is aimed at solving a basic problem (PO), respectively. In particular, I obtained the ideal model of a PO theory by means of a comparative study of the main non-deductive scientific theories (Drago 2012).

By means of the two dichotomies I have characterized Newton's mechanics as based on the choice AI owing to its use of infinitesimal analysis, and the choice AO, owing to its derivation of all mechanics laws from three principles (Drago 1988).

I have also characterized how the formulations of this theory – for instance, the three formulations suggested by L. Carnot, Lagrange and Hamilton – differ from Newton's formulation. They differ not only in making easier the resolutions of the problems – as even Mach has maintained (Mach 1893, part IV, chapter III), but first of all in their basic choices (and, as a consequence, in their principles, mathematical techniques and notions).

The two dichotomies suggest also a new characterization of the Dirac-von Neumann (DvN) formulation of QM. It is easily recognised that DvN is based (apart its measurement process) on the choices AI, owing to its use of the highly sophisticated mathematics of Hilbert space, and AO, owing to the a priori role played by this same notion inside the theory (Drago 1991a). Surprisingly, these choices are the same of Newton's mechanics, exactly that theory whose foundations have been contested by the scientists who started modern physics. This paradox constitutes the main criticism to the DvN, since its choices represent a backward theoretical attitude.

As a second step of my general strategy, I have approached the problem of looking for an alternative formulation of QM according to the two following sub-strategies:

- a. a study aimed at discovering the alternative formulations of all classical theories and then rationally re-constructing on their basis and according to the two dichotomies the historical birth of QM; from this re-construction the alternative formulation to DvN is expected to result;
- b. a recognition of all previously suggested formulations of QM in order to recognize the wanted alternative formulation, or at least to recognize those formulations which are less far from the wanted result.

3. Rationally re-constructing QM from the alternative formulations of its basic classical theories: the recognition of all these alternative theories

Mechanics. I have discovered the alternative formulation to Newton's. As a fact, L. Carnot declares in philosophical terms (Carnot L. 1783, pp. 101-103; 1803, pp. xiii-xvii, 2-3) that his formulation is founded on exactly what at present we know as the choices PI and PO. He declares (Carnot L. 1803, p. x) also that his theory is based on the principle of virtual works (PVW). Actually, L. Carnot's theory generalizes previous Leibniz' theory of the impact of only elastic bodies by deriving it from the PVW and in addition introducing an index of elasticity for considering the impact of all kinds of bodies. His great theoretical novelty is its basic problem, i.e. the search for the invariants of an impact of bodies; for the first time in the history of theoretical physics he derives them; its mathematical technique is surprisingly an elementary algebraic one (Carnot L. 1783, pp. 44ff; Drago 2004). I have accurately re-formulated this theory upon the principle of the *impossibility* of a motion *without* an end (IPM), which in a PO theory is the usual methodological principle from which a non-classical reasoning starts. From this principle the PVW easily follows and from here the entire development of L. Carnot's theory (Bellini, Drago, Mauriello 2007).

Thermodynamics. By extending this alternative formulation of mechanics to heat engines, Lazare's son, Sadi, founded thermodynamics. Owing to his purpose of addressing his book to people not educated to higher mathematics, his theory does not make use of calculus – apart in a footnote. Hence, the choice on the kind of mathematics is PI. The other choice is PO since the theory is based on a problem of the highest efficiency in the conversions of heat in work (Carnot S. 1824, p. 4). In addition, in a surprisingly consistent way he makes use of non-classical logic through doubly negated propositions (DNPs) which are not equivalent to the corresponding affirmative ones for lack of evidence of the latter ones; through them the author composes indirect proofs (Drago 1991b; Drago, Pisano 2000). Yet, textbooks' formulation, relying on the concept of the conservation of energy, differs from Sadi Carnot's one, which relies on a discarded concept (caloric). However, Drago and Pisano (2013) made apparent its full linkage with father's theory by deriving Sadi Carnot's valid results from the PVW. In addition, Callen (1974) has proved, although by applying to statistical mechanics Lagrange's formulation¹ rather than L. Carnot's one, that "thermodynamics is the science of symmetries". This fact confirms what is obtained by a comparative analysis of most physical theories, i.e. the characteristic mathematical technique of a PO theory is the symmetry (Drago 1996).

Electromagnetism. I have interpreted through the two dichotomies the history of its birth (Drago 2003). The early theory was built on both Carnotian-like notions (most of which have been suggested by Faraday) and Newtonian-like notions (which have been advocated by other scientists). Subsequently Maxwell has suggested a theory based on his celebrated equations, from which all electromagnetic laws are derived; hence its choice is AO. In contrast to Faraday's rejection of usual mathematics, these equations

¹ Lagrange's theory is based on the choice PO (the problem is how obtain the solution of whatsoever problem in mechanics) and the choice AI (it makes use of infinitesimal analysis) (Drago 2006).

have been obtained by means of that sophisticated mathematics which is necessary for representing the fluid dynamics of vortices. No surprise if Maxwell's equations, concerning differential equations on local quantities, have been considered an expression of the usual infinitesimal calculus, which is AI. Indeed, Maxwell's contemporaries thought that his theory had confirmed, although through different terms, the Newtonian paradigm (whose choices are the same, AI&AO).

Rather, an alternative theory of electromagnetism may be based upon Faraday's problem (PO) of how joining together an electricity theory with a magnetism theory through integral laws on global quantities (PI). This is the phenomenological electromagnetism (Rossi 1957, p. 303). Moreover, at present we know that constructive mathematics can express also Maxwell's equations because it includes differential operations; hence, according to the choice PI one can include in the alternative formulation also Maxwell's equations. An essential result of Maxwell's equations is the electromagnetic wave equation, from which both the formula for the light velocity and the theory of optics are derived. Yet, this equation cannot be solved in general by constructive means (Pour-El, Richards 1989).² However the same equation can be solved when the energy is bounded, that is a natural limitation for an operative, phenomenological theory. Hence also the alternative formulation of electromagnetism includes this wave equation; it may be derived from the given global formulas by testing in a heuristic way a wave function as their solution (Sánchez del Rio 1991).

Let us recall that a PO theory is based on the mathematical technique of symmetries; in this case the Lorentz' group is in question.

It was Einstein's paper (1905b) on special relativity that has proved the invariance of Maxwell equations; the method is appropriate to a PO theory: it is heuristic and it is based on a limitation principle, $v \leq c$, suggested to him by the IPM in thermodynamics (Zahar 1989, pp. 113-121). Moreover, its mathematics is at all constructive.

Statistical mechanics. Its simpler part, the kinetic theory of gases, has been surprisingly recognized to be a generalization of Leibniz-L. Carnot's mechanics, which I recall is based on the alternative choices PI&PO. This fact is confirmed by its history; the new theory started only when it was based – first by Leibniz' follower, D. Bernoulli, and a century after by Wallstone, Clausius and Maxwell – on the alternative notions to the Newtonian ones (Drago 2014).

Both Boltzmann and Gibbs have founded statistical mechanics upon Hamilton's mechanics, which in general is not solvable in constructive mathematics.³ Einstein (1902; 1903; 1904) gave a new foundation of this theory according to an approach of kinetic theory of gases, which we know derives from L. Carnot's mechanics. Einstein based the theory upon the conservation of energy, which is a result of L. Carnot's

² These authors and some other scholars have looked for an essentially non-constructive QM theorem. Billinge (1997) has shown that even Gleason's theorem has a constructive counterpart – that does not mean that it is constructive. However, no scholar has made reference to the different formulations of a same theory. Already in 1982 I have proved that the question depends from the particular formulation one chooses as a representative of a physical theory (Drago 1982). I have also suggested a general method for inquiring the constructiveness of a physical theory (Drago 1986).

³ Da Costa and Doria (1991) have proved that Hamilton's formulation is undecidable in constructive mathematics. I studied the obscure foundations of Statistical mechanics in (Drago 2016a).

mechanics.⁴ This principle of Einstein's theory is of course decidable and moreover the following theoretical development is constructive because one can intend with impunity the differentials as finite difference quantities. (Yet, a further analysis deserves Einstein's use of Liouville's theorem).⁵

Table 1 summarizes the situation of the accumulated results; it shows that there exists an alternative formulation to each classical theory that is involved in the birth of QM.

	PI	Constructive Mathematics	PO	Non-classical Logic	First Principles Limitation	Invariants
Mechanics	LC	LC	LC*	LC*	IPM-PVW	LC (spatial)
Thermodynamics	(SC)/CKC	(SC)/CKC	(SC)/CKC*	(SC)/CKC*	IPM-PVW	Callen
Electromagnetism	Ph.	Ph.	Faraday	Faraday?	?	Lorentz
Kinetic theory of gases	LC	LC	LC	Prob.?	$\neg(L > 0)$	Callen
Statistical Mechanics	Einstein	Einstein	Einstein	Prob.?	$\neg(L > 0)$	Callen

Table 1. The alternative formulations of the main classical theories

Legenda: LC = Lazare Carnot's formulation; SC = Sadi Carnot's formulation; CKC = Carnot-Kelvin-Clausius' formulation; IPM = Impossibility of a perpetual motion; PVW = Principle of virtual works; * = in a more clear version by means of improvements of the original theory. Prob.? = hints that the introduction of probabilities surrogates the use of non-classical logic

4. Rationally re-constructing QM from the alternative formulations of its basic classical theories: the attempts to rationally re-construct the birth of QM

In order to proceed with the latter step of the former sub-strategy, one can anticipate the result by characterizing six features of the alternative formulation of QM which are derived by both the two dichotomies and the alternative features of the above classical theories: *i)* its organization is PO; *ii)* its prime principle is a limitation principle, of course the uncertainty principle; *iii)* its way of reasoning pertains to non-classical logic; *iv)* its mathematics is the constructive one; *v)* its mathematical technique is that of symmetries; *vi)* its limit for $h \rightarrow 0$ has to give Lazare Carnot's formulation of mechanics, or, more in general, a theory relying on an impossibility principle, as the PVW is. In addition, the following *à la* Koyré's propositions which characterize the alternative theories to Newton's one suggest the following change in the basic notions from the Newtonian paradigm to the alternative formulation of QM:⁶ "Evanescence of the force-cause and discreteness of matter [and even light]."

⁴ The usual starting point for the non-classical reasoning in the alternative theories - i.e. the principle of the *impossibility* of a motion *without* an end - may be substituted by the following doubly negated principle: "No positive (= not null) work from gas motion and from constraints' reactions".

⁵ Notice the discovery of Einstein's treatment by Peliti and Rechtman (2017).

⁶ They have been obtained by interpreting through the two Newtonian choices the original Koyré's ones and then constructing on the alternative choices those propositions which are valid for the classical alternative theories (Drago 1994).

My studies under the light of the two dichotomies have obtained that in the 1905 paper (Einstein 1905c), *i*) Einstein has built a PO theory (in his words, a “principle theory”) because it is aimed at solving the problem of existence of quanta; *ii*) he has appropriately made use of non-classical logic (although by mere ingenuity); *iii*) in the foundation of the entire theoretical physics he has overtly recognized the dichotomy on the infinity (“continuum” vs. “discrete”) and *iv*) he has chosen “the discrete”, i.e. the PI (Drago 2013). In other words, in his paper Einstein has almost exactly recognized the alternative choices, PO and PI, to Newton’s. No surprise if in the early years of the XX century Einstein’s 1905 paper only has represented a qualified answer to the theory of the blackbody; surely, this clever theoretical attitude derives from his attributing an alternative character (limitation principle, the elementary mathematics) to thermodynamics, that we know has the alternative choices PO and PI. As a fact, Einstein has declared this paper his “more revolutionary paper” (Einstein 1905a).

Yet, Einstein’s method, i.e. an analogy between a gas of particles and a “gas” of quanta, cannot be exactly reiterated in other case studies. In the following years various parts of QM have been obtained from analogies between the new theoretical situations and suitably chosen parts of classical theories (Darrigol 1992). Bohr has suggested that these analogies result from the applications of a “principle of correspondence”. This principle was never “proved”; it remained a merely intuitive principle. By means of the two dichotomies one may give reason for this negative outcome. The classical theories taken in consideration all rely on AI&AO, whereas the early QM relies on the choices PO and often PI; the different choices allow to link the two theoretical parts by no more than local and occasional analogies. As a verification, the historical sequence of all the analogies exploited during the process of QM’s construction does not allude in any way to the four choices on the two fundamental dichotomies.

Let us now consider a formal way to re-construct the birth of QM. It is an encouraging fact that L. Carnot’s mechanics may be in a natural way extended to be invariant under Lorentz’ group (Drago 2001; Scarpa 2002). However, it is well known that the resulting theory, i.e. special relativity, is incompatible with QM, owing to the non linearity of the quantum commutation relationships. Hence, this theoretical path from L. Carnot’s formulation to QM, is barred.

At present, it is still an open problem how re-visiting according to the two dichotomies the historical paths leading to QM.

5. The strategy for recognizing an alternative formulation of QM among those already invented

Instead of following the above laborious sub-strategy, one may hope to find out the alternative formulation to the DvN by discovering, or at least by suitably re-interpreting, according to the alternative couple of choices PO&PI, a formulation of QM which has been already suggested by quantum theorists. I have explored under the light of the two dichotomies four classes of (broadly intended) formulations of QM.

Alternative formulation before the birth of DvN. Fortunately such formulation there exists. Heisenberg's matrix mechanics has been surely founded on the alternative choices, because it is aimed at solving the problem of the atomic spectra (PO) and it makes use of an algebraic, hence constructive, mathematical technique (PI). Yet, this formulation is incomplete and it cannot appropriately make use of continuous operators (Beller 1983, p. 475). The completion of the original formulation independently from the theoretical framework of DvN (which includes Heisenberg theoretical suggestions as a mere "Heisenberg picture") constitutes an open problem.

Formulations closely approaching the wanted alternative. I have looked for all existing formulations of QM (around 26) that have been by ingenuity invented by theoretical physicists. It is not easy to decide which are the basic choices of each one, because a theory which at glance appears as based on AI, a more accurate analysis may interpret it as belonging to constructive mathematics; and moreover a theory which was suggested in an AO-style may hid a PO theory. Therefore, in a previous paper I have contented myself with rough characterizations of the choices of each of the above formulations of QM. Among them I have found two formulations which seem to be founded upon the alternative choices PO and PI, i.e. T.F. Jordan's (1985) and Bub's (2005). However, the former formulation is incomplete and the latter one is unsatisfactory for it relies on a non-physical notion, information (Drago 2016c).

Re-formulating QM upon an accurate definition of quantum logic. By means of the two dichotomies I have re-constructed the history of QM as a progressive recognition of the alternative notions, techniques and principles. I obtained an astonishing theoretical progression marked by a sequence of five-years steps (Drago 2002). In addition, this progression makes apparent that the discovery – through Birkhoff and von Neumann's seminal paper (1936) – of a non-classical logic in the foundations of QM has occurred after the construction of both its first two formulations and also the DvN. This fact proves that *i*) by lacking of an essential aspect of a PO theory, i.e. the non-classical logic, Heisenberg's matrix mechanics was doomed to be absorbed into the DvN framework (which is founded on the dominant classical logic); *ii*) owing to its classical logic, the DvN cannot be considered as an adequate formulation of QM; *iii*) the discovery of an alternative formulation of QM through the new logical basis is needed. Several theorists wanted to accurately define the exact quantum logic in order to re-construct upon it QM. Actually, Birkhoff and von Neumann have deliberately excluded the intuitionist logic; which is instead the appropriate logic of a PO formulation of QM, whose main problem is how measure the state of the system notwithstanding the indeterminacy relationships. Hence, all attempts to define a new kind of non-classical logic for QM, being performed outside of both a PO and the well-founded (since the 1930's) intuitionist logic, are doomed to fail, as eighty years of unsuccessful attempts prove it. A first attempt of re-constructing QM inside a well-defined PO formulation and by making use of DNPs is the paper (Drago, Venezia 2002).

Any already suggested formulation of QM that relies on the symmetry technique? Hermann Weyl's book – aimed at formulating QM through symmetries (Weyl 1930) – appears as the fortunate answer to the above question. Yet, a closer analysis of this formulation shows that its theoretical development relies upon

Schrödinger's mechanics, whose basic choices are easily recognized as AO (owing to his a priori notion of the amplitude of probability) and AI (as each second order differential equation); moreover, in the initial development of Weyl's theory the mathematics is an algebra of finite groups; yet, subsequently this mathematics is extended in an informal way to continuous groups (Drago 2000). In order to rigorously re-formulate this attempt according to the choices PI and PO a competence in the most sophisticated mathematics of the classical and constructive group theory is required. A first attempt for obtaining a QM based on symmetries has been presented some years ago (Drago, Pirolo 1997).

Table 2 summarizes the previous results and some open problems.

	PI	Constructive Mathematics	PO	Non-classical Logic	Symmetries
Einstein's paper	+*	+*	+*	+*	-
Correspondence Principle	-	-	+	+	-
Matrix Mechanics	+	+	+	-	-
Weyl's formulation	(+)	(+)	(+)	-	+
Quantum Logic	-	-	(+)	(+)	-

Table 2. Formulations closely approaching the alternative one

Legenda: (+) = not precisely expressed; * = almost accurately expressed; - = lacking feature

6. Conclusions

The program of research suggested by my proposal of forty years ago is successful in having obtained: *i*) the first wanted result, i.e. discover the foundations of theoretical physics *ii*) the first step of the former sub-strategy, i.e. recognition of the alternative formulations to each theory of classical physics involved in QM's birth; *iii*) the recognition of the basic features of the wanted alternative formulation of QM (however, the reformulation, planned by the first sub-strategy, of the historical path leading from classical physics to the alternative formulation of QM is at present an unsolved problem); *iv*) no scholar has by ingenuity suggested a complete formulation of QM based on PI&PO; *v*) many partial results concerning the second sub-strategy, i.e. the foundational relevance of Einstein's first theory on the existence of quanta, Heisenberg's matrix mechanics (the first formulation of QM), Weyl's group theory formulation of QM, plus two other formulations (Jordan's and Bub's); all together these formulations represent a close approximation to the wanted formulation of QM relying on the two alternative choices; which nevertheless has not still been discovered.

However, all the above facts show that the four basic choices of the two dichotomies catch the novelty of QM and moreover that the two dichotomies have been perceived by some prominent scientists. Hence, the above-illustrated foundations of physics are constitutive of the evolution of modern physics and can appropriately tackle the problem of suggesting an alternative formulation to the DvN.

By the way, all these results have suggested a more detailed interpretation of the history of both classical physics and the births of the two main theories of modern physics. This interpretation corresponds to a pluralist point of view, which is a novelty in the historiography of Physics.

References

- Beller M. (1983). “Matrix Theory Before Schrodinger: Philosophy, Problems, Consequences”. *Isis*, 74, pp. 469-491.
- Bellini E., Drago A., Mauriello G. (2007). *Ricostruzione della meccanica di Lazare Carnot come alternativa fondazionale alla meccanica newtoniana*, in Leone M., Preziosi B., Robotti N. (a cura di), *L'eredità di Fermi, Majorana ed altri temi*. Napoli: Bibliopolis.
- Billinge H. (1997). “A constructive formulation of Gleason’s Theorem”, *Journal of Philosophical Logic*, 26, pp. 661-670.
- Birkhoff G., von Neumann J. (1936). “The logic of quantum mechanics”, *Annals of Mathematics*, 37, pp. 823-843.
- Bub J. (2005). “Quantum Mechanics is about Quantum Information”. *Foundations of Physics*, 35, pp. 541-560.
- Callen H. (1974). “Thermodynamics as a science of symmetry”. *Foundations of Physics*, 4, pp. 423-443.
- Carnot L. (1783). *Essai sur les Machines en général*. Dijon: Defay.
- Carnot L. (1803). *Principes fondamentaux de l'équilibre et du mouvement*. Paris: Deterville.
- Carnot S. (1824). *Refléxions sur la puissance motrice du feu*. Paris: Blanchard.
- Da Costa, N., Doria F.A. (1991). “Undecidability and Incompleteness in Classical Mechanics”. *International Journal of Theoretical Physics*, 30, pp. 1041-1073.
- Darrigol O. (1992). *From c-Numbers to q-Numbers*. Berkeley: University of California Press.
- Donini E. et al. (a cura di) (1977). *Matematica e fisica, struttura e ideologia*. Bari: De Donato.
- Drago A. (1982). “Carathéodory’s thermodynamics and Constructive Mathematics”. *Lettere al Nuovo Cimento*, 34, pp. 52-56.
- Drago A. (1986). *Relevance of Constructive Mathematics to Theoretical Physics*, in Agazzi E. et al. (a cura di), *Logica e Filosofia della Scienza, oggi*, vol. II. Bologna: CLUEB.
- Drago A. (1988). *A characterization of Newtonian paradigm*, in Scheurer P.B., Debrock G. (eds.), *Newton’s Scientific and Philosophical Legacy*. Dordrecht: Kluwer.
- Drago A. (1991a). *Alle origini della meccanica quantistica: le sue opzioni fondamentali*, in Cattaneo G., Rossi A. (a cura di), *I fondamenti della meccanica quantistica. Analisi storica e problemi aperti*. Cosenza: Editel.
- Drago A. (1991b). *The alternative content of Thermodynamics: Constructive Mathematics and problematic organization of the theory*, in Martinas K., Ropolyi L., Szegedi

- P. (eds.), *Thermodynamics: History and Philosophy. Facts, Trend, Debates*. Singapore: World Scientific.
- Drago A. (1994). *Interpretazione delle frasi caratteristiche di Koyré e loro estensione alla storia della fisica dell'Ottocento*, in Vinti C. (a cura di), *Alexandre Koyré. L'avventura intellettuale*. Napoli: ESI.
- Drago A. (1996). *Una caratterizzazione del contrasto tra simmetrie ed equazioni differenziali*, in Rossi A. (a cura di), *Atti del XIV e XV Congresso Nazionale di Storia della Fisica*. Lecce: Conte.
- Drago A. (2000). *Which kind of mathematics for quantum mechanics? The relevance of H. Weyl's program of research*, in Garola A., Rossi A. (eds.), *Foundations of Quantum Mechanics. Historical Analysis and Open Questions*. Singapore: World Scientific.
- Drago A. (2001). *The birth of an alternative mechanics: Leibniz' principle of sufficient reason*, in Poser H. et al. (eds.), *VII Internationaler Leibniz-Kongress. Nihil Sine Ratione*, vol. I. Berlin: Institut für Philosophie.
- Drago A. (2002). "Lo sviluppo storico della meccanica quantistica visto attraverso i concetti fondamentali della fisica". *Giornale di Fisica*, 43, pp. 143-167.
- Drago A. (2003). *Volta and the strange history of electromagnetism*, in Bevilacqua F., Giannetto E.A. (eds.), *Volta and the history of electricity*. Milano: Hoepli.
- Drago A. (2004). "A new appraisal of old formulations of mechanics". *American Journal of Physics*, 72 (3), pp. 407-409.
- Drago A. (2012). *Pluralism in Logic: The Square of Opposition, Leibniz' Principle of Sufficient Reason and Markov's principle*, in Béziau J.-Y., Jacquette D. (eds.), *Around and beyond the Square of Opposition*. Basel: Birkhauser.
- Drago A. (2013). *The emergence of two options from Einstein's first paper on quanta*, in Pisano R., Capocchi D., Lukesova A. (eds.), *Physics, Astronomy and Engineering. Critical Problems in the History of Science and Society*. Siauliai: Scientia Socialis.
- Drago A. (2014). "A rational reconstruction of the history of the kinetic theory of gases as founded on Leibniz-Carnot's formulation of mechanics". *Atti della Fondazione Ronchi*, 69, pp. 365-387.
- Drago A. (2016a). *On the various historical accounts on statistical mechanics*, in Tucci P. (ed.), *Atti del XXXIV Convegno annuale della SISFA* (Firenze, September 10-13, 2014). Pavia: Pavia University Press.
- Drago A. (2016b). *Three quantum mechanics' formulations which share the alternative fundamental choices*, in Esposito S. (ed.), *Atti del XXXV Convegno annuale della SISFA* (Arezzo, September 16-19, 2015). Pavia: Pavia University Press.
- Drago A. (2016c). *A dozen formulations of quantum mechanics: a mutual comparison according to several criteria*, in Tucci P. (ed.), *Atti del XXXIV Convegno annuale della SISFA* (Firenze, September 10-13, 2014). Pavia: Pavia University Press.
- Drago A., Pirolo A. (1995). *Quantum mechanics reformulated by means of symmetries*, in Garola C., Rossi A. (eds.), *The Foundations of Quantum mechanics*. Dordrecht: Kluwer.
- Drago A., Pisano R. (2000). "Interpretazione e ricostruzione delle *Réflexions* di Sadi Carnot mediante la logica non classica". *Giornale di Fisica*, 41, pp. 195-215.

- Drago A., Pisano R. (2013). *The modern thermodynamics as based on the principle of virtual work*, in Pisano R., Capecchi D., Lukesova A. (eds.), *Physics, Astronomy and Engineering. Critical Problems in the History of Science and Society*. Siauliai: Scientia Socialis.
- Drago A., Venezia A. (2002). *A proposal for a new approach to Quantum Logic*, in Mataix C., Rivadulla A. (eds.), *Fisica Cuantica y Realidad*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Einstein A. (1902). “Kinetische Theorie des Waermegleichgewichtes und des zweiten Hauptsatz der Thermodynamik”. *Annalen der Physik*, 9, pp. 417-433.
- Einstein A. (1903). “Eine Theorie der Grundlagen der Thermodynamik”. *Annalen der Physik*, 11, pp. 170-187.
- Einstein A. (1904). “Zur allgemeinen Molekularen Theorie der Wärme”. *Annalen der Physik*, 14, pp. 354-362.
- Einstein A. (1905a). Letter to Conrad Habicht, April 14th, in Einstein A. (1993), *Collected Papers*, vol. 5, document 27. Princeton: Princeton University Press.
- Einstein A. (1905b). “Zur Elektrodynamik Bewegter Körper”. *Annalen der Physik*, 17, pp. 891-921.
- Einstein A. (1905c). “Über einen die Erzeugung der Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt”. *Annalen der Physik*, 17, pp. 132-148.
- Jordan F. (1985). *Quantum Mechanics in Simple Matrix Form*. New York: Wiley & Sons.
- Mach E. (1893), *The Science of Mechanics*. La Salle: Open Court.
- Peliti L., Rechtman R. (2017). *Einstein’s approach to Statistical Mechanics*, in Esposito S. (ed.), *Atti del XXXVI Convegno annuale della SISFA* (Naples, October 4-7, 2016). Pavia: Pavia University Press.
- Pour-El M.B., Richards J. (1989). *Computability in Analysis and Physics*. Berlin: Springer.
- Rossi B.B. (1957). *Optics*. Reading: Addison-Wesley.
- Sánchez del Rio C. (1991). “Formulaciòn algebraica del electromagnetismo”. *Revista Espanola de Fisica*, 5 (3), pp. 31-33.
- Scarpa F.M. (2002). “Lazare Carnot e la Relatività ristretta”. *Giornale di Fisica*, 43, pp. 205-212.
- Weyl H. (1930). *The Theory of Groups and Quantum Mechanics*. New York: Dover.
- Zahar E. (1989). *Einstein’s revolution. A study on Heuristic*. La Salle: Open Court.

Particle tracks in a cloud chamber: the Mott's conjecture (1929)

Rodolfo Figari - Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini", Università di Napoli "Federico II"; I.N.F.N. Sezione di Napoli - figari@na.infn.it

Abstract: Since the very early days of quantum mechanics, questions and theoretical proposals concerning the observed tracks left by atoms or sub-atomic particles in a cloud chamber produced a lively debate. In fact, tracks are interpreted as macroscopic footprints of the passage of a quantum particle but are perfectly described as trajectories of a classical particle in a classical magnetic field. In an almost unnoticed paper written at the end of the twenties, Mott investigated, in perturbation theory, the Schrödinger evolution of a particle emitted by a radioactive source inside a simplified quantum environment. He was able to prove that successive ionizations of atoms of the environment are more likely if atoms lie on the same line containing the radioactive source. His line of reasoning did not make use of any reduction of the particle wave packet due to the interaction with a measurement apparatus. I will summarize recent attempts to analyze the problem in terms of the so-called environment induced decoherence.

Keywords: Cloud chamber, wave packet reduction, decoherence.

1. Introduction

The distinguished English physicist Sir Nevill Francis Mott (Leeds, 30 September 1905-Milton Keynes, 8 August 1996) won the Nobel Prize in Physics in 1977 for his work on the metal-non-metal transition and, more generally, on the electronic structure of disordered systems. He shared the award with P.W. Anderson and J.H. van Vleck. For further details of his biography one can consult Pippard's biographical memoir (Pippard 1998), which is a mine of information about Mott's intense scientific life.

His third scientific article (Mott 1929) was published in the Proceedings of the Royal Society in 1929 at a time when he was a young Lecturer at the University of Manchester. Mott wrote it at the dawn of Quantum Theory aiming at clarifying the meaning of wave-particle duality and the role of the measurement process in the atomic and sub-atomic systems dynamics. The paper remained little known inside the Physics community, as Pippard indirectly confirms mentioning it, mainly because "the paper was considered sufficiently original to be included in a rather recent collection devoted to the quantum theory of measurement (Pippard 1998, p. 322).¹ In fact, Mott's

¹ Pippard refers to (Wheeler, Zurek 1983).

contribution should be considered the earliest innovative attempt to lay the foundations of the theory of environment-induced decoherence, i.e., the dynamical mechanism responsible for the transition to a classical behavior of a quantum particle as a consequence of its interaction with the environment.

In this short note, I will try to sketch few noteworthy aspects of the controversy about the theoretical explanation of the tracks observed in a cloud chamber. The debate went on between the Fifth Solvay Conference, held in October 1927, and the year 1932 when the “Copenhagen” formulation of Quantum Mechanics was given its final form by von Neumann. For more detailed studies on historical and technical perspectives of the subject see (Figari, Teta 2012, 2014; Dell’Antonio *et al.* 2015).



Fig. 1. Particle tracks in a Wilson’s cloud chamber

2. The Cloud Chamber

The first tracking chamber, fit for the purpose to detect tracks of sub-atomic particles, was invented and put in operation in 1911 by C.T.R. Wilson.² In his own words,

In the first years of the XX century [...] ideas on the corpuscular nature of alpha and beta rays had become much more definite, and I had in view the possibility that the track of an ionizing particle might be made visible and photographed by condensing water on the ions which it liberated (Wilson 1927).

In order to track the ionizing radiation, Wilson utilized a cavity containing a mixture of air and water vapor brought into a super-saturated state by a rapid expansion lowering its temperature. The α -particles were released by a radioactive source inside the chamber and induced ionization of the vapor molecules that, in turn, operated as condensation nuclei for the formation of drops of water. The sequence of drops was instantly photographed, making visible the α -ray trajectories. There was no doubt about the interpretation of the tracks as trajectories of the α -particles. In fact, they were accurately described as trajectories of a charged classical particle in a classical electromagnetic field.

² For details on the Wilson’s experimental apparatus see (Leone, Robotti 2004).

For the astonishing clarity of the experimental outputs, Ernest Rutherford described the Wilson's cloud chamber as the most original and wonderful instrument in scientific history.

Elaborated in the years 1925-1927, the standard formulation of Quantum Mechanics appeared to be in open contrast with the classical description of the tracks outlined above. Considered the difficulties of the old Quantum Theory to connect the frequencies emitted by atoms with the revolution period of any supposed electronic orbit, Heisenberg sought to formulate a theory avoiding the concept of electron orbit, a concept "which I had expressly forbidden myself" (Heisenberg 1983). He succeeded in this task in a way that disoriented also his co-workers: "After my return to Gottingen I showed the paper to Born, who found it interesting but somewhat disconcerting, inasmuch as the concept of electron pathways was totally eliminated" (Heisenberg 1983).

Heisenberg, Born and Jordan finally formulated Matrix Mechanics characterized by an explicit refusal to consider of any relevance classical kinematic concepts like position, velocity or trajectory in order to describe the atomic structure. The main reason for this conclusion is that position and velocity are quantities that can barely be observed at atomic level, whereas a proper physical theory should always rely on observable quantities.

Following a totally different line of thought, Schrödinger found out that it was possible to maintain a space-time description at the expense of describing microscopic objects as waves instead of point particles. The theory he formulated took the name Wave Mechanics. On the basis of the analogy between Optics and Mechanics, Schrödinger was able to derive the evolution equation for the wave $\psi(x,t)$. Moreover, he proposed a first physical interpretation of $e|\psi(x,t)|^2$ as the charge density at the point x and time t of the electron with total charge e , but the proposal was rapidly rejected due to the fact that, in general, the solutions of the evolution equation spread in space as time goes by.

The finally accepted interpretation was given by Born (1926). According to his proposal, $|\psi(x,t)|^2$ is interpreted as the probability density to find the object in x at time t . After Born, Quantum Mechanics has been accepted as a theory that can only provide probabilistic predictions (of the position or of any other observable relative to a microscopic object).

Bohr attempted to harmonize Wave and Matrix Mechanics in a unified and consistent description of atomic phenomena. The occasions were the lecture delivered at the congress in Como, on September 1927 (Bohr 1927), and the general discussion in the subsequent Fifth Solvay Conference in Brussels (Bacciagaluppi, Valentini 2009). Bohr's approach soon became the core of the so-called Copenhagen or standard interpretation of Quantum Mechanics.

It is worth mentioning here the crucial role played in the standard interpretation by the act of measurement.

- A measurement apparatus must be considered as a classical object.
- The result of a measurement is the determination of one of the possible complementary properties of the quantum system.

- The property (which is incorrect to be thought as pre-existing) is produced only as the result of the interaction with the classical apparatus. The instantaneous change of the system state in the measurement process is denoted as wave packet reduction (or collapse).

The axiomatic formulation of the measurement process described above is the most controversial aspect of the Copenhagen interpretation. It has raised a long debate that still continues.

Few points open to question are worth mentioning. First, it is not explained why the experimental device, despite being made of atoms, should behave as a classical object. Moreover, it is not clear where the borderline between the measurement apparatus (characterized by a classical behavior) and the system (characterized by a quantum behavior) should be put. The problem is usually solved pragmatically in each specific situation but, at a conceptual level, the ambiguity remains. Finally, one has to renounce to the universality of the dynamical law. In 1932 von Neumann formalized this last feature of the theory postulating two different kinds of evolution for the system: a genuine quantum evolution governed by the Schrödinger equation when the system is not measured and a sudden stochastic evolution corresponding to the wave packet reduction when the system is measured.

3. The debate on the tracks in a cloud chamber

According to the first theoretical analysis of the radioactive decay given by Gamow (1928), the emitted α -particle must be described by a wave function having the form of a spherical wave, with center in the radioactive nucleus and isotropically propagating in space. In fact, the initial isotropy is also suggested by the isotropy in the experimental output (see Fig. 1). Therefore, the non-trivial problem arises as to how such an initial spherically symmetric wave packet can produce the observed classical trajectories.

The theoretical explanation of the observed tracks in a cloud chamber was already approached by Born in 1927 during the general discussion at the Solvay Conference. In his words:

Mr. Einstein has considered the following problem: A radioactive sample emits α -particles in all directions; these are made visible by the method of the Wilson cloud chamber. Now, if one associates a spherical wave with each emission process, how can one understand that the track of each α -particle appears as a (very nearly) straight line? In other words: how can the corpuscular character of the phenomenon be reconciled here with the representation by waves? (Bacciagaluppi, Valentini 2009, pp. 147-149).

According to Born, the explanation has to be connected to the “reduction of the probability packet”. The effect of each vapor atom ionization in the chamber is described as follows:

As soon as such ionization is shown by the appearance of cloud droplets, in order to describe what happens afterwards one must reduce the wave packet in the immediate vicinity of the drops. One thus obtains a wave packet in the form of a ray, which corresponds to the corpuscular character of the phenomenon” (Bacciagaluppi, Valentini 2009).

According to this point of view, the interaction of the quantum system (the α -particle) with a classical measurement apparatus (the atoms of the vapor) produces “reduction” of the spherical wave to a wave packet with definite position and momentum.

Heisenberg considered the cloud chamber problem in his lectures at the University of Chicago in 1929 (Heisenberg 1930). Through an exhaustive qualitative investigation of the problem made according to the standard interpretation of Quantum Mechanics, he reached the same conclusions as Born. For many years, his analysis of the phenomenon has been considered the most convincing and clear solution to the problem of the tracks in a cloud chamber by the majority of the Physics community.

In 1929 C.G. Darwin addressed a problem of collision between quantum particles, fully inside the framework of Wave Mechanics, with the aim to “take a problem which would be regarded at first sight as irreconcilable with a pure wave theory, but thoroughly typical of the behavior of particles, and show how in fact the correct result arises naturally from the consideration of waves alone” (Darwin 1929). He emphasizes that if a quantum particle in interaction with the large number of quantum particles making up a macroscopic environment (e.g. a measurement apparatus) is considered, one has to take into account that the wave function of the entire system is not a wave in ordinary three dimensional space but rather it is a function of the coordinates of all the particles.

According to this point of view, when addressing the problem of the evolution of an α -particle in the cloud chamber, one should consider that the wave function ψ is a function of the coordinates of the α -particle and of the coordinates of the atoms in the chamber. In particular, before the first collision, it is a product of the spherical wave for the α -particle times a set of stationary (in general ground) states for the atoms. “But the first collision changes this product into a function in which the two types of coordinates are inextricably mixed, and every subsequent collision makes it worse” (Darwin 1929).

Such complicated function contains a phase factor and “without in the least seeing the details, it looks quite natural to expect that this phase factor will have some special character, such as vanishing, when the various co-ordinates satisfy a condition of collinearity” (Darwin 1929). He concludes: “So without pretending to have mastered the details, we can understand how it is possible that the ψ function, so to speak, not to know in what direction the track is to be, but yet to insist that it should be a straight line” (Darwin 1929).

4. Mott’s paper

In his seminal paper of 1929, Mott concretely realized the program enunciated by Darwin. In the introduction, Mott recognizes to have been inspired by Darwin’s paper

in his attempt to explain the typical particle-like properties of an α -particle in a cloud chamber using only Wave Mechanics. He admits that such a point of view seems at first sight counterintuitive, since “it is a little difficult to picture how it is that an outgoing spherical wave can produce a straight track; we think intuitively that it should ionize atoms at random throughout space” (Mott 1929). Like Heisenberg, Mott points out that the crucial point is to establish the frontier between the system under consideration and the measuring apparatus. He points out that there are two possible approaches: either one considers the α -particle as the quantum system under consideration (and the gas of the chamber as the measuring device) or one chooses to investigate the quantum system consisting of the α -particle and of the atoms of the gas. Mott proceeds toward a detailed analysis of the problem following closely the latter approach.

He claims that the intuitive difficulty mentioned above can be overcome since it arises from our erroneous “tendency to picture the wave as existing in ordinary three dimensional space, whereas we are really dealing with wave functions in multispace formed by the co-ordinates both of the α -particle and of every atom in the Wilson chamber” (Mott 1929).

The model considered by Mott consists of the α -particle, initially described by a spherical wave centered at the origin, and the electrons of two hydrogen atoms initially in their ground states. The main result of the paper can be summarized in the following statement: the two hydrogen atoms have negligible probability to be both excited unless the atoms and the radioactive source lie on the same straight line. The result, obtained only analyzing the Schrödinger dynamics of the entire system and without having any recourse to wave packet reduction, implies that only straight tracks have non zero probability to be observed in the cloud chamber camera.

From an historical point of view, it would be interesting to investigate the reasons why the line of research initiated by Mott was not further developed and remained almost neglected for many years. One reason could be the influence and the authority of the position expressed by Born and Heisenberg. The consequence has been to discourage the new approach to the problem, with the motivation that it was ineffectively more complicated without giving real advantages from the conceptual point of view.

The astonishing experimental progresses made in the last decades of previous century made possible a detailed examination of the classical/quantum border. Those progresses have fostered new theoretical investigations on the interaction between a quantum system and a quantum environment and on the quantum to classical transition. A general feature characterizing all these investigations is the attempt to avoid the use of any form of wave packet reduction.

References

- Bacciagaluppi G., Valentini A. (2009). *Quantum Theory at the Crossroads: Reconsidering the 1927 Solvay Conference*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Born M. (1926). “Zur Quantenmechanik der Stossvorgänge”. *Zeitschrift für Physik*, 37, pp. 863-867.
- Bohr N. (1928). “The quantum postulate and the recent development of atomic theory”. *Nature*, 121, pp. 580-590.
- Darwin C.G. (1929). “A collision problem in the wave mechanics”. *Proceedings of the Royal Society of London*, A 124, pp. 375-394.
- Dell’Antonio G.F., Figari R., Teta A. (2015). *Classical-Like Trajectories of a Quantum Particle in a Cloud Chamber*, in Blanchard Ph. and Frölich J. (eds.), *The Message of Quantum Science – Attempts Toward a Synthesis*. Heidelberg: Springer (Lecture Notes in Physics, n. 899).
- Figari R., Teta A. (2012). “Emergence of classical trajectories in quantum systems: the cloud chamber problem in the analysis of Mott (1929)”. *Archives for the History of Exact Sciences*, 67, pp. 215-234.
- Figari R., Teta A. (2014). *Quantum Dynamics of a Particle in a Tracking Chamber*. Heidelberg: Springer.
- Gamow G. (1928). “Zur Quantentheorie des Atomkernes”. *Zeitschrift für Physik*, 51, pp. 204-212.
- Heisenberg W. (1930). *The Physical Principles of the Quantum Theory*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Heisenberg W. (1983). *Encounters with Einstein and Other Essays on People, Places, and Particles*. Princeton: Princeton University Press.
- Mott N. F. (1929). “The wave Mechanics of α -Ray Tracks”. *Proceedings of the Royal Society of London*, A 126, pp. 79-84.
- Leone M., Robotti N. (2004). “A note on the Wilson cloud chamber (1912)”. *European Journal of Physics*, 25, pp. 781-791.
- Pippard B. (1998). “Sir Nevill Francis Mott, C.H. 30 September 1905-8 August 1996”. *Biographical Memoirs of the Fellows of the Royal Society*, 44, pp. 315-328.
- Von Neumann J. (1932). *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Berlin: Springer.
- Wheeler J.A., Zurek W.H. (eds.) (1983). *Quantum Theory and Measurement*. Princeton: Princeton Legacy Library.

Einstein's approach to Statistical Mechanics

Luca Peliti - Simons Center for Systems Biology, Institute for Advanced Study,
Princeton NJ (USA) - luca@peliti.org

Raúl Rechtman - Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional
Autónoma de México, Temixco, Morelos (México) - rrs@ier.unam.mx

Abstract: We summarize the papers published by Einstein in the *Annalen der Physik* in the years 1902-1904 on the derivation of the properties of thermal equilibrium on the basis of the mechanical equations of motion and of the calculus of probabilities. We point out the line of thought that led Einstein to an especially economical foundation of the discipline, and to focus on fluctuations of the energy as a possible tool for establishing the validity of this foundation. We also sketch a comparison of Einstein's approach with that of Gibbs, suggesting that although they obtained similar results, they had different motivations and interpreted them in very different ways.

Keywords: Foundations of statistical mechanics, ensemble theory, thermodynamics, fluctuations, Einstein.

1. Introduction

In June 1902, having just been accepted as Technical Assistant level III at the Federal Patent Office in Bern, Albert Einstein submitted to *Annalen der Physik* a manuscript entitled “Kinetic Theory of Thermal Equilibrium and of the Second Law of Thermodynamics” (Einstein 1902). It turned out to be the first of a series of papers on closely related subjects, one each year (Einstein 1903, 1904), acting almost as a prelude to his *annus mirabilis* production which revolutionized physics and soundly established Einstein's fame. In these papers, following the steps of Maxwell and Boltzmann, Einstein attempts “to derive the laws of thermal equilibrium and the second law of thermodynamics using only the equations of mechanics and the probability calculus”.¹

In spite of their importance, the 1902-1904 papers have received comparatively little attention. One of the reasons was the publication in 1902 of Gibbs' treatise (1902). This book is considered, especially since the publication of the influential book by R.C. Tolman (1938), as the founding text of the discipline. Einstein himself contributed to the neglect of the 1902-1904 papers. In his scientific autobiography Einstein remarks in fact:

¹ Einstein's papers and their translations are available on the Princeton University Press site [PUP].

Not acquainted with the earlier investigations by Boltzmann and Gibbs, which had appeared earlier and actually exhausted the subject, I developed the statistical mechanics and molecular-kinetic theory of thermodynamics which was based on the former. My major aim in this was to find facts which would guarantee as much as possible the existence of atoms of definite size (Einstein 1949, p. 47).

The last sentence of this quotation highlights the different attitude of Einstein with respect to Gibbs. Einstein aims at using the statistical approach to establish the reality of atoms, while Gibbs aims at a rational foundation of thermodynamics, and consequently focuses on the regularities which emerge in systems with many degrees of freedom. This is exhibited by the different attitude of the two scientists with respect to the equation which relates the size of energy fluctuations with the specific heat: while Gibbs stresses that it intimates the non-observability of such fluctuations, Einstein immediately looks for a case in which they could become observable. He is thus led to consider black-body radiation as such a case. In pursuing this line of research Einstein found an unexpected result, that pointed at an inconsistency between the current understanding of the processes of light emission and absorption and the statistical approach. To resolve this inconsistency, in the first paper of his *annus mirabilis* (Einstein 1905), he renounced the detailed picture of light emission and absorption provided by Maxwell's equations, maintaining his statistical approach, in particular the statistical interpretation of entropy. He introduced therefore the concept of light quanta, presented as a "heuristic point of view".

2. The papers

2.1. The 1902-1903 papers

The first two papers (Einstein 1902, 1903) have a very similar structure. The second paper aims to widen the scope of the first, by attempting to consider "general" dynamical systems and irreversible processes. We shall follow the first paper, and we shall then briefly review the points in which the second paper differs. We adapt Einstein's discussion to modern notation.

Einstein begins by considering a general physical system as represented by a mechanical system with many coordinates $q = (q_1, \dots, q_n)$ and the corresponding momenta $p = (p_1, \dots, p_n)$, obeying the canonical equations of motion with a time-independent Hamiltonian that is the sum of a potential energy (function of the q 's alone) and of a kinetic energy that is a quadratic function of the p 's, whose coefficients are arbitrary functions of the q 's (and is implicitly supposed to be positive definite). Following Gibbs, we shall call the p 's and q 's collectively as the phase variables, and the space they span the phase space. Einstein then considers a very large number N of such systems, with the same Hamiltonian, whose energies E lie between two very close

values \bar{E} and $\bar{E} + \delta E$. He then looks for the stationary distribution of these systems in phase space.

Here Einstein introduces a strong mechanical hypothesis by assuming that, apart from the energy, there is no other function defined on the phase space that is constant in time. He argues that this condition is equivalent to the requirement that the stationary distribution of the systems in phase space depends only on the value of the energy. He then shows that Liouville's theorem implies that the local density of systems in phase space is constant in time and therefore, by the mentioned hypothesis, must be a function of the energy alone. Since the energies of all N systems are infinitely close to one another, this density must be uniform on the region of phase space defined by the corresponding value of the Hamiltonian. In this way Einstein has defined what is now called the microcanonical ensemble.

To derive the canonical ensemble, Einstein considers the equilibrium between a system S and a system Σ considerably larger. By introducing a clever trick, he is able to show that if the energy of the total system $S \cup \Sigma$ is fixed and equal to E_t , the probability that the system S is found in a small region g of its phase space in which its energy is equal to E is given by

$$P = \text{const. } e^{-\beta E} dp dq,$$

where $dp dq = \prod_{i=1}^n dp_i dq_i$ is the phase-space volume of g and β is a positive quantity given by

$$\beta = \frac{\omega'(E_t)}{\omega(E_t)},$$

where $\omega(E_t)$ is the volume of the phase space available to the larger system Σ when its energy lies between E_t and $E_t + \delta E$. This derivation is close to one which is most popular nowadays, but should be contrasted with Gibbs' approach, who introduces the canonical distribution axiomatically, as the simplest one which allows physically independent systems to be also statistically independent.

By applying these relations to the case of a system with quadratic Hamiltonian, Einstein then easily derives the equipartition theorem, which allows him to interpret the quantity β in terms of the absolute temperature: $1/\beta = k_B T$, where k_B is a universal constant (that we now call Boltzmann's constant). Having found the relation between β and the temperature, Einstein proceeds to the derivation of the second law of thermodynamics, which he here limits to the statement of the integrability of heat divided by the absolute temperature. He considers a system with externally applied forces. These forces are split into ones derived from a potential depending on the system's coordinates, and others that allow for heat transfer. The first ones are assumed to vary slowly with time, while the second ones change very rapidly. The infinitesimal heat δQ is defined as the work of the second type of forces. Then a reversible transformation is one in which the system is led from an equilibrium state with given

values of β and of the volume V to one with the values $\beta + \delta\beta$ and $V + \delta V$. Here Einstein tacitly assumes that the time average of the relevant quantities in a slow transformation can be obtained by averaging the same quantity over the distribution of the N systems in phase space. He thus finds

$$\frac{\delta Q}{T} = d \left(\frac{\langle E \rangle - F}{T} \right),$$

where $\langle E \rangle$ is the average total energy of the system, and F is a constant introduced so that the distribution $P(p, q) = e^{-\beta E(p, q) - F}$ is normalized. Einstein remarks that this expression contains the total energy, and is independent of its splitting into kinetic and potential terms. One can readily integrate this expression, obtaining an explicit form of the entropy S :

$$S = \frac{\langle E \rangle - F}{T} = \frac{\langle E \rangle}{T} + k_B \log \int e^{-\beta E(p, q)} dpdq + \text{const.}$$

In the 1903 paper, Einstein reconsiders the problem within a more general framework of a dynamic system whose state is identified by a collection p of variables satisfying a system of first-order equations of motion, which allow for just one integral of motion. He even thinks that the conditions leading to Liouville's theorem are redundant (but he apparently realized his error soon after its publication). More importantly, he explicitly identifies the probability of finding the system in a region g as the limit for infinite time of the time fraction spent in the region. In the course of this derivation, Einstein more than once states without proof that the energy of a system described by a canonical distribution never differs markedly from its average, before and after the several steps of the process. Within this approach he is able to obtain a more transparent derivation of the expression of entropy (by considering a system undergoing a succession of adiabatic and isopycnic² infinitely slow transformations) and attempts to derive the non-decreasing property of the entropy in closed systems by relying on the assumption that "always more probable distributions will follow upon improbable ones" (Einstein 1903). This assumption makes his derivation less than satisfactory.

2.2. The 1904 paper

A change of pace is easily noticed already in the first lines of the 1904 paper, entitled "On the general molecular theory of heat". Here he refers to his previous papers, in which he had spoken of the "kinetic theory of heat" as laying the foundations of thermodynamics, by the less specific expression of "molecular theory of heat". The

² Following Boltzmann, Einstein calls "isopycnic" a process in which the system is allowed to exchange energy with a heat reservoir, while the parameters defining its Hamiltonian do not change.

paper contains several results worth mentioning, as announced at the end of the introduction:

First, I derive an expression for the entropy of a system, which is completely analogous to the expression found by Boltzmann for ideal gases and assumed by Planck in his theory of radiation. Then I give a simple derivation of the second law. After that I examine the meaning of a universal constant, which plays an important role in the general molecular theory of heat. I conclude with an application of the theory to black-body radiation, which yields a most interesting relationship between the above-mentioned universal constant, which is determined by the magnitudes of the elementary quanta of matter and electricity, and the order of magnitude of the radiation wave-lengths, without recourse to special hypotheses (Einstein 1904).

Our interest focuses on the last two points. Once Einstein establishes the equipartition theorem following pretty much his previous steps, he uses his available data to estimate the value of k_B . Then, under the title “General meaning of the constant κ ” he discusses the fluctuations of the energy in the canonical ensemble, deriving the relation between the specific heat and the amplitude of energy fluctuations as

$$\langle E^2 \rangle - \langle E \rangle^2 = k_B T^2 \frac{d\langle E \rangle}{dT}.$$

Gibbs had obtained the same expression in (Gibbs 1902, eq. (205), p. 72), but had almost immediately pointed out that these fluctuations were not observable. Characteristically, Einstein instead goes over immediately to look for a system in which these fluctuations could be observed and he finds that the blackbody radiation could provide such a system. It is worth quoting his reasoning:

If the linear dimensions of a space filled with temperature radiation are very large in comparison with the wavelength corresponding to the maximum energy of the radiation at the temperature in question, then the mean energy fluctuation will obviously be very small in comparison with the mean radiation energy of that space. In contrast, if the radiation space is of the same order of magnitude as that wavelength, then the energy fluctuation will be of the same order of magnitude as the energy of the radiation of the radiation space (Einstein 1904).

Einstein can thus evaluate the size of the energy fluctuations from the relation above and from the Stefan-Boltzmann law, and obtains an estimate of the size λ of a cavity in which the root-mean-square of the energy fluctuation is comparable with the total energy. This quantity compares well with the wavelength λ_{\max} corresponding to the peak of Planck’s radiation law. His attention is thus drawn to a more detailed study of the black-body radiation problem. However, in the following months, trying to explicitly apply his theory to that system, he will encounter a paradox, which he will brilliantly overcome by renouncing the classical picture of the emission and absorption of light, based on Maxwell’s equations, and by introducing the concept of the light quanta (Einstein 1905).

The importance of this development has been stressed by Kuhn (1978, p. 171), when he states that

What brought Einstein to the blackbody problem in 1904 and to Planck in 1906 was the coherent development of a research program begun in 1902, a program so nearly independent of Planck's that it would almost certainly have led to the blackbody law even if Planck had never lived.

3. Einstein vs. Gibbs

One usually takes for granted that the research projects pursued by Einstein in these three papers, and by Gibbs in his book (Gibbs 1902) were equivalent, and that the more mathematically refined argumentation contained in the latter made Einstein's approach redundant. A closer scrutiny shows however fundamental differences in their approaches, and makes Einstein's approach more attractive to present-day physicists. Gibbs program focuses in understanding the properties of *ensembles* of mechanical systems, i.e., of systems whose dynamical equations are given, but whose initial conditions are only given in a probability distribution. He gives this discipline the name of "statistical mechanics". He stresses that its relevance goes beyond establishing a foundation of thermodynamics:

But although, as a matter of history, statistical mechanics owes its origin to investigations in thermodynamics, it seems eminently worthy of an independent development, both on account of the elegance and simplicity of its principles, and because it yields new results and places old truths in a new light in departments quite outside of thermodynamics. (Gibbs 1902, Preface, p. viii)

On the other hand, according to Gibbs, our ignorance of the basic constitution of material bodies make unreliable our inferences based on supposed models of matter, even when derived by the methods of statistical mechanics:

In the present state of science, it seems hardly possible to frame a dynamic theory of molecular action which shall embrace the phenomena of thermodynamics, of radiation, and of the electrical manifestations which accompany the union of atoms. [...] Difficulties of this kind have deterred the author from attempting to explain the mysteries of nature, and have forced him to be contented with the more modest aim of deducing some of the more obvious propositions relating to the statistical branch of mechanics. Here, there can be no mistake in regard to the agreement of the hypotheses with the facts of nature, for nothing is assumed in that respect. The only error into which one can fall, is the want of agreement between the premises and the conclusions, and this, with care, one may hope, in the main, to avoid. (Gibbs 1902, Preface, pp. ix-x)

In Gibbs' approach, the probability distribution is a *datum* of the problem, while in Einstein's one it is one of the unknowns. The greatest difference is that Gibbs starts

from the equal a priori probability postulate, while for Einstein what is important is to evaluate time averages and these are replaced by phase space averages through an ergodic hypothesis. Thus Gibbs is allowed to introduce the canonical distribution *a priori*, as an especially simple one, endowed with interesting properties, in particular because it factorizes when one considers the collection of two or more mechanically independent systems (Gibbs 1902, p. 33). On the contrary, for Einstein, the canonical distribution is the distribution which describes the mechanical state of a system in contact with a thermal reservoir at a given temperature, while the “simplest” distribution is rather the microcanonical, which represents the state of an isolated system at equilibrium. And the former is derived from the latter.

Even more strikingly, in Einstein’s hands, deviations from the expected behavior become a tool for the investigation of the microscopic dynamics. This difference in attitude was already highlighted above, in the discussion of energy fluctuations, but the clearest example is the 1905 paper on light emission and absorption (Einstein 1905), where he brackets the contemporary models of light absorption and propagation, but maintains the statistical interpretation of entropy. He then evaluates the radiation entropy from the empirical distribution law and interprets it in terms of the statistical approach as describing the coexistence of point-like particles in a given volume.

4. Summary

We presented Einstein’s approach to statistical mechanics in contrast to the one taken by Gibbs. The results are equivalent since both are based on Boltzmann’s contributions. Gibbs’ starting point is the equal a priori probability hypothesis in phase space that leads to the microcanonical probability density for an ensemble. Einstein, on the other hand, starts by stating that what is important is the evaluation of time averages of appropriate quantities. These can be replaced by averages of the same quantities over an unknown density function over the phase space, with the help of an ergodic hypothesis. Einstein introduces the assumption that the energy is the only conserved quantity to play the role of the ergodic hypothesis. Using this assumption and Liouville’s theorem, Einstein shows that the unknown density function mentioned before must be constant on the energy shell, that is it must be the microcanonical distribution. From there, the interpretation of the canonical distribution is different: for Gibbs, it is the simplest distribution, in which physically independent systems are also statistically independent, while for Einstein it is the distribution which describes the state of a system in contact with a reservoir. Thus the index of the canonical distribution (as defined by Gibbs) is “analogous” to the temperature for Gibbs, but can be “identified” with the temperature for Einstein. It is also interesting to remark that in several points Einstein states (without proof) that the distribution of energy values in the canonical ensemble is sharply peaked, and deduces from this some dubious inequalities for the probability density itself. Only in the 1904 paper he explicitly evaluates the size of fluctuations, obtaining a result already derived by Gibbs. But, while Gibbs had stressed the non-observability of energy fluctuations in macroscopic

systems (thus contributing to the “rational foundation of thermodynamics”), Einstein points at the use of fluctuations as a tool for investigating microscopic dynamics.

What interest can a present-day reader find in Einstein’s 1902-1904 papers? We think that they sketch a very neat road map for the introduction of the basic concepts of statistical mechanics, focusing on their heuristic value. One first focuses on isolated systems and identifies the microcanonical ensemble as the equilibrium distribution by means of the thermal equilibrium principle. For this step, Einstein’s reasoning given above, based on the postulate of the absence of integrals of motion beyond the energy, is excellent. Then, one looks at a small part of such an isolated system, and one shows that the corresponding distribution is the canonical one. Finally, one identifies the mechanical expressions of temperature, infinitesimal heat and, by integration, of entropy. All these steps can be tersely traced by following, more or less closely, Einstein’s path. At this point, the focus can be shifted to the evaluation of fluctuations, which allow on the one hand to recover the equivalence of ensembles for large enough systems and, by the same token, to identify situations in which the underlying molecular reality shows up in the behavior of macroscopic systems (like, e.g., in Brownian motion). This road map has been more or less followed by several modern textbooks on statistical mechanics, but we think that it would be fair to stress that it had first been sketched in the papers we described.

A more detailed version of this contribution is being published on *Journal of Statistical Physics* (Peliti, Rechtman 2016).

References

- Gibbs J.W. (1902). *Elementary Principles in Statistical Mechanics, developed with special reference to the rational foundation of thermodynamics*. New York: Charles Scribner’s Sons.
- Einstein A. (1902). “Kinetische Theorie der Wärmegleichgewichtes und des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik”. *Annalen der Physik*, 9, pp. 417-433.
- Einstein A. (1903). “Eine Theorie der Grundlagen der Thermodynamik”. *Annalen der Physik*, 11, pp. 170-187.
- Einstein A. (1904). “Zur allgemeinen molekularen Theorie der Wärme”. *Annalen der Physik*, 14, pp. 354-362.
- Einstein A. (1905). “Über einen der Erzeugung und Verhandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt”. *Annalen der Physik*, 17, pp. 132-148.
- Einstein A. (1949). *Autobiographical Notes*, in Schilpp P.A. (ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*. New York: Library of Living Philosophers.
- Kuhn T.S. (1978). *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity*. Oxford: Oxford University Press.
- Peliti L., Rechtman R. (2016). “Einstein’s Approach to Statistical Mechanics: The 1902-04 Papers”. *Journal of Statistical Physics*. DOI: 10.1007/s10955-016-1615-8. [PUP]. URL: <<http://einsteinpapers.press.princeton.edu>> [access date: 12/29/2016].
- Tolman R.C. (1938). *The Principles of Statistical Mechanics*. Oxford: Clarendon Press.

Federigo Enriques between popularization and scientific criticism

Arcangelo Rossi - Dipartimento di Matematica e Fisica “Ennio De Giorgi”,
Università del Salento, Lecce, Italy - arcangelo.rossi@unisalento.it

Abstract: The voices of mathematics, physics and history of science written by Federigo Enriques (1871-1946) for the *Enciclopedia Italiana*, fully reflect the dynamical and creative character of other writings published by him in Italy and France in the same years. These voices point out the institutional and pedagogical character of those writings, always cultivated by him during his prolonged scientific and civil engagement. Enriques, animated by a precocious “philosophical lyceum infection”, added at least two other elements besides the institutional and popularization ones by pointing to the development of a basic scientific culture and to the promotion of a wider and deeper historical memory.

Keywords: Federigo Enriques, *Enciclopedia Italiana*, popularization and scientific culture in Italy in the early '900.

1. The contribution of Federigo Enriques to the *Enciclopedia Italiana*

Federigo Enriques (1871-1946) was director in the 1930s of the entire mathematical section of the *Enciclopedia Italiana* and wrote several voices for it, not only of mathematics but also of physics and history of science.¹ These contributions reflect the dynamical and creative character of other writings published by him in Italy and France in the same years (Enriques 2004). In fact, Enriques's voices point out the institutional and pedagogical character of those writings, always cultivated by him during his prolonged scientific and civil engagement.

To be true, Enriques, who was animated since his early youth by a precocious “philosophical lyceum infection” (Enriques 1958, p. 6), at least added two other elements, besides the institutional and popularization ones, by pointing to the development of a basic (if not mass) scientific culture and to the promotion of a wider and deeper historical memory. Actually, he was supporter of a new attention to the foundations of sciences, and in particular of physics, by deepening as much as possible their main disciplinary elements and notions, and acquiring their most stable aspects, though anyway historically reviewable, as scientifically approximated to a more and more compulsory scientific truth. In fact, one of the main Enriques's aims was developing the critique of principles, which implied a conceptual deepening of the

¹ During his direction Enriques wrote more than thirty voices.

meaning of mathematical and physical knowledge relatively to the role, range and comprehensibility of mathematical and physical principles and applications. Mainly as a consequence of Enriques's incitements, such critical treatment of mathematical and physical concepts, not limited to peculiar applications but enlarged to the most general ones, became teaching subjects in Italian high schools and universities, to be integrated with more specialized and detailed aspects.

Of particular importance is the voice *Meccanicismo* (Enriques 1934, pp. 663-666), central in the *Enciclopedia* to explain scientific theories as only a consequence of mechanical laws. Significantly, this crucial issue has been critically reconsidered and further developed by G. Israel (1945-2015), eminent mathematician and historian of science, author of the voice *Enriques* (Israel 1993) for the *Dizionario Biografico degli Italiani*, in his last volume (Israel 2015), a sort of intellectual testament. On the other hand, many of Enriques's voices of mathematics, physics and history of science though concerning scientific research subjects, also put in evidence biographic details of more limited amplitude. In fact, his popularization attitude showed itself in the effort of clarifying as more as possible, also in terms of historical placing, the contribution of the scientist biographed, according to his historical and scientific importance.

Therefore, the planning impressed by Enriques before in the volumes of the *Enciclopedia* and, afterwards, limited to Italian scientists, in the *Dizionario Biografico degli Italiani* (at least partially inspired by him), underlined the importance of the scientists biographed in the history of scientific thought and of their possible historical success. In particular, the voice *Castelnuovo* (Enriques 1931, pp. 364-365), discussing the contributions of the illustrious mathematician Guido Castelnuovo (1865-1962), shows the opening to mathematical-physics and realism, which marks the critical epistemology of conventionalism, typical of the Italian algebraic geometry.

Anyway, the function of Enriques's *Enciclopedia* was left in promoting a widespread scientific culture overcoming mere erudition and uncritical popularization through history and philosophy of science. This approach, tending to realize the encyclopedic reflection through the critical epistemology (Enriques 1958), arrived at full maturity in the '30s of the XX century, with Enriques active both in Italy and in France. Actually, Enriques's approach required the development of a historiographical engagement largely dedicated to the study of naturalistic philosophy (not for chance Enriques's voice *Parmenide e la geometria* (Enriques 1935, p. 392) is largely developed as primary expression of the inseparable birth of philosophy and science, enriched by the contribution of the historiographical work steered by the deepest historical-critical enquiry).

Enriques's thirty years of epistemological reflection on the structure of science, combined with his deep historiographical work, effectively contributed in both knowable and didactic forms to create a scientific base (if not of mass) culture through the concrete use of the history and not only of deep epistemological reflections. In this process of formation of a basic scientific culture, the elaboration of the encyclopedic voices availed of such historical-epistemological system, which contributed to their writing. Thus, the function and width of these voices reflect the elaboration of a national culture in terms of science, philosophy and history by pointing out the

universalistic push to such integration in the years of the *Enciclopedia*. This trend to integration, is particularly evident in Enriques's work *The meaning of the history of scientific thought*, a text initially written in French and soon translated into Italian, which shows the strong reciprocal call between historicism and epistemology.

Nonetheless, O. Pompeo Faracovi underlines in the last of her highly clarifying volumes on Enriques (Pompeo Faracovi 2014) that such fundamental contribution was not appreciated then as it deserved, due to the historical hegemony in Italian science and philosophy of idealistic philosophy and of pragmatist and empiricist science, respectively, contrary to Enriques's orientations.

2. Conclusions

Anyway, Enriques's epistemological reflections on the structure of science combined with his deep historiographical work contributed to the development of a scientific basic culture. In particular, Enriques's work for the *Enciclopedia Italiana* gave a significant contribution in terms of scientific popularization and epistemological criticism by promoting a more widespread and deeper scientific culture.

References

- Castellana M. (2014). *Federigo Enriques e la volontà del vero*, in Castellana M., Pompeo Faracovi O. (eds.), *Filosofie scientifiche vecchie e nuove*: Brescia-Lecce: Pensa.
- D'Agostino S., Rossi A. (2001). *Enrico Fermi e l'Enciclopedia Italiana*. Roma: Treccani.
- Enriques F. (1931). *Castelnuovo, Guido*, in *Enciclopedia Italiana*, vol. IX. Roma: Treccani.
- Enriques F. (1934). *Meccanicismo*, in *Enciclopedia Italiana*, vol. XXII. Roma: Treccani.
- Enriques F. (1935). *Parmenide e la geometria*, in *Enciclopedia Italiana*, vol. XXVI. Roma: Treccani.
- Enriques F. (1958). *Natura, ragione e storia. Antologia di scritti filosofici*, in Lombardo-Radice L. (ed.), *Antologia di scritti filosofici*. Torino: Einaudi.
- Enriques F. (2000). *Per la scienza*, in Simili R. (ed.), *Scritti editi e inediti*. Napoli: Bibliopolis.
- Enriques F. (2004). *Il significato della storia del pensiero scientifico*, in Castellana M., Rossi A. (eds.), *Scritti di Antiseri D. e altri*. Manduria: Barbieri.
- Israel G. (1993). *Enriques, Federigo*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 42. Roma: Treccani.
- Israel G. (2015). *Meccanicismo. Trionfi e miserie della visione meccanica del mondo*. Bologna: Zanichelli.
- Pompeo Faracovi O. (2014). *La ragione solitaria. Aspetti della filosofia scientifica di Federigo Enriques*. Lugano: Agorà.
- Rossi A. (2000). *Le scienze nell'Enciclopedia Italiana*, in Casella A., Ferraresi A., Giuliani G. (eds.), *Una difficile modernità*. Pavia: La Goliardica Pavese.

SCIENTIFIC INSTRUMENTS IN CONTEXT

“Fisica e Metafisica?”: science at the time of De Chirico and Carrà

Susanna Bertelli - Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli studi di Ferrara - susanna.bertelli@unife.it

Paolo Lenisa - Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli studi di Ferrara - paolo.lenisa@unife.it

Grazia Zini - formerly at the Dipartimento di Fisica e Scienze della Terra, Università degli studi di Ferrara - zini@fe.infn.it

Abstract: The evolution of Physics between the second half of the XIX century and the beginning of the XX century is presented by coupling art and science, in the framework of the city of Ferrara. The main characters are Giuseppe Bongiovanni, Professor of Experimental Physics and Giorgio De Chirico, artist founder of the Metaphysical art movement.

Keywords: Art and science, measurements, meteorology, electromagnetism, astronomy, medical physics, modern physics.

1. “Fisica e Metafisica?”

1.1. The science filter applied to the Metaphysical art

Fisica e Metafisica? is the title of a temporary scientific exhibition dedicated to the historical instruments, scientists and discoveries that led to the birth of Modern Physics. This event was held in Ferrara between 2015 and 2016 [Fisica e Metafisica]. The event was organized by the Department of Physics and Earth Sciences, the University Museum System of the University of Ferrara and the National Institute for Nuclear Physics (INFN). The instruments exposed in the exhibition belong to the *Historical Physics Instruments Collection* [CISFIS],¹ which is a section of the University Museum System cited above, that houses part of the physics instruments used by professors of Physics of the Ferrara University over two centuries.

This event took place in conjunction with the art exhibition *De Chirico a Ferrara, Metafisica e avanguardie* [De Chirico a Ferrara] devoted to the Metaphysical current, which developed in Ferrara during the years of the World War I. The interaction point of these two events is the friendship between Giuseppe Bongiovanni, Professor of Experimental Physics at the University of Ferrara and Giorgio De Chirico, founder of the Metaphysical art movement.

¹ *Collezione Instrumentaria delle Scienze Fisiche*, Section of the University Museum System of Ferrara.

The title *Fisica and Metafisica?* refers to the presence of intriguing elements in the Metaphysical masterpieces. Some of these paintings, in fact, contain components that are clearly scientific instruments and some others show elements that, when seen by the eye of a physicist, recall devices used in a Physics laboratory. Such “science filter” allowed the authors of this article to find strong correspondence between the images and the instruments of the *CISFIS* Collection that were present in the Physics Cabinet of the University at the time of the direction of Professor Bongiovanni (Bongiovanni 1898; 1900; Bottoni 1892; Caracciolo, Zini 2009). He met Giorgio De Chirico and the group of artists and intellectuals that formed in Ferrara between 1915 and 1918, including Alberto Savinio (brother of De Chirico), Filippo De Pisis, Corrado Govoni, Giuseppe Ravagnani and Carlo Carrà. They referred to Bongiovanni as *the astronomer* and the Professor introduced them to the Physics he was studying, since Bongiovanni himself and some of the instruments he used for research are mentioned in several works of the prose and poetry of Savinio,² De Chirico and De Pisis.³

The *Fisica and Metafisica?* exhibition was therefore realized using these “presences” in the metaphysical pictures as a starting point to describe the development of Modern Physics in chosen sections: measurements and prototypes of measurements, meteorology, electromagnetism, astronomy and medical physics. Each section was matched with metaphysical paintings (authorized reproductions) and archive documents that testify the development of Physics in Ferrara.

After a brief presentation of Giuseppe Bongiovanni and Giorgio De Chirico, the sections and the related instruments of the exhibition are here described.

1.2. Giuseppe Bongiovanni and the Experimental Science

Giuseppe Bongiovanni (Lugo di Romagna, 1851-Siena, 1918) was a scientist well known in the national and international scientific environment (Graziani 2000). The research fields he was involved in were different, including mechanics, meteorology, electromagnetism, astronomy; he was among the founders of the most important scientific societies and academies in Italy and in Europe.⁴ He took the degree in Mathematics and Physical Sciences in 1873, in Pisa, and, in 1877-1884, he was Professor of Experimental Physics at the “Regio Liceo” of Ferrara and at the Ferrara University. He was the Director of the Physics Cabinet and the Meteorological and Seismic Observatory located in *Palazzo Paradiso*, the University headquarters. In 1896, the Observatory was moved to the Este Castle in the tower of Santa Caterina. Bongiovanni obtained many instruments from the Central Meteorological Office of Rome, and he invented and renewed few of them, keeping the research in Physics at the

² Alberto Savinio mentions Bongiovanni in the lyrics of *Hermaphrodito* (Savinio 1918).

³ Filippo De Pisis mentions Bongiovanni in the text *I Predestinati* that is included in *Confessioni* (De Pisis 1996).

⁴ Bongiovanni was member of the Medical and Natural Sciences Academy of Ferrara, the French Astronomical Society and the Italian Astronomical Society; he was one of the founders of the Italian Physical Society and of the Italian Seismological Society.

leading edge. The height of the Observatory's splendor was during his direction. He wrote forty papers ranging from mechanics to electromagnetism.

1.3. Giorgio De Chirico in Ferrara, the “Metaphysical town”

Giorgio De Chirico (Volos, 1888-Rome, 1978) was the founder of the Metaphysical art. In 1915, he and his brother, Savinio, were enlisted into the Italian army to fight in World War I and stationed at Ferrara. In this city he found himself “assailed by revelations and inspirations”. Due to nervous disorders [Fondazione De Chirico], De Chirico and Carrà were admitted into the military hospital *Villa del seminario*, where they continued painting thanks to the Director, Gaetano Boschi (1918), who assigned the artists a room as a studio, where they could work, and through their exchanges Metaphysical art, *Pittura metafisica*, was born. The binomial Art-and-Science is employed by De Chirico when he defines the Metaphysical abstraction using X-rays claiming that:

Deducendo si può concludere che ogni cosa abbia due aspetti: uno quello corrente che vediamo quasi sempre, e che vedono gli uomini in generale, l'altro lo spettrale o metafisico che non possono vedere che rari individui in certi momenti di chiaroveggenza e di astrazione metafisica, così come certi corpi occultati da materia impenetrabile ai raggi solari non possono apparire che sotto la potenza di luci artificiali quali sarebbero i raggi X, per esempio (De Chirico 1919).

2. The sections of the exhibition

In this section, the areas of the *Fisica e Metafisica?* exhibition are illustrated, presenting the metaphysical paintings matched to the sections and the instruments showed.

2.1. Measurements and prototypes of measurements

This section is introduced by a painting of Carrà named *The enchanted chamber* (1917). In this painting there is a small weight and a picture that recalls a sextant, an instrument to measure the angle between two objects. Leading from this painting, a section of the exhibition has been dedicated to the definition of measurement, the units of measurements and a brief timeline on the history of measurements, starting from the anthropomorphic units to the International System of Units. This section housed prototypes of the litre, a *libbra metrica campione*, a metre, and a half-metre converter ruler made by Pietro Torquato Tasso, an artisan of Ferrara. This instrument testifies the introduction of the metric system in Italy (1811). In each of its faces there are different systems of unit: *piede di Parigi, piede di Ferrara, due palmi romani, quarto di canna*

di mercante romana, quarto d'auna di Parigi, quarto d'auna di Londra, according to the large variety of system of length units used (even in the same city) before the metric system was implemented.



Fig. 1. Left: a copy of *The enchanted chamber* by Carrà and the related instruments showed for the *Measurements and prototypes of measurements* section. Center and right: *the libbra metrica campione* is displayed

2.2. Meteorology

The section *Meteorology* is coupled with two pictures by De Chirico: *The Amusements of a Young Girl* (1915) and *The dream of Tobias* (1917) (Fig. 2). In the first one, De Chirico painted a detail of the Este Castle where the tower of Santa Caterina is present. This tower was the location of the Observatory directed by Bongiovanni. In the second painting, one can notice a thermometer represented in the middle. Starting from these elements, the evolution of Meteorology in Europe and in Italy during the XIX century is described through the instruments that Bongiovanni and his predecessor, Curzio Buzzetti (1815-1877), used to equip the Observatory (Caracciolo, Zini 2009). The instruments showed during the exhibition were: an *eliofanometro*, a mercury thermometer and a maximum/minimum thermometer, a Fortin mercury barometer, condensation hygrometers⁵ (by Brassart⁶ and Golaz) and a *psychrometer*.⁷ Bongiovanni realized a study of the climate of Ferrara, based on several years of measurements (Bongiovanni 1900) and followed by annual reports up to 1911. When he became the Director of the Observatory, Ferrara already had a great tradition in the field of Meteorology. He continued the research of Buzzetti inheriting the instruments existing in the Physics Cabinet. He optimized some of them and he also construct new ones obtaining several awards for these works. He recorded data four times a day (Bongiovanni 1900, p. 13) and sent them periodically to the Office of Meteorology in Rome. He organized a network of

⁵ Used to measure the relative humidity of air.

⁶ The Brassarts Brothers designed and built several instruments for the Central Office of Meteorology in Rome [Osservatorio Astronomico Palermo].

⁷ Device consisting in two thermometers, one wet and the other dry, measuring humidity.

eight observatories in the territory of Ferrara. Bongiovanni describes the use of the *eliofanometro* to measure the hours of sun during a day. This device acts as a lens that converges the impinging sunlight in a spot that leaves a burned track on a designed paper:

Insolazione – 1. Instrumento, esposizione e modo di osservazione

La misura del tempo durante cui il sole ogni giorno resta scoperto dalle nubi è stata cominciata nel 1889 con un eliofanometro avuto in dono dal R. Ufficio centrale di Meteorologia. [...] Il cartoncino non comincia ad essere bruciato la mattina che quando il sole ha raggiunto una certa all'altezza sull'orizzonte, e la sera cessa di essere bruciato prima che il sole arrivi all'orizzonte, in causa del grande assorbimento della radiazione solare per opera dei vapori atmosferici, della nebbia e della caligine (Bongiovanni 1900, pp. 79-82).



Fig. 2. From left to right: a detail of *The Dream of Tobias* showing a thermometer; an *eliofanometro*; an hygrometer; a thermopile

2.3. Electromagnetism

The Jewish Angel (1916) by De Chirico is the painting that introduces the section devoted to electromagnetism. The connection between metaphysical art and science is given by an instrument in the lower part of the painting that recalls a voltmeter (Fig. 3). The progress in electricity and magnetism from the first electrostatic machines to the main applications of electromagnetism are described through these instruments of the collection: a Wimshurst machine, an *electric egg*, a Ruhmkorff coil, a *spherical capacitor*, a voltmeter, a Melloni apparatus, a model of a thermopile, a *Marconi radio-telegraph*. The spherical capacitor was used by Bongiovanni to study the electrical insulators as described in one of his articles (Bongiovanni, 1898-1899). The Marconi radio-telegraph was used by Bongiovanni to send the recorded meteorological data to Rome. Bongiovanni dedicated several papers to electromagnetism, such as *L'elettricità e la teoria elettromagnetica della luce* (1890), *Elettrologia* (1893), *Magnetismo* (1895), *I progressi della telegrafia senza fili* (1904). The Melloni apparatus was used to study the properties of the thermal radiation (*calore raggiate*). The equipment includes

many items and also a thermopile, i.e. a device used to convert thermal energy into electrical energy. The wood model of the thermopile is signed by Bongiovanni.



Fig. 3. From left to right: a detail of the painting *The Jewish Angel*; the voltmeter matched to this painting; a Marconi radio-telegraph

2.4. Astronomy

The section dedicated to Astronomy is introduced by the painting *The Philosopher and the poet* (1916). In this painting within the painting, celestial bodies are represented. In this section a timeline of Astronomy is depicted through the following instruments: drawing compasses, lenses for a telescope, a star pointer, a *cannocchiale*, a tellurium (by S. Zavaglia, 1855). The telescope used by Bongiovanni is no longer present in the CISFIS Collection, just the lenses⁸ are still present. Giorgio De Chirico (1916) refers to this telescope in the poetry *La notte misteriosa* dedicated to the astronomer Bongiovanni. The tellurium shows the relative motions of the Earth, Sun and Moon and it is used to explain astronomical phenomena like alternation of day and night, the changes of the seasons, the lunar phases and the eclipses. This model was made by Sebastiano Zavaglia (Molinella, 1824-Bologna, 1876) and he entitled it *Motion of the Earth and the Moon around the Sun according to the system of Copernicus, 1855, N. 1.*



Fig. 4. From left to right: a detail of *The Philosopher and the poet* by De Chirico; instruments displayed; a tellurium

⁸ One element is a Petzval lens (see Fig. 4 middle, the first object placed vertically).



Fig. 5. Carrà picture matched to the instruments related to X-rays: a Ruhmkorff coil (close to the detail of the picture that recalls it) and the X-rays tube

2.4. Medical Physics

The painting *Mother and Son* (1917) by Carrà is matched with this section, in which a timeline of Medical Physics is described from the application of electricity to health care to the discovery of X-rays in medicine. The connection to the Metaphysical art is given by a spool in the painting that recalls a Ruhmkorff coil used to power the X-rays tubes. The instruments showed in this section are a Clarke's machine, Matteucci's spiral plates, a Ruhmkorff coil, a X-rays tube, a Crookes tube, a cryptoscope.

The Clarke's machine is one of example of using electricity for health care to cure nervous diseases and for electrotherapy, whereas the Matteucci's spiral plates were used for the magnetotherapy. The discovery of X-rays by Roentgen is illustrated by showing the X-rays tubes of the Physics Cabinet of Ferrara. As reported by a journal of 1920 in an article by Brunè referring to Bongiovanni:

Così ha riprodotto le interessanti esperienze sui raggi X pochi giorni dopo l'annuncio della scoperta e giovandosi di alcuni tubi Crookes esistenti in gabinetto, Soltanto un mese dopo la scoperta, ha potuto ottenere una prova radiografica (Brunè 1920).

3. Conclusion

The scientific exhibition *Fisica e Metafisica?* was an opportunity to display historical instruments present in the Physics Cabinet of the University of Ferrara at the beginning of XX century and to chronicle the main discoveries that led to the birth of Modern Physics, coupling Art-and-Science and the history of Ferrara.

References

- Bongiovanni G. (1898). "Sui condensatori sferici in cascata", *Atti della Accademia delle Scienze Mediche e Naturali in Ferrara*, LXXIII, pp. 273-296.
- Bongiovanni G. (1900). *Risultati decadici, mensili e annui delle osservazioni fatte nel dodicennio 1884-95, con note sul clima di Ferrara e confronti con quello di altre Città*. Ferrara: Giovanni Zuffi.
- Boschi G. (1918). *Un ospedale speciale per malati nervosi: L'ospedale Militare Neurologico Villa del Seminario presso Ferrara*. Ferrara: Tipografia Ferrariola.
- Bottoni A. (1892). *Cinque secoli d'Università a Ferrara MCCCXCI-MDCCCXCI*. Bologna: Zamorani e Albertazzi.
- Brunè E. (1920). "Commemorazione del prof. G. Bongiovanni". *Gazzetta Ferrarese*, 18 March.
- Caracciolo C., Zini G. (2009). *La Meteorologia a Ferrara dal XVIII al XX secolo*, in *Museologia Scientifica e Naturalistica*, vol. 5. Ferrara: Università di Ferrara.
- De Chirico G. (1916). "La notte misteriosa". *Noi: raccolta internazionale d'arte d'avanguardia*, Gennaio, p. 17.
- De Chirico G. (1919). "Sulla pittura metafisica". *Valori plastici*, I, aprile-maggio.
- De Pisis F. (1996). *Confessioni*. Firenze: Le lettere.
- Graziani Bottoni M. (2000). "Perché lei deve essere così letterato? Profilo di Giuseppe Bongiovanni - Professore di Fisica del Liceo Ginnasio Ariosto dal 1877 al 1917". *Quaderni del Liceo Classico "L. Ariosto" di Ferrara*, 7, pp. 14-27.
- Savinio A. (1918). *Hermaphrodito*. Firenze: Libreria della Voce.
- Zini G. (2004). "La Fisica Sperimentale e il Gabinetto di Fisica dell'Ateneo Ferrarese tra la fine del secolo XVIII e l'inizio del XX". *Annali di Storia delle Università Italiane*, 8, pp. 159-187.

Webliography

- [Fisica e Metafisica]. URL: <www.fe.infn.it/fisicaemetafisica> [access date: 30/04/2017].
- [CISFIS]. URL: <www.cisfis.unife.it> [access date: 30/04/2017].
- [De Chirico a Ferrara]. URL: <www.palazzodiamanti.it/1439> [access date: 30/04/2017].
- [Fondazione De Chirico]. URL: <<http://www.fondazionedechirico.org/biografia/?lang=en>> [access date: 30/04/2017].

From the Physics Cabinet to the Physics Museum of the University of Modena and Reggio Emilia

Elena Corradini - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari", Università di Modena e Reggio Emilia - elena.corradini@unimore.it

Abstract: The interest in scientific studies in Modena, since the XVII century, with particular reference to Physics studying and teaching, led to the formation of Cabinet of Experimental Physics at the *Studio Pubblico di San Carlo* thanks to the work of Mariano Moreni (1732-1801). He gave his own instruments to the just forming Physics Museum of the University, which was set up in the new *Palazzo dell'Università* (built after 1773 as a result of the reform promulgated Francesco III). The instruments of the Physics Museum appreciably increased in number due to the work of Giambattista Venturi (1746-1821) and, in 1796, were transferred to the *Accademia Aretina di Belle Arti* as a consequence of the arrival of French troops in Modena. They come back later to the *Palazzo dell'Università* in 1810, under the direction of Giuseppe Bianchi (1791-1866), who set up the Physics Museum in three rooms of its *piano nobile*. In 1888 the director of the Museum and of the Observatory, Ciro Chistoni (1852-1927), gave a considerable number of instruments to the *Museo Civico*, which still houses a part of them. A project is currently undergoing for the full recovery of those physics instruments, which also implements the available computer technologies.

Keywords: Physics Museum, Cabinet of Experimental Physics, scientific instruments, Observatory, Metrology Cabinet.

1. L'interesse per gli studi scientifici a Modena e l'insegnamento della Fisica fino alla riforma dell'Università

L'interesse per gli studi scientifici, già vivo presso la corte estense di Ferrara nei secoli XV e XVI, dopo il trasferimento della capitale del Ducato da Ferrara a Modena si sviluppa nel Seicento in un contesto completamente mutato, nel quale la consapevolezza delle possibilità della scienza si fonda in particolare sullo sperimentalismo e sulla forte lezione galileiana.

Da ricordare è il matematico e scienziato modenese Geminiano Montanari (1633-1687) che operò a Modena tra il 1661 e il 1662 al servizio del duca Alfonso IV d'Este come filosofo e matematico di corte fino alla morte di quest'ultimo (Tabarroni 1983;

1983, pp. 34-35; Barbieri, Cattelani Degani 1993, pp. 76-80; Loria 2000, p. 303; Minarelli 2000; Calanca 2001; Lugli 2002, pp. 285-287).

Lo sviluppo degli studi scientifici si ha dal 1682 con l'avvio ufficiale del rinnovato "Studio Pubblico di San Carlo" con un'orazione inaugurale di Bernardino Ramazzini (1633-1714), cui era stata affidata la cattedra di Medicina (Di Pietro 1970, pp. 12-20; Biondi 1991; Taddei 2008, p. 27).

Lo Studio Pubblico inizia la sua attività con otto insegnamenti: due di Legge (Istituzioni e Diritto civile), uno di Medicina, due di Teologia (Morale e Scolastica) e tre di Filosofia, tra i quali era annoverata la Fisica insieme con la Metafisica e la Logica (Di Pietro 1970, p. 109), alle quali nella seconda metà del Settecento viene aggiunta l'Etica. Il corso di Fisica è inizialmente affidato a Michelangelo Fardella (1650-1718), che dopo due anni, però, lascia Modena (Barbieri, Cattelani Degani 1993, pp. 72-73): è suddiviso in due tipologie di studio, Fisica generale e Fisica particolare (Di Pietro 1970, pp. 130-131). Nel 1684 (Di Pietro 1970, p. 70) a Giovan Battista Boccabadati (1634-1696), che già dal 1677 era stato nominato dal duca Rinaldo d'Este bibliotecario ducale e, dal 1681, ingegnere generale del Ducato, è affidato l'insegnamento di Geometria, Idrostatica e Meccanica che mantenne fino al 1690-1691 (Barbieri, Cattelani Degani 1993, pp. 91-92).

Ramazzini, come Montanari e Fardella, insieme ad altri studiosi di grande rilievo che prestarono il loro insegnamento nello Studio Pubblico, per i quali il metodo sperimentale pareva essere acquisizione scontata, contribuì a conferire una dimensione europea alla scienza modenese seicentesca.

Nel 1760 è chiamato a Modena per l'insegnamento della Fisica un sacerdote parmense, Mariano Moreni (1732-1801), dei Minimi di S. Francesco da Paola, che, come avviene in molte Università europee, costituisce un Gabinetto di Fisica sperimentale in una stanza del Collegio San Carlo, utilizzando in particolare vari strumenti scientifici di sua proprietà. Il Gabinetto del Moreni, com'era accaduto in Europa, in Olanda (in particolare a Leida), in Inghilterra (in particolare a Oxford, Cambridge, Londra), in Germania, in Polonia, a Stoccolma, può essere annoverato tra i primi a essere realizzati in Italia insieme con quelli di Pisa, Torino, Roma, Padova, Napoli, Venezia, Firenze (Cadoppi 1988, pp. 98-99; Leone *et al.* 2009, pp. 135 e 138) per lo studio e l'insegnamento della Fisica, solidamente basati, nell'Illuminismo, su osservazioni ed esperimenti che erano già diventati elementi centrali della ricerca con la rivoluzione scientifica galileiana e newtoniana (Talas 2011; Bennet, Talas 2013).

La scoperta di nuovi strumenti, che sta all'origine dell'ampliamento del dominio dell'esperienza sensibile e dell'individuazione di un nuovo quadro di fenomeni naturali, si sostituisce completamente alle precedenti visioni metafisiche. È attraverso l'introduzione sistematica della strumentazione che avviene il fondamentale trapasso da una descrizione essenzialmente qualitativa a una trattazione rigorosamente quantitativa dei processi fisici, a partire dai fenomeni meccanici (Tarozzi 1983, p. 188).

2. Il Gabinetto di Fisica sperimentale nel Palazzo dell'Università

Moreni mantiene l'insegnamento di Fisica anche dopo la riforma universitaria attuata da Francesco III con la promulgazione delle *Costituzioni per l'Università di Modena*, pubblicate nel 1773, a seguito delle quali (Mor, Di Pietro 1975, pp. 91-108) l'Università diventa diretta emanazione dello Stato Estense sotto la guida di un apposito Magistrato degli Studi. L'Istituto di Fisica resta sotto la direzione di padre Moreni anche quando cambia sede, nel 1775, per sistemarsi nel nuovo Palazzo dell'Università fatto costruire da Francesco III d'Este, in locali più adatti alla funzionalità e alla crescente importanza che un tale Istituto stava acquistando in quei tempi. Qui vengono trasferiti, per ordine dello stesso Francesco III, gli strumenti del Gabinetto di Fisica sperimentale del Collegio San Carlo che erano stati inventariati nel 1772 in appendice ai libri nell'*Inventario dei Libri e delle Macchine di Fisica della Congregazione della B.V. e di San Carlo che per ordine del Ser.Mo Padrone nel 1772 passarono all'Università degli Studi* (Di Pietro 1970, p. 39). Nel 1773 a questi strumenti sono aggiunti quelli che erano di proprietà dello stesso Moreni, acquistati in cambio di una rendita vitalizia pari a 225 lire annue per quindici anni, andando a formare il primo nucleo di strumenti del Gabinetto di Fisica dell'Università (Corradini, Trenti 1997, p. 222). Dall'elenco degli strumenti risulta una discreta attrezzatura, atta a completare l'insegnamento teorico della Fisica mediante esperimenti di fisica celeste, di ottica ed anche di biologia, con strumenti usati pure da Lazzaro Spallanzani (1729-1799), collega del Moreni.

A partire dalla seconda metà del XVIII secolo, nel contesto della Fisica sperimentale, il fenomeno di diffusione delle accademie assume grande rilievo, soprattutto per l'effettiva attività sperimentale in esse svolta (Tarozzi 1983; Cadoppi 1990, p. 6). Queste attività sono ispirate, e cronologicamente corrispondenti, a quelle effettuate in Francia nelle accademie provinciali e nei circoli privati con la diffusione dei *cabinets de Physique*.

A Modena, già dal 1747, nell'accademia in casa del marchese Fontanelli si vengono a effettuare programmi di esperimenti scientifici e questa consuetudine continua con l'Accademia delle Scienze fondata dal marchese Gherardo Rangoni, dove vengono esposte relazioni e si dibattono periodicamente problemi di carattere scientifico (Barbieri, Cattalani Degani 2000; Tabarroni 1988; Venturi Barbolini 1997, p. 212).

L'attività del Gabinetto di Fisica sperimentale dell'Università si viene ad affiancare a queste realtà e in un clima di profonde riforme determinate dagli impulsi innovativi lombardi del Ducato di Milano, al tempo amministrato da Maria Teresa d'Austria ma governato dal duca di Modena Francesco III d'Este.

All'Università, sotto l'insegnamento di padre Mariano Moreni, il neo costituito Museo di Fisica sperimentale annovera come primi macchinisti Modesto Olivieri e Fedele Minari, e dal 1775 i cappuccini Antonio Sgarbi e Agostino Arleri da Vinchio (Asti) (meglio conosciuto come Fra' Agostino), che è fondamentale per lo sviluppo di questo museo, dove opera per quarant'anni (Cadoppi 1990, p. 99). Fra' Agostino ha una sua officina all'interno del Palazzo Universitario solo dal 1783 e continua il suo lavoro fino al 1820 (Mor, Di Pietro 1975, pp. 480-481).

L'ampliamento non si ferma, anzi continua, quando al posto di padre Moreni, trasferitosi con altri compiti nel suo Ordine, succede il fisico reggiano Giambattista Venturi (1746-1822), che nel seminario Pubblico di Reggio Emilia era stato allievo di Lazzaro Spallanzani e Bonaventura Corti (1729-1813). La figura del Venturi è importantissima per il Gabinetto di Fisica: con lui avvengono incrementi, cessioni e spostamenti delle collezioni di Fisica.

A Giambattista Venturi, frequentatore dell'Accademia di Gherardo Rangoni, dal 1774 è assegnato l'insegnamento di Geometria e Filosofia con l'aggiunta di Geometria e Aritmetica storica e, pochi anni dopo, nel 1787, gli viene affidato dal duca Ercole III d'Este l'incarico di Matematico Ducale, di Verificatore delle Zecche e di Ingegnere di Stato (Pizzamiglio 2005, pp. 36-37; Lodovisi 2005, p. 136). Nel 1786 ottiene la cattedra di Fisica sperimentale e assume contemporaneamente la direzione del Museo di Fisica, del quale redige un *Inventario delle macchine della Scuola di Fisica sperimentale dell'Università degli Studi di Modena* (Corradini, Trenti 1997, p. 222). Per il Museo di Fisica Venturi riesce ad acquistare un buon numero di strumenti grazie all'impegno e agli investimenti, richiesti insistentemente e in parte assegnatigli dal Patrimonio degli Studi, indirizzati all'acquisto di nuovi strumenti scientifici (Cadoppi 1990, p. 100; Corradini, Trenti 1997, pp. 224-231). Nel 1788 Venturi redige un altro inventario.

Il numero degli strumenti che sono acquistati nel quinquennio 1789-1794 sale a settantanove, come risulta da un altro inventario nel quale gli strumenti veri e propri sono suddivisi in sei classi: «Classe III macchine appartenenti alla luce ed all'ottica; Classe IV macchine spettanti all'elettricità; Classe V macchine riguardanti il fuoco e il calore, Classe VI macchine riguardanti la statica, l'idrostatica, meccanica e idraulica, Classe VII macchine riguardanti l'aria ed il suono, Classe VIII macchine fuori di classe». Nelle prime due classi erano annoverati i «mobili annessi al muro» e «quelli staccati dal muro» (Corradini, Trenti 1997, p. 227).

Nel 1796 a seguito dell'arrivo di Napoleone a Modena e della costituzione della Repubblica Cispadana, il Museo di Fisica subisce anche una diminuzione di macchine scientifiche: presso il Liceo di Reggio Emilia si costituisce un Museo, dove i Francesi decidono di destinare molte macchine del Museo di Modena scelte dai Deputati e consegnate a Stefano Montanari (Corradini, Trenti 1997, p. 221). A quel tempo un Gabinetto di Fisica esisteva anche presso il Palazzo Ducale: da quello i Commissari per il recupero delle opere di scienza e d'arte, nominati dal Direttorio della Rivoluzione Francese, su incarico di Napoleone Bonaparte prelevano venti strumenti di misura di capacità da spedire a Parigi insieme con le opere d'arte e i libri prelevati dal Palazzo Ducale (Corradini 2006, pp. 20, 44).

Lo spoglio di molti oggetti scientifici fu in parte compensato, l'anno successivo, il 1797, dalla donazione, da parte dell'amministrazione francese appena insediatasi, di sette strumenti di fisica della Biblioteca Nazionale di Parigi e di altri sette provenienti dalla residenza ducale di Bellaria a Mugnano, che era stata fatta costruire dal duca Ercole III d'Este, con l'obbligo di cederne i duplicati al Museo della confederata Municipalità di Reggio, come risulta da due note per ricevuta firmate da Agostino Arleri che fanno riferimento ad altre due di consegna, firmate rispettivamente da Beaufort e da Luigi Rangoni (Barigazzi, 1984; Corradini, Trenti, 1997, p. 235). Il

cambiamento più significativo si realizza nel 1798 con il trasferimento del Museo di Fisica nel soppresso convento di San Domenico, dove è aggregato alla Scuola Militare del Genio e dell'Artiglieria (Canevazzi 1914-1920).

4. La ricollocazione del Museo di Fisica nel Palazzo dell'Università

Dal 1810 la sede del Museo di Fisica ritorna nel Palazzo dell'Università: viene allestito al piano nobile in tre stanze a cui era annesso il Gabinetto di Fisica per l'influenza e l'interesse sempre maggiore che la Fisica viene a richiamare (Brenni 2010) e per l'ampliamento della collezione di strumenti fisici operato grazie al Venturi e al Tomaselli. Quest'ultimo dopo la Restaurazione mantiene l'incarico dell'insegnamento di Fisica e nel 1814 viene eletto presidente della Facoltà Filosofica (Mor, Di Pietro 1975, p. 214) conservando la direzione del Museo universitario fino al 1823, quando gli succede l'abate Liberato Baccelli (1772-1835), al quale si deve la realizzazione di molti strumenti (Pierucci 1934). Una descrizione del Museo di Fisica è fornita da Giuseppe Bianchi nel 1846: «si ascende per magnifica scala di marmo ad un'aula o sala maggiore, ove si conferiscono solennemente lauree, e quivi un'altra porta, di contro a quella d'ingresso, mette alle stanze del fisico Museo, che per tutta si estendono l'anteriore linea o facciata del palagio, e ne occupano così la miglior parte del piano nobile. Tre di esse in fila contengono, distribuite ordinate e chiuse in grandi e belli armadji a cristalli, le macchine per gli esperimenti, e la quarta stanza, di lunghezza doppia di ciascun'altra, situata nell'estremo a ponente [...] serve alla scuola ossia al teatro» (Bianchi 1846, pp. 37-38). Qui si eseguono esperimenti con i pesi, di ottica, di elettricità e di magnetismo.

Sotto la direzione di Baccelli il Museo continua a crescere anche per strumenti acquistati all'estero: sono anni importanti perché nel territorio ducale operano abili costruttori di strumenti scientifici e scienziati come Leopoldo Nobili (1784-1835), Giovanni Battista Amici (1786-1863) e Michele Rosa (1731-1812) (Palermo 1870; Di Vita 1984; Sbrighi, Cadoppi 1984).

Nel 1826 la Facoltà di Fisica-Matematica dell'Università è spostata per ragioni politiche per volere dell'arciduca Francesco IV d'Austria Este per un breve periodo a Fanano ma non l'Istituto di Fisica che resta nella sede universitaria (Pierucci 1934, p. 6).

Con la morte di Liberato Baccelli, che dirige il Museo di Fisica dal 1823 al 1835, si deve ricorrere a uno scienziato al di fuori del Ducato, Stefano Marianini (1790-1866), già assistente di Volta a Pavia, e che dopo di lui fu il più grande studioso di elettricità della prima metà dell'Ottocento.

6. Il trasferimento di strumenti al Museo Civico di Modena

Alla direzione dell'Istituto di Fisica a Stefano Marianini nel 1859, anno della caduta del Governo Estense, succede il figlio Pietro (1827-1884), cui seguono Dante Pantanelli (1884-1913) e Giuseppe Poloni (1851-1887) che lascia prematuramente nel 1887 la

direzione, che viene affidata a Ciro Chistoni (1852-1927) (Lugli 2002, pp. 296-297) che dal 1892 al 1906 ricopre anche la carica di Direttore dell'Osservatorio.

Chistoni, appena arrivato a Modena, prosegue una trattativa, già avviata da Pietro Tacchini (1838-1905), che era stato direttore dell'Osservatorio di Modena e in quel momento ricopriva la carica di direttore dell'Osservatorio del Collegio Romano e dell'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica, con il direttore del Museo Civico di Modena, Carlo Boni (1830-1894), per la cessione di strumenti del Museo di Fisica che «potessero interessare la storia scientifica locale di Modena». Questo risulta da una lettera del 23 febbraio 1888 scritta da Chistoni a Boni nella quale, oltre a invitarlo a visitare il museo, cerca di fornire una spiegazione in merito a una cessione di strumenti al Museo Astronomico Copernicano presso l'Osservatorio di Monte Mario a Roma, precisando che si trattava di strumenti che non avevano né valore storico per Modena né valore commerciale. Chistoni scrive questa lettera cinque giorni dopo che su «Il Panaro Gazzetta di Modena» era comparso un articolo dal titolo *In guardia* che avvertiva dell'intenzione di trasferire strumenti del Museo di Fisica al Museo Astronomico Copernicano con l'autorizzazione del Ministero.¹

Si trattava di un articolo anonimo, ma in realtà scritto da Luigi Picaglia (1852-1908), attivo zoologo e collaboratore del Museo di Zoologia, attento alla salvaguardia del patrimonio culturale modenese, come egli stesso aveva precisato in una lettera inviata al direttore Boni il 21 febbraio.

La cessione degli strumenti al Museo Civico di Modena avviene l'anno seguente: una lettera del sindaco Menafoglio del 24 gennaio comunica al direttore Boni che la Giunta, dieci giorni prima, lo aveva autorizzato ad accettare a titolo di deposito strumenti del Museo di Fisica che potevano «interessare la storia della nostra città». Si trattava di ventinove strumenti dei quali, come risulta da un inventario del Museo Civico, il Ministero della Pubblica Istruzione aveva autorizzato il deposito con una nota del 26 novembre 1888 (prot. S2 4039) e che sono consegnati in due momenti successivi: i primi quindici il 25 febbraio e gli altri quattordici il 4 marzo. Pochi giorni dopo, il 6 marzo, la Giunta approva anche la proposta di Chistoni, che questi strumenti vengano esposti nel Museo, come viene comunicato al direttore Boni cinque giorni dopo. Nove anni dopo, nel 1897, si conclude un'altra cessione di strumenti richiesta il 23 dicembre: viene approvata dalla Giunta il 28 dicembre, e la risoluzione il 4 gennaio. Questa volta si tratta però di un cambio di strumenti.

Al Museo Civico, diretto da Arsenio Crespellani, sono ceduti trentanove strumenti a cui se ne aggiunsero altri ventitre in cambio di un barometro di Jules Salleron (1829-1897) (Tabarroni 1983, p. 12; Pagella 1991, pp. 142-143).

Risale a più di cinquanta anni dopo, al 28 luglio 1943, una proposta, mai attuata, ma allora lanciata dal direttore del Museo di Fisica Mariano Pierucci, di restituire al Museo dell'Università gli strumenti di Fisica che al Museo Civico occupavano, allora come ora, un'intera sala, chiedendo però garanzia che venissero esposti nella sede universitaria.

¹ «Il Panaro Gazzetta di Modena», anno XXVII (48), del 18/2/1888.

A Chistoni succede Domenico Mazzotto (1854-1940): sul finire del secolo scorso il Museo di Fisica del Palazzo dell'Università viene smantellato per lasciare spazi alla Biblioteca della Facoltà di Giurisprudenza che, trasferita da poco insieme alla Facoltà nel Convento di San Geminiano, ha liberato gli spazi dell'ex museo, meritevoli di una adeguata progettazione,

7. Un nuovo progetto di valorizzazione

Dopo che l'Università di Modena ha sottoscritto con l'Assessorato alla Cultura del Comune un accordo «per la valorizzazione delle collezioni museali e la promozione della cultura scientifica» (approvato con delibera di Giunta del Comune di Modena il 20 settembre 2016), si è progettato di realizzare presso il palazzo del Rettorato di via Università, in collaborazione con i Musei Civici, una specifica sala immersiva, appositamente equipaggiata per attivare percorsi coinvolgenti di apprendimento inerenti alcuni ambiti scientifici – ottica, astronomia, meteorologia e idraulica – con specifico *focus* sugli strumenti scientifici, valorizzando le importanti collezioni del XVIII e XIX secolo dell'Università di Modena e dei Civici Musei, testimonianze significative degli studi e delle ricerche compiute in città. Saranno combinate tre modalità tecnologiche per ricostruire l'ambiente, a cui dovrebbero corrispondere due diverse fasi e anche due diverse modalità di percezione da parte dell'utente: l'interpretazione dei dati e la simulazione: 1) realtà virtuale immersiva emozionale per la contestualizzazione dei temi, perseguita tramite utilizzo di smartphone e supporto occhiale personalizzato; 2) applicazione interattiva in realtà aumentata fruibile mediante tablet a partire dagli strumenti o loro copie esposti; 3) proiezioni in video mapping di immagini degli strumenti e relative componenti in computer grafica con effetti 3D ed evidenziazione del loro funzionamento, oltre alla produzione di copie in 3D.

Questo progetto si inserisce in più ampio progetto di valorizzazione del patrimonio scientifico e della cultura scientifica attivato dalla Rete dei Musei Universitari italiani.

Bibliografia

- Ackermann S., Kremer R.L., Miniati M. (a cura di) (2014). *Scientific Instruments on Display*. Leiden: Brill.
- Aignan Sigaud de-Lafond J. (1775). *Description et usage d'un cabinet de physique experimentale*. Paris: Gueffier.
- Baldini U. (1980). *L'attività scientifica nel primo Settecento*, in Micheli G. (a cura di), *Storia d'Italia. Annali III. Scienza e tecnica nella cultura e nella società dal Rinascimento a oggi*. Torino: Einaudi.
- Barbieri F., Cattelani Degani F. (1993). *Le scienze matematiche e l'astronomia a Modena all'epoca di Geminiano Montanari*, in Alfieri M.L., Fornaciari Davoli L. (a cura di), *Tensioni e prospettive economico-monetary nel XVII secolo: Geminiano Montanari*. Modena: Mucchi.

- Barbieri F., Cattelani Degani F. (2000). *Memorie di matematica lette nell'accademia scientifica di Gherardo Rangone*, in *I mille volti della Modena ducale. Memorie presentate all'Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti in occasione delle celebrazioni di Modena capitale*. Modena: Il Fiorino.
- Barigazzi C. (1984). *Scienze della vita e scienze fisiche a Reggio dal barocco alla rivoluzione francese*, in Spreafico S., Sbrighi G. (a cura di), *Echi di un messaggio scientifico nella coscienza di una comunità scolastica*. Reggio Emilia: Bertani.
- Bennett J., Talas S. (a cura di) (2013). *Cabinets of Experimental Philosophy in Eighteenth-Century Europe*. Leiden: Brill.
- Bianchi G. (1846). *Il Museo e Teatro Fisico*, in *In Onore alla memoria di Francesco IV: Articoli tre accademici di vario argomento scritti da Giuseppe Bianchi*. Modena: Eredi Soliani Tipografi Reali.
- Biondi A. (1991). *I secoli del San Carlo*, in Benati D., Peruzzi L., Vandelli V. (a cura di), *Il Collegio e la Chiesa di San Carlo a Modena*. Modena: Artioli.
- Brenni P. (2010). "The Evolution of Teaching Instruments and Their Use Between 1800 and 1930". *Science & Education*, 21, pp. 191-226.
- Cadoppi G. (1988). "Gabinetti scientifici e strumentaria nel Ducato di Modena". *Giornale di Fisica*, XXIX, pp. 97-114.
- Cadoppi G. (1990). *Giovanni Battista Venturi (1746-1822). Scienza, politica e politica della scienza nel Ducato Estense*. Reggio Emilia: Circolo Filatelico Numismatico.
- Calanca R. (2001). "Aspetti dell'astronomia del Seicento: le Ephemerides Novissimae di Cornelio Malvasia, Giovan Domenico Cassini e Geminiano Montanari". *Atti e Memorie. Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Modena (Serie VIII)*, IV, pp. 499-607.
- Canevazzi G. (1914-1920). *La scuola militare di Modena*. Modena: Edizioni Ferraguti.
- Carazza B., Guidetti G. P. (1988). "Caratteristiche dell'indagine sperimentale nella fisica del primo Ottocento". *Giornale di Fisica*, XXIX, pp. 89-96.
- Corradini E. (2006). *Conquiste artistiche nelle collezioni estensi. Le spoliazioni di Napoleone Bonaparte a Modena*. Cinisello Balsamo: Amilcare Pizzi.
- Corradini E. (2012). "Le collezioni di strumenti scientifici testimonianza dello sviluppo delle attività dell'Osservatorio e del Gabinetto di Metrologia dell'Università di Modena e Reggio Emilia". *Museologia scientifica. Memorie*, 14, pp. 112-119.
- Corradini E., Trenti G. (1997). *Gli strumenti di fisica dell'Università di Modena tra Settecento e Ottocento. Indice-regesto di documenti ad essi relativi*, in Lodovisi A., Luppi G., Dameri D. (a cura di), *La Bona opinione: cultura, scienza e misure negli stati estensi, 1598-1860*. Campogalliano: Museo della Bilancia.
- Di Pietro P. (1970). *Lo Studio pubblico di S. Carlo in Modena, 1682-1772: novant'anni di storia della Università di Modena*. Modena: Mucchi.
- Di Pietro P. (1988). "Gli anni modenese di G.B. Amici". *Giornale di Fisica*, XXIX, pp. 201-213.
- Di Pietro P. (1994). *Bibliografia di Giovanni Battista Amici*, in *Atti e Memorie. Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Modena (Serie VII)*, X, pp. 95-116.

- Di Vita F. (1984). *Leopoldo Nobili (1874-1835): una vocazione scientifica nel turbine delle Rivoluzioni*, in Spreafico S., Sbrighi G. (a cura di), *Echi di un messaggio scientifico nella coscienza di una comunità scolastica*. Reggio Emilia: Bertani.
- Gemignani G. (1993). *Riflessioni su Montanari*, in Alfieri M.L. (a cura di), *Tensioni e prospettive economico-monetarie nel XVII secolo: Geminiano Montanari*. Modena: Mucchi.
- Leone M., Paoletti A., Robotti N. (2009). “La Fisica nei ‘Gabinetti di Fisica’ dell’Ottocento: il caso dell’Università di Genova”. *Giornale di Fisica*, L, pp. 135-154.
- Lodovisi A. (2005). *L’opera cartografica di Venturi*, in Bernardi W., Manzini P., Marcuccio R. (a cura di), *Giambattista Venturi: scienziato, ingegnere, intellettuale fra età dei lumi e classicismo*. Firenze: Olschki.
- Loria A. (2000). *Geminiano Montanari “...tra i più benemeriti illustratori della fisica, dell’astronomia e di più altre parti della filosofia”*, in *I mille volti della Modena ducale. Memorie presentate all’Accademia nazionale di scienze lettere e arti in occasione delle celebrazioni di Modena capitale*. Modena: Edizioni Il Fiorino.
- Lugli M.U. (2002). “Contributi allo sviluppo delle scienze astronomiche e della terra tra ’600 e ’900”. *Atti e Memorie. Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Modena (Serie VIII)*, V, pp. 285-302.
- Minarelli S. (2000). *Scienza e scienziati a Modena tra ’600 e ’700*, in *I mille volti della Modena ducale. Memorie presentate all’Accademia nazionale di scienze lettere e arti in occasione delle celebrazioni di Modena capitale*. Modena: Edizioni Il Fiorino.
- Mor C.G., Di Pietro P. (1975). *Storia dell’Università di Modena*, vol. II. Firenze: Olschki.
- Pagella E. (1991). *Gli strumenti scientifici del Museo Civico d’Arte medievale e moderna di Modena*, in Dragoni G., *Instrumenta: il patrimonio storico scientifico italiano. Una realtà straordinaria*. Bologna: Grafis.
- Palermo F. (1870). “Sulla vita e le opere di Giovanni Battista Amici”. *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche*. Tomo III. Roma: Tipografia delle Scienze Matematiche e Fisiche.
- Pierucci M. (1934). *Cimeli e glorie dell’Istituto di Fisica di Modena*, in *Annuario della Regia Università di Modena per l’anno accademico 1933-1934*. Modena: Società tipografica Modenese.
- Pizzamiglio P. (2005). *Aspetti dell’attività didattica di Venturi*, in Bernardi W., Manzini P., Marcuccio R. (a cura di), *Giambattista Venturi scienziato ingegnere intellettuale tra età dei lumi e classicismo*. Firenze: Olschki.
- Riccardi P. (1864). *Cenni storici sull’istituto dei Cadetti matematici pionieri di Modena*, Modena: Zanichelli.
- Sbrighi G., Cadoppi G. (1984). *Leopoldo Nobili fisico del primo Ottocento*, in Spreafico S., Sbrighi G. (a cura di), *Echi di un messaggio scientifico nella coscienza di una comunità scolastica*. Reggio Emilia: Bertani.
- Strano G., Johnston S., Miniati M., Morrison-Low A. (a cura di) (2009). *European Collections of Scientific Instruments, 1550-1750*. Leiden: Brill.

- Tabarroni G. (1983). *Il processo storico di formazione del nucleo di strumenti scientifici del Museo Civico di Modena*, in Tarozzi G. (a cura di), *Gli strumenti nella storia e nella filosofia della scienza*. Bologna: Istituto per i beni artistici, culturali, naturali della Regione Emilia-Romagna.
- Tabarroni G. (1985). *Scienza e tecnologia nel Ducato Estense*, in Tarozzi G. (a cura di), *Leopoldo Nobili e la cultura scientifica del suo tempo*. Bologna: Nuova Alfa.
- Tabarroni G. (1988). “Scienza e tecnologia a Modena fra il Settecento e l’Ottocento. Ragioni e conseguenze della strumentazione topografica di G.B. Amici”. *Giornale di Fisica*, XXIX, pp. 83-88.
- Tabarroni G. (2000). *La rivoluzione galileiana e il contributo di Geminiano Montanari. Dall’astronomia di posizione all’astrofisica*, in *I mille volti della Modena ducale. Memorie presentate all’Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti in occasione delle celebrazioni di Modena capitale*. Modena: Edizioni Il Fiorino.
- Taddei F. (2008). *Storia dell’Università di Modena e Reggio Emilia*, in Russo A., Corradini E. (a cura di), *Musei Universitari Modenesi*. Bologna: Editrice Moderna.
- Talas S. (2011). “La fisica nel Settecento: nuove lezioni, spettacolo, meraviglia”. *Il Nuovo Saggiatore*, 27, pp. 37-47.
- Tarozzi G. (1983). *Il significato della strumentazione nella storia della scienza*, in Tarozzi G. (a cura di), *Gli strumenti nella storia e nella filosofia della scienza*. Bologna: Istituto per i beni artistici, culturali, naturali della Regione Emilia-Romagna.
- Tarozzi G. (1988). “La scienza degli strumenti come problema della misurazione”. *Giornale di Fisica*, XXIX, pp. 239-252.

The pneumatic pump of the Mariano College in Bergamo

Laura Serra - Ateneo di Scienze Lettere Arti, Bergamo - lauraserra247@gmail.com

Anna Giatti - Fondazione Scienza e Tecnica, Firenze - anna.giatti@fstfirenze.it

Paolo Brenni - CNR, Fondazione Scienza e Tecnica, Firenze -
p.brenni@museogalileo.it

Abstract: Among the physics instruments from the Physics Cabinet at the Secondary School “Paolo Sarpi”, currently preserved at the Museum of Natural Sciences “Enrico Caffi” in Bergamo, there is a pneumatic pump dating back to the late XVIII century. This was the period in which the physics cabinet at the Mariano College, the scholastic institute that predated the “Sarpi” Secondary School, was established.

The pump is unique, partially due to its size, as it stands at two metres tall.

It is cited in various documents including inventories, manuscripts and letters, from which we have been able to glean further information and details.

Thanks to the development programme enacted by the Caffi Museum to make the collection of didactic instruments visible to the public in a permanent exhibition – a project curated scientifically by Laura Serra –, the pneumatic pump has undergone restoration and conservation work, along with the other instruments, at the laboratories of the “Fondazione Scienza e Tecnica” in Florence, curated by Paolo Brenni and Anna Giatti.

The occasion permitted the study of the different parts of the instrument and, in particular, confirmation of the hypothesis that it was built by Giovanni Albrici, the first technician to work at the Physics Cabinet of the Mariano College.

Keywords: Pneumatic pump, Giovanni Albrici, historic physics instruments, restoration.

Fra gli strumenti di fisica attualmente conservati presso il Museo di Scienze naturali “Enrico Caffi” di Bergamo vi è una pompa pneumatica risalente agli ultimi anni del XVIII secolo (Fig. 1); la pompa, insieme agli altri strumenti, proviene dal Gabinetto di Fisica del Liceo “Paolo Sarpi” di Bergamo, e fa parte del primo nucleo di strumenti acquistato all’epoca della costituzione del Gabinetto di Fisica del Collegio Mariano, istituzione scolastica dalla quale ha avuto origine il Liceo “Sarpi”.¹

¹ Il Collegio Mariano fu istituito nel 1617 dalla “Misericordia Maggiore”, istituzione di beneficenza bergamasca, per istruire gratuitamente i chierici della Basilica di S. Maria Maggiore. Al Collegio furono in seguito ammessi anche allievi appartenenti alla borghesia e alla nobiltà bergamasca, le cui famiglie erano in grado di corrispondere una retta. Esso era governato dal Consiglio della Nobile Reggenza.



Fig. 1. Pompa pneumatica conservata presso il Museo “Enrico Caffi” di Bergamo

Grazie al programma di valorizzazione degli strumenti predisposto dal Museo Caffi per rendere visibile al pubblico, in un’esposizione permanente, la collezione di strumenti didattici che conserva,² la pompa pneumatica è stata oggetto insieme ad altri strumenti di un accurato restauro presso i laboratori della “Fondazione Scienza e Tecnica” di Firenze, a cura di Paolo Brenni e Anna Giatti.

L’occasione ha consentito lo studio dello strumento, oltre che dal punto di vista documentale, anche riguardo alle sue caratteristiche costruttive.

La pompa pneumatica è citata in diversi documenti: inventari, manoscritti e lettere, dai quali è stato possibile attingere notizie interessanti che la collegano a Giovanni Albrici (1743-1816), primo macchinista del Gabinetto di Fisica del Collegio Mariano.

Giovanni Albrici, abile costruttore di strumenti scientifici – sua è la Macchina planetaria acquistata dal Collegio Mariano nel 1783 (Serra Perani, Brenni 2012) – fu assunto come macchinista probabilmente grazie al suggerimento di Lorenzo Mascheroni, che aveva ottenuto dalla Nobile Reggenza del Collegio Mariano l’autorizzazione a rinnovare l’insegnamento della fisica sperimentale e a istituire un Gabinetto di Fisica dotato di apparecchiature per la didattica.

I primi documenti riguardanti la pompa sono alcuni manoscritti contenuti nell’archivio del Collegio Mariano, conservati nella Biblioteca civica “Angelo Mai” di Bergamo, che attestano la richiesta per scopi didattici da parte dei professori di Fisica di una macchina pneumatica e il conseguente incarico della sua costruzione al

² Per la descrizione della collezione di strumenti conservati al Museo “Caffi” e del progetto di valorizzazione predisposto si veda (Serra Perani 2016). Il progetto si avvale del contributo della ditta bergamasca Lovato Electric S.p.A.

macchinista Giovanni Albrici, il 27 aprile 1791;³ seguono i riferimenti ai pagamenti della pompa: 700 lire il 13 settembre 1791,⁴ 350 lire il 17 settembre per coprire le spese sostenute, infine 300 lire il 21 settembre 1793,⁵ dopo una pubblica dimostrazione per verificarne il funzionamento.

Questa dimostrazione pubblica, che Albrici dovette condurre davanti alla Nobile Deputazione del Collegio Mariano, è citata anche in una lettera datata 18 marzo 1793 che Albrici scrisse a Mascheroni – dal 1793 Mascheroni è a Pavia –, nella quale afferma:⁶

la mia Macchina pneumatica per ora ha ben corrisposto alle pubbliche esperienze che si son fatte colla medesima e spero che (come sembra sempre migliorare coll'esercizio) non mi abbia mai a mancare nelli suoi effetti: poiché le esperienze finora fatte son riuscite secondo l'aspettazione. Riguardo poi a ciò che si doveva aspettare dalla prov. Deputazione per il pagamento della medesima son finora stato soddisfatto [...].

I riferimenti alla pompa pneumatica si trovano in altre lettere⁷ indirizzate a Mascheroni dall'Albrici, che non esita a chiedere al Maestro chiarimenti e consigli per il corretto funzionamento della macchina. In una di queste lettere, in particolare, Albrici chiede informazioni sul grado di compressione che l'aria può raggiungere all'interno della campana di cristallo, affinché questa non si spezzi.⁸

Nell'opera *Vite de' pittori scultori e architetti bergamaschi* di Francesco Maria Tassi (1793, tomo II, p. 114), si legge a proposito di Giovanni Albrici:

Oltre varie ben intese macchinette che servono alla Fisica sperimentale, da lui inventate ed eseguite con somma esattezza, ha sotto la sua direzione e disegno fatta fare una macchina pneumatica ad uso delle pubbliche scuole, la quale ha varie cose di invenzione sua, e si può considerare una delle migliori che in tal genere si veggano.

³ Biblioteca civica "Angelo Mai" di Bergamo, Archivio del Consorzio Misericordia Maggiore, MIA 1300-n. 40.

⁴ Biblioteca civica "Angelo Mai" di Bergamo, Archivio del Consorzio Misericordia Maggiore, MIA 1321-n. 122, n. 171.

⁵ Biblioteca civica "Angelo Mai" di Bergamo, Archivio del Consorzio Misericordia Maggiore, MIA 1322-n. 40.

⁶ Biblioteca civica "Angelo Mai" di Bergamo, MMB 668, p. 146.

⁷ Per completezza, occorre specificare che nella Biblioteca Civica "Angelo Mai" di Bergamo, in corrispondenza della segnatura MMB 665-149, vi è una lettera datata 4 novembre 1786, nella quale Albrici cita la sua macchina pneumatica. La data è precedente al 1791, anno di incarico alla costruzione della pompa oggetto del presente articolo e dunque la lettera non si riferisce a questa. Nella lettera Albrici chiede a Mascheroni di informarsi sulla qualità delle pelli che chiudono i buchi e di «procurare di mandarmene qualche pezzo se fossero di qualche animale forestiero». Si riferisce in particolare alle pelli che chiudono i buchi degli stantuffi e i buchi inferiori dai quali si assorbe l'aria, che fanno la funzione delle valvole nelle trombe ad acqua. Evidentemente Albrici aveva già costruito in precedenza una pompa pneumatica secondo un modello che prevedeva l'uso di valvole in pelle.

⁸ Biblioteca Civica "Angelo Mai" di Bergamo, MMB 668, p. 128. Lettera del 21 gennaio 1793 indirizzata da Albrici a Mascheroni.

Delle «cose di invenzione sua» si dirà in seguito.

Infine gli inventari del Gabinetto di Fisica del Collegio Mariano citano la pompa pneumatica, a partire dal primo, datato 1793 e sottoscritto da Giovanni Albrici,⁹ poi il secondo, datato 1804,¹⁰ e il terzo del 1817.¹¹ In tutti è descritta con parole simili una pompa a due cilindri, dotata di accessori racchiusi in un cassetto dentro il piedistallo.

Ma è l'inventario del 1850¹² che della stessa pompa riporta una descrizione più dettagliata; nella sezione «Apparati fondati sulle proprietà dell'aria», al numero 2 si legge:

Macchina pneumatica e di compressione coi corpi di tromba in ottone e con tutte le altre parti in ottone montata sopra una specie di torre in legno di noce. Questa macchina è stata costruita il secolo scorso da artisti bergamaschi, ma ad onta della sua vecchiezza non è molto deperita e funziona ancora discretamente.

La descrizione corrisponde alla pompa di cui ci stiamo occupando.

I documenti danno quindi forza all'ipotesi che la pompa sia stata progettata e costruita dal macchinista Giovanni Albrici.

Durante gli studi che hanno accompagnato il restauro della pompa, è emerso che il modello seguito nella sua costruzione s'ispira alla pompa ideata dal costruttore di strumenti John Cuthbertson, attivo a Londra negli anni compresi fra la fine del Settecento e l'inizio dell'Ottocento.¹³ Questa pompa fu descritta in numerose pubblicazioni dell'epoca in diverse lingue, e certamente Albrici ebbe l'occasione di leggere una di queste descrizioni. Grazie ad esse (Cuthbertson 1787; Adet 1798) e alle immagini che le corredano (Fig. 2) è stato possibile confrontare la pompa di Bergamo con il modello originale.

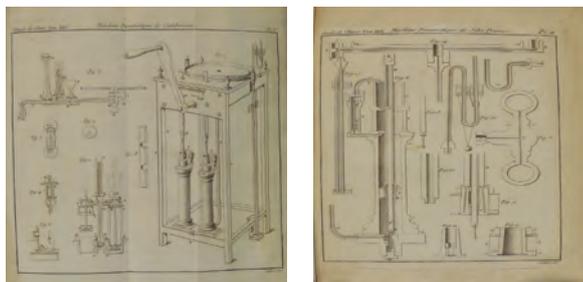


Fig. 2. Sinistra: tavola tratta dagli «Annali di Chimica» (Adet 1798) in cui in Fig. 7 è rappresentata la Pompa di Cuthbertson nel suo insieme. Destra: nella tavola tratta dallo stesso testo sono rappresentati i particolari della pompa

⁹ Biblioteca Civica «Angelo Mai» di Bergamo, Archivio del Consorzio Misericordia Maggiore, MIA 3509.

¹⁰ Biblioteca Civica «Angelo Mai» di Bergamo, AB 151.

¹¹ Liceo «Paolo Sarpi», Archivio storico, LXIII, 10 dicembre 1817.

¹² Liceo «Paolo Sarpi», Archivio storico, CCLXXXV, Catalogo metodico, p. 42, n. 2.

¹³ Di Cuthbertson si ricorda specialmente la grande macchina elettrostatica costruita per Martinus van Marum e oggi conservata al Teyler Museum di Haarlem.

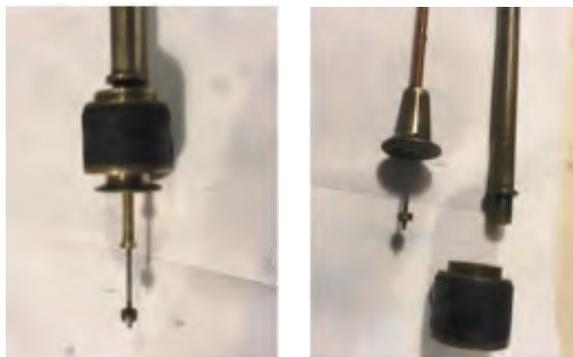


Fig. 3. Pistone della pompa Albrici con la valvola azionata meccanicamente

A parte il supporto che, assai sobrio nella pompa del Cuthbertson, nella pompa Albrici è in legno di noce, imponente, con intagli e modanature decorative, il meccanismo di funzionamento è sostanzialmente simile nelle due pompe, pur con alcune differenze.

Entrambi i modelli prevedono il piatto in ottone, destinato ad accogliere la campana di vetro, montato nella parte alta del sostegno; il manometro, costituito da lunghi tubi barometrici, è inserito in un telaio di legno di noce ed è montato lateralmente; un tubo in ottone – ricurvo nella pompa Cuthbertson e diritto nella pompa Albrici – collega il foro centrale del piatto con la base dei cilindri della pompa. Entrambi i modelli utilizzano corpi di tromba costituiti da due cilindri in ottone nei quali scorre il pistone formato da dischi di cuoio pressato tra due anelli d'ottone (Fig. 3).

Il pistone è azionato da un'asta cilindrica cava, collegata alla cremagliera, sulla quale è inserito un pezzo conico che si incastra perfettamente in un apposito incavo del pistone. Nell'asta cilindrica scorre un'altra asta in ottone sulla quale è imperniata la valvola che chiude sul fondo del cilindro il foro di comunicazione con il recipiente da cui evacuare l'aria. Quando il pistone scende, esso si allontana dal corpo conico collegato alla sua asta e l'aria sotto il pistone passa sopra di esso, mentre la valvola è chiusa. Quando il pistone sale, la valvola si apre, il corpo conico aderisce al pistone e l'aria viene estratta dal tubo lungo e, di conseguenza, dalla campana da evacuare. Come nella pompa Cuthbertson, il movimento del pistone aziona meccanicamente l'apertura e la chiusura delle valvole, diversamente da quanto avviene nei modelli precedenti nei quali l'apertura è determinata dalla differenza di pressione. Questo è probabilmente l'apporto più importante di Cuthbertson allo sviluppo delle pompe pneumatiche.

Ai cilindri sono collegati due serbatoi per la raccolta dell'olio sormontati da beccucci ricurvi e dotati di un rubinetto (Fig. 4).

Durante la risalita del pistone, l'aria che è sopra di esso è spinta insieme all'olio in eccesso, attraverso un tubicino posteriore, nei serbatoi per la raccolta dell'olio e, attraverso i beccucci ricurvi, dispersa nell'atmosfera. Nella pompa Cuthbertson, all'interno dei serbatoi, vi è un'asta metallica che, alla discesa del pistone, chiude per gravità il foro in basso, impedendo all'aria di rientrare nel cilindro. Nella pompa di Albrici queste valvole sono andate perdute.



Fig. 4. Particolare dei recipienti in cui scorrono le cremagliere lubrificate dall'olio che esce dai beccucci ricurvi insieme all'aria evacuata dal recipiente

La pompa conservata a Bergamo, oltre a produrre il vuoto, è in grado, come lo stesso Albrici afferma, di comprimere l'aria all'interno di una campana. Anche la pompa Cuthbertson può svolgere questa funzione, ma i due modelli differiscono per diversi particolari costruttivi.

Nella pompa Albrici, il recipiente in cui comprimere l'aria deve essere posto sul piatto in ottone e trattenuto saldamente dal telaio in legno montato sul ripiano superiore della pompa (Fig. 5, sinistra). Il tubo collegato al foro centrale del piatto è dotato di un rubinetto a due vie (Fig. 5, destra) che, in un caso, permette all'aria risucchiata dal piatto di passare nel tubo lungo e da qui alla base della pompa (in questo modo la pompa funziona come pompa a vuoto); nell'altro, chiudendo la comunicazione con il tubo lungo, apre quella con un secondo tubo più corto nel quale si incanala l'aria proveniente dai cilindri per essere compressa nella campana. Il pezzo di ottone che sorregge i serbatoi dotati di beccuccio ricurvo è forato in modo da consentire il passaggio dell'aria proveniente dai cilindri verso il tubo corto e da qui alla campana.

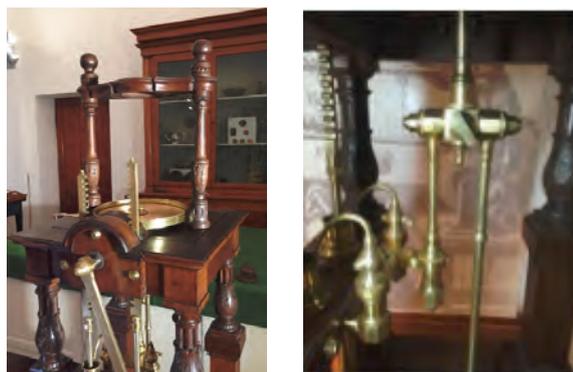


Fig. 5. Sinistra: particolare del telaio sul ripiano superiore che deve trattenere saldamente il recipiente quando la pompa comprime l'aria al suo interno. Destra: rubinetto a due vie che apre la comunicazione con il tubo lungo (la pompa rarefa l'aria) o con il tubo corto (la pompa comprime l'aria)



Fig. 6. Uno dei pistoni prima della pulizia (sinistra) e dopo (destra)

Per funzionare come macchina per comprimere l'aria, è necessario che siano chiusi i rubinetti posti sotto i beccucci ricurvi e aperto il tappo alla base dei cilindri da cui può entrare l'aria.

Azionando la pompa, l'aria esterna entra nei cilindri e viene spinta nel tubo corto e da questo nel recipiente sul piatto.

L'intervento di restauro della pompa è stato eseguito presso la "Fondazione Scienza e Tecnica" di Firenze e fa parte di una più ampia collaborazione con il Museo "Caffi" di Bergamo per il restauro di un gruppo di strumenti della loro collezione.¹⁴

La macchina, prima dei lavori, si presentava in cattivo stato di conservazione, non funzionante, con diverse evidenti mancanze e le parti in ottone con estese ossidazioni e solfazioni. Fin dall'inizio il ripristino del funzionamento della macchina è sembrato un obiettivo difficilmente perseguibile, come infatti si è poi constatato. La pompa ha delle soluzioni costruttive uniche, ideate dall'Albrici e per le quali non abbiamo documentazione dettagliata, le ricostruzioni delle parti essenziali per il funzionamento sarebbero state quindi arbitrarie e avrebbero alterato la macchina. Anche la sostituzione delle parti compromesse è stata giudicata quasi sempre inadeguata, come nel caso del cuoio dei pistoni, per la conservazione del valore storico dell'oggetto, non essendo peraltro sufficiente a rendere il funzionamento.



Fig. 7. Alcuni elementi d'ottone prima della pulizia e della verniciature (a destra nelle foto) e dopo (a sinistra nelle foto)

¹⁴ Si veda nota 2.



Fig. 8. Sopra: alcune guarnizioni inservibili. Sotto: le guarnizioni ricostruite

Lo smontaggio della macchina ha permesso di poter intervenire separatamente sui diversi materiali, ispezionare le parti interne e valutarne lo stato. Durante lo smontaggio si è dovuto tenere conto dell'esatta posizione di ciascuno degli elementi non essendo questi intercambiabili. I pistoni erano saldamente bloccati nei cilindri per un corposo deposito molto indurito di olio¹⁵ utilizzato durante il funzionamento ed è stato necessario un lungo intervento per separarli. Lo stesso deposito verde scuro è stato trovato diffusamente nelle varie parti della macchina.

Potendo ispezionare le parti interne abbiamo riscontrato alcune mancanze e la rottura dell'estremità inferiore del tubo d'ottone che collega il piatto con i cilindri. Particolare cura si è avuta nel ripristinare lo scorrimento del pistone, il suo meccanismo interno e le valvole. Lo smontaggio delle parti in ottone ha confermato un'originaria leggera laccatura eseguita con la tipica vernice di finitura degli strumenti scientifici che però era completamente perduta.

L'ottone è stato ripulito dal deposito con petrolio ed essenza di petrolio, ed è stato necessario rimuovere l'ossidazione superficiale. Laddove era originariamente laccato è stata riapplicata a spruzzo un'adeguata vernice a base di alcol e di gommalacca.¹⁶

Le parti in cuoio risultavano molto deteriorate e, per quanto riguarda le guarnizioni delle giunzioni a tenuta d'aria, si è deciso di ricostruirle, anche per la necessità di riassemblare in maniera stabile le parti fra le quali era necessario lo spessore del cuoio.

Il castello in legno è stato ripulito meccanicamente e con alcol in modo da rimuovere il deposito di polvere e anche parte delle abbondanti verniciature date nel tempo, reintegrato con le piccole parti mancanti e protetto con leggera finitura. Nonostante non presentasse tracce di infestazioni in corso è stato preventivamente trattato con antitarlo. La macchina infine è stata interamente rimontata ed è pronta ad accogliere i tubi barometrici che verranno rimontati al rientro della pompa presso il Museo "Caffi".

¹⁵ Molto probabilmente è stato usato l'olio di oliva citato nei documenti.

¹⁶ La vernice utilizzata è stata messa a punto nel laboratorio dove è usata da anni; formulata secondo la letteratura storica, riproduce le caratteristiche di quella originale. Per approfondire vedi (Giatti, Lanterna 2014, pp. 165-180).

Bibliografia

- Adet P.A. (1798). “Description des Machines Pneumatiques perfectionnées par Prince et Cuthbertson; suivie d’observations sur ces Machines”. *Annales de Chimie, ou Recueil de Mémoires concernant la Chimie*, XXV, p. 126.
- Cuthbertson J. (1787). *Description of an improved air-pump, and an account of some experiments made with it, by which its superiority above all other air-pumps is demonstrated*. Amsterdam: Hayman.
- Giatti A., Lanterna G. (2014). *Caratterizzazione non invasiva delle vernici da ottone degli strumenti scientifici: ricette storiche, realizzazione di provini verniciati, ricerca analitica e applicazioni in situ su strumenti storici*, in *OPD restauro* n. 26. Firenze: CentroDi.
- Prescott G.F. (1934). *Handbook of the Collections illustrating Pumping Machinery*. South Kensington: Science Museum.
- Serra Perani L. (2016). *Gli strumenti di Fisica del Museo di Scienze naturali “Enrico Caffi” di Bergamo*, in Tucci P. (a cura di), *Atti del XXXIV Convegno Nazionale della Società Italiana di Storici della Fisica e dell’Astronomia* (Firenze 10-13 settembre 2014). Pavia: Pavia University Press.
- Serra Perani L., Brenni P. (2012). *La Macchina Planetaria che rappresenta il Sistema solare del Mondo di Giovanni Albrici*, in Mantovani R. (a cura di), *Atti del XXX Convegno Nazionale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell’Astronomia* (Urbino 30 giugno-3 luglio 2010). Urbino: Argalia.
- Tassi F.M. (1793). *Vite de’ pittori scultori e architetti bergamaschi*. Bergamo: Locatelli.

DIDACTICS OF PHYSICS

Mach, the principles of dynamics and Newton's bucket

Pietro Cerreta - Associazione Scienza Viva, Centro della Scienza, Calitri -
pietro.cerreta@tin.it

Abstract: Some years ago we built *The Newton's bucket*, an interactive exhibit that shows the curvature of water in a rotating cylinder. In his *Principia*, Newton referred to it as a proof of the existence of the absolute motion. In the book *The science of mechanics; a critical and historical account of its development*, Ernst Mach demonstrated how weak Newton's conclusion was, affirming that "if we take our stand on the basis of facts, we shall find we have knowledge only of relative spaces and motions". The "facts", pertaining to the motions relative to the rotating bucket, can be well explained using our exhibit: we will do this also by means of some videos. At the same time, we will also take into account the conceptual aspects that made Mach's critical analysis of the statements in the *Principia* and his attempt to reformulate them so famous.

Keywords: *Principia*, Mechanics, historical-critical method, absolute space.

1. In ricordo di Ernst Mach, fisico e storico della Fisica

Leggendo le cronache culturali italiane di questo 2016, mi sono stupito di non aver trovato, almeno finora, alcun avvenimento che ricordasse Ernst Mach a cent'anni dalla morte. Eppure Mach è stato un fisico che ha occupato la scena scientifica di fine Ottocento e d'inizio Novecento in un modo del tutto singolare, sia per quel che ha prodotto da sé, sia per l'influenza che ha esercitato sugli scienziati contemporanei. Si pensi a Einstein il quale, grazie a quel che lui stesso definì come *Principio di Mach*, lo riteneva quasi un precursore della relatività. E si pensi alla reazione di Boltzmann di fronte all'affermazione sprezzante con la quale Mach, empiriocriticista, asseriva che non esistevano gli atomi, perché a quel tempo non erano osservabili.

Epistemologo e fisiologo oltre che fisico, la sua personalità si distinse in diversi campi del panorama scientifico del tempo in cui visse. Non è un caso che, oltre un decennio dopo la morte, nel 1929, sia sorto a Vienna un Circolo intitolato al suo nome. Tuttavia, quel che interessa di più, qui, è che egli sia stato principalmente uno storico della Fisica e che le sue idee storiografiche non cessino di far discutere.

Dovendo essere breve, mi limiterò a prendere in considerazione solo il suo libro sulla Meccanica: *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*. Esso, tradotto in diverse lingue e uscito in ben nove edizioni tra il 1883 e 1933, risultò un'opera di grande successo. Preferisco la traduzione del titolo con *I principii della meccanica esposti criticamente e storicamente nel loro sviluppo* della prima edizione

italiana del 1909, piuttosto che con *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico* (Mach 1977) con cui la Boringhieri in seguito, nel 1968, lo ripresentò al pubblico. Trovo che le parole “criticamente” e “storicamente” del primo titolo chiariscono bene ciò che vuol dire l'autore quando, nella prefazione, egli dichiara l'intento di voler mettere «a nudo» (Mach 1977, p. 27) il nucleo dei concetti della Meccanica, che col tempo si è «avviluppato» entro un particolare apparato concettuale, e di volerlo fare mediante l'analisi storica. Questo intento invece è nascosto nell'altro titolo, volutamente sintetico, il quale sembra anzi suggerire che sia stata la Meccanica stessa a essersi sviluppata, di per sé, in modo storico-critico, cosa che non avrebbe senso.

In realtà si definisce storico-critico un metodo di analisi e non un tipo di evoluzione. Il metodo storico-critico aveva mostrato la sua efficacia in campo umanistico, in particolare nell'esegesi biblica. Adottandolo nello studio della Meccanica, Mach introduce nell'ambito scientifico qualcosa di nuovo. Non esiste, tuttavia, nessuna evidenza documentale che ciò sia avvenuto in seguito a precise influenze metodologiche extra-scientifiche.

È bene chiarire subito che lo scopo ultimo di Mach non era quello di esaltare la Meccanica come eccezionale prodotto del pensiero umano, ma di mostrarne la fragile natura storica con l'intento di perfezionarla. Vista in tal modo, egli negava che i concetti meccanici fossero in grado di fungere da base a tutte le altre branche della Fisica, come molti sostenevano, e si opponeva al sopravvento della filosofia meccanicista, che traeva forza da quest'opinione. E mentre ad esempio Hertz era piuttosto morbido nell'osservare che

tutti i fisici concordano che il problema della fisica consiste nel ricondurre i fenomeni della natura alla meccanica. Ma, su quali siano tali semplici leggi, non sussiste già più lo stesso accordo (Hertz 1894),

il giudizio di Mach era molto più deciso. Egli, infatti, obiettava:

La concezione secondo cui la meccanica è il fondamento di tutte le altre parti della fisica, e perciò tutti i fenomeni fisici debbono essere spiegati *meccanicamente*, è per noi un pregiudizio. La conoscenza più antica in ordine di tempo non deve necessariamente *restare* il fondamento dell'intelligibilità di ciò che è scoperto più tardi. Concezioni del tutto nuove si affermano man mano che si va allargando la sfera dei fenomeni conosciuti e catalogati. Almeno per ora non ci è possibile stabilire se i fenomeni meccanici costituiscano la natura più profonda delle cose o ne siano invece l'aspetto più superficiale. Forse i fenomeni sono *tutti di uguale profondità*. Del resto nella stessa meccanica nessuno considera il principio più antico, quello della leva, come il fondamento di tutte le altre leggi. La concezione meccanicistica della natura ci appare come un'ipotesi storicamente comprensibile, giustificabile, forse anche temporaneamente utile, ma del tutto artificiosa (Mach 1977, p. 484).

Per parlare di Mach e del suo libro ho pensato di seguire un percorso – come si dice oggi – *hands-on*, il quale d'altra parte mette in atto la sua idea principale: in fisica contano i fenomeni, i fatti, più che le costruzioni teoriche ancora impregnate di metafisica.

E il fenomeno dal quale voglio iniziare è quello del secchio di acqua rotante, che Newton pose al centro della dimostrazione dell'esistenza del moto assoluto. Su questa prova si appunta, infatti, la critica di Mach diventata più famosa.

2. I Principia e il secchio di Newton

Nei *Principia* (Newton 1977, p. 109), Newton propose al lettore il seguente esperimento. Sospeso un secchio al soffitto con una corda, lo si faccia girare intorno a essa fino a quando questa, indurita dalla torsione, lo permette. Poi si versi dell'acqua nel recipiente e la si faccia riposare insieme a esso. Quando il pelo del liquido finalmente assume la forma piana, s'imprima al secchio un movimento circolare all'incontrario del precedente. La corda comincia a srotolarsi e l'acqua nel secchio, che prima era ferma, comincia a ruotare, assumendo via via una forma concava a causa della forza centrifuga. Tale forma è la prova, secondo lo scienziato inglese, che l'acqua rotante ora si muove di moto assoluto. Appena all'inizio, invece, quando essa era ancora piana, il moto dell'acqua, visto dal secchio, era solo relativo. Si noti che Newton non esibisce il sistema di riferimento assoluto ma lo dà per sottinteso, limitandosi a dire che il moto finale, in cui si manifesta la concavità, deve essere assoluto. È interessante la spiegazione di Mamiani:

Poiché il moto circolare gradualmente acquisito è del tutto opposto alla situazione iniziale, quando il moto relativo era massimo, Newton conclude che il moto circolare deve essere assoluto, perché aumenta in proporzione alla diminuzione del moto relativo rispetto alla secchia (Mamiani 1965, p. 60).

La prova del moto assoluto fornita da Newton, dunque, è di tipo logico, benché si appigli verbalmente al fenomeno descritto. Essa diventa convincente solo se il lettore è disponibile ad accettare che lo spazio o è assoluto o è relativo, come da lui ipotizzato poco prima nello stesso Scolio, o una via di mezzo. Ed è questa premessa che Mach rifiuta, non la dinamica del moto:

Rispondo che le cose stanno così solo se si accetta fin dall'inizio l'idea di uno spazio assoluto. Se si resta sul terreno dei fatti, egli conclude, non si conosce altro che spazi e moti relativi (Mach 1977, pp. 248-249).

Per Mach, dai fatti è lecito inferire soltanto che, alla fine, l'acqua ruota rispetto alla stanza, alla terra e, se si vuole, alle stelle fisse, ma non rispetto a uno spazio assoluto, che non si sa dove sia. Leggiamo le sue stesse parole al riguardo:

L'esperimento newtoniano del vaso pieno d'acqua sottoposto a moto rotatorio ci insegna solo che la rotazione relativa dell'acqua rispetto alle pareti del vaso non produce forze centrifughe percettibili, ma che tali forze sono prodotte dal moto rotatorio relativo alla massa della Terra e agli altri corpi celesti. Non ci insegna nulla di più (Mach 1977, pp. 248-249).

Mantenuto fermo il secchio, suggerisce poi Mach, s'immagini di far ruotare relativa-

mente a esso tutte le masse del restante universo: chi ci dice che la curvatura dell'acqua non si manifesterebbe anche in tal caso?¹ Solo perché questa prova è impossibile,² dobbiamo forse convincerci che esiste uno spazio assoluto che non vediamo? Aggiungiamo a questo punto che le ragioni di Newton per affermare l'esistenza dello spazio assoluto e infinito non erano fisiche ma teologiche. Lo spazio assoluto presentato nei *Principia*, infatti, è coerente con l'idea dell'esistenza di un grande contenitore spaziale di cui egli parlerà nell'*Opticks*, ma che certamente aveva già in mente a quel tempo: il *Sensorium Dei* (Newton 1704, XXVIII questione), cioè il luogo delle sensazioni in cui Dio è presente alle azioni delle cose del mondo.

Ora, mettendo da parte le parole, passiamo ai fatti proprio come dice Mach, perché in genere l'esperimento del secchio è soltanto immaginato dai lettori dei testi citati e le tesi contrastanti di Newton e di Mach non hanno modo di essere comprese nella dimensione concreta.

Undici anni fa, nel 2005, nel corso delle celebrazioni dell'anno mondiale della Fisica, l'Associazione Scienza Viva, sollecitata da Fabio Bevilacqua, volle realizzare un exhibit ispirato al secchio di Newton. A questa scelta giunse, in parte, per ricordare un caso storico in cui si discutono concetti di relatività, peraltro legato al lavoro di Einstein nel centenario del suo articolo sulla relatività ristretta, e in parte per verificare sul campo l'impatto sui visitatori di fenomeni interpretati diversamente da Newton e da Mach. L'exhibit è ben conservato ed è ancora esposto nel nostro Centro della Scienza, a disposizione degli studenti in visita alla Mostra "Le Ruote Quadrate". Esso è costituito da un grosso cilindro di plexiglas trasparente fissato su una base metallica, la quale è stata tornita *ad hoc* da un artigiano locale. I due oggetti possono ruotare insieme, intorno al loro asse, mediante un ingranaggio a questo collegato, fatto girare da una manovella laterale. Alcuni litri d'acqua occupano stabilmente circa un quarto dell'intero volume del cilindro.

All'inizio, quando la superficie del liquido è in piano, se il visitatore ruota la manovella produce lo stesso fenomeno descritto da Newton. L'acqua comincia a sollevarsi sulle pareti di plexiglas a causa della forza centrifuga che agisce sul liquido a esso aderente. Poi l'ascesa diventa più netta o, come dice Newton, cresce il suo allontanamento dall'asse, fino ad assumere la forma concava, attaccata al cilindro. Visto attraverso il contenitore trasparente, il fenomeno è incantevole, sia quando la cavità pian piano va acquistando il tipico profilo uniforme, continuo e simmetrico come quello di un calice di cristallo, sia quando increspature involontarie vi si frammischiano in modo caotico, indotte da una rotazione troppo rapida. La figura che si ottiene, insomma, ha un'estetica rara, la cui eleganza plastica è tale da farla apparire una sorta di "scultura d'acqua" (Fig. 1).

¹ «Si cerchi di tenere fermo il vaso newtoniano, di far ruotare il cielo delle stelle e di verificare l'assenza delle forze centrifughe» (Mach 1977, p. 246).

² Impossibile perché «l'universo non ci è dato due volte» dice Mach (1977, p. 249). In altri termini ci è dato solo così com'è, ma non pure come sarebbe utile poterlo osservare in questo caso, dopo averlo messo in rotazione rispetto al secchio fermo. Questa idea di Mach, nonostante non sia verificabile, diventa il principio che Einstein definisce *Principio di Mach*.



Fig. 1. La concavità acquisita dall'acqua nel cilindro rotante del nostro "Secchio di Newton"

Tutto ciò può essere visto nel video pubblicato sul nostro sito [Il Secchio di Newton].

Comunque, essendo ineliminabili le vibrazioni causate dalla manovella rotante sul pelo libero dell'acqua, l'osservatore potrebbe essere spinto a interpretarle come segno che l'acqua nel cilindro, all'inizio, non stia veramente in quiete come nel caso del secchio descritto da Newton.

C'è da dire che l'acqua, pur vibrando leggermente, in realtà non ruota, anzi ci mette del tempo prima di cominciare a ruotare col cilindro. Insomma, anche nel nostro exhibit il moto di partenza dell'acqua rispetto al cilindro è del tutto relativo. Per convincersene, è consigliabile guardare anche il seguente video [Il Secchio di Newton col guscio di noce].

Esso mostra dapprima che un guscio di noce galleggia stabile al centro del cilindro, sull'acqua ferma. Cominciando a ruotare la manovella, detto guscio oscilla un po' ma non partecipa immediatamente al moto circolare del liquido. Anzi, è considerevole il ritardo con cui quest'ultimo lo raggiunge nella parte mediana su cui si trova, coinvolgendolo definitivamente nella vorticoso rotazione generale. Ed è proprio questo video a illustrare più adeguatamente la spiegazione data da Newton che abbiamo prima considerato: c'è un trasferimento di moto da quello iniziale, che è chiaramente relativo, con la superficie dell'acqua piana o leggermente vibrante, a quello finale, nel quale l'acqua è in quiete rispetto al cilindro, ma concava. Un moto siffatto, ripeto, è assoluto secondo Newton, a prescindere da quale riferimento si usi per considerarlo, poiché non può che essere tale, visto che non è più relativo al cilindro.

D'altra parte, se tutto a un tratto il cilindro è bloccato con le mani del visitatore, si osserva la progressiva cessazione del trasferimento: l'acqua periferica rallenta rapidamente e tende a diventare piana, mentre quella al centro, pur continuando ancora per un po' a mostrare il suo profilo incurvato, ne subisce man mano gli effetti (Fig. 2). Questa variante dell'esperimento, da noi realizzata, fa capire che il ragionamento di Newton basato sul "trasferimento di moto" da relativo ad assoluto o viceversa non è arbitrario, il suo difetto deriva solo dalla natura metafisica della sua ipotesi iniziale.



Fig. 2. Forma della superficie dell'acqua durante la frenata del cilindro

In definitiva, il visitatore che maneggia il nostro exhibit, oltre a vedere attualizzato con esso uno degli esperimenti più antichi nella storia della scienza moderna, può anche mettersi con la giusta disposizione intellettuale per capire le non facili questioni della relatività dei riferimenti del moto che ha davanti a sé. Il dialogo con l'explainer di Scienza Viva che gli sta di fronte lo aiuterà a comprendere le interpretazioni antitetiche di Newton e Mach. E, con esse, il filo concettuale che ha ispirato Einstein. Considerare Mach in rapporto ai due illustri scienziati è forse il miglior modo per ricordarlo.

Un altro livello di fruizione dello stesso exhibit è lo scoprire coi propri occhi che la forma cava dell'acqua rotante col cilindro è parabolica. La ragione deriva dalle azioni fisiche in atto, durante il moto, sulle singole piccole masse d'acqua messe in rotazione: l'equilibrio dinamico tra la spinta d'Archimede, la gravità e la forza centrifuga agenti su ciascuna di esse. Per convincersene graficamente, basta fotografare la cavità rotante e metterla sullo sfondo di Geogebra.

Non sarà difficile eseguire a questo punto il confronto della cavità fotografata con il profilo di una parabola generica, il cui primo coefficiente può essere variato opportunamente mediante lo slider del programma (Fig. 3).



Fig. 3. Prova grafica con Geogebra della forma parabolica assunta dall'acqua nel cilindro rotante

Prendiamo ora in considerazione un'alternativa ancora più semplice per realizzare il famoso esperimento newtoniano: sfruttare la versione inconsapevolmente presentata da un'insegnante polacca a "Science on Stage 2013", svoltosi a Slubice. A tal proposito, si veda l'altro video [La bottiglia rotante]. Una bottiglia di plastica contenente dell'acqua è sospesa per il tappo a una cordicella e, nel modo descritto da Newton, viene prima costretta a ruotare in un verso, con la cordicella che si attorciglia su se stessa, e poi lasciata ruotare in senso opposto, liberata definitivamente dalla precedente costrizione. Appena l'ho vista, ne ho subito intuito l'utilità perché è di facilissimo impiego, evitando il ricorso al secchio o al cilindro, che sono ingombranti e poco maneggevoli, nonché alla corda attaccata al soffitto o agli ingranaggi della manovella che non tutti possono permettersi di realizzare. L'unico difetto di questo dispositivo è che il moto parabolico esibito è alquanto effimero e, per questo, le riflessioni da esso concesse non permettono una interpretazione accurata, mentre i fatti avvengono.

Nel mostrare detto fenomeno, la collega sorrideva compiaciuta, ma non aggiungeva alcun commento, come se tutto si risolvesse in un bel gioco. Per lei quel che stava eseguendo era solo qualcosa gradevole a vedersi, una dimostrazione implicita degli effetti indotti sull'acqua dalla forza centrifuga, ma niente di più. Infatti, non sentiva il bisogno di accennare, almeno in poche parole, allo spazio assoluto di Newton, alla critica di Mach e alla deduzione di Einstein, con i loro scogli concettuali tanto duri per i fisici. Nulla vieta, però, a chi ha sensibilità storica ed epistemologica di adoperare proprio tale semplicissima apparecchiatura per avvertire gli alunni della profondità concettuale dell'esperimento.

3. I Principi della Dinamica e la loro riformulazione

Oltre che per l'argomento del secchio di Newton fin qui esposto, Mach va ricordato anche per l'analisi critica dell'intera struttura formale che lo scienziato inglese aveva dato alla Dinamica. Egli va ricordato inoltre perché, a seguito di detto esame, tentò di riformularla in modo a parer suo più adeguato, aggiornandola alle sue visioni epistemologiche. Che si sentisse in quei tempi la necessità di rivedere l'obsoleto impianto newtoniano lo rivela anche Hertz, il quale scrive:

È molto difficile esporre i concetti introduttivi della meccanica ad attenti ascoltatori, senza qualche imbarazzo, senza avvertire il bisogno di quando in quando di chiedere scusa, senza desiderare di passare al più presto oltre i primi elementi per giungere a degli esempi che parlino da soli. Immagino che anche Newton debba aver sentito lo stesso imbarazzo (Hertz 1899).

Ma torniamo a Mach, riassumendo brevemente le questioni più rilevanti da lui affrontate nella critica a Newton.

La definizione di massa è tautologica. La massa, definita come quantità di materia di un corpo, «è la misura della medesima ricavata dal prodotto della sua densità per il volume» (Newton 1977, p. 91). Ma cosa è la densità, dice Mach, se non la massa fratto il volume ($d = m/V$)? Allora $m = (m/V)*V = m$, cioè una definizione del tutto tautologica.

La prima legge della dinamica è contenuta nella seconda ($F = ma$).

La prima legge enuncia: «Ciascun corpo persevera nel proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, eccetto che sia costretto a mutare quello stato da forze impresse» (Newton 1977, p. 113). Invece la seconda legge afferma: «Il cambiamento di moto è proporzionale alla forza motrice impressa, e avviene lungo la linea retta secondo la quale la forza è stata impressa» (Newton 1977, p. 114). È del tutto ovvio dunque che, se la forza è nulla, il cambiamento di moto sia anch'esso nullo, e pertanto, non essendoci cambiamento di moto, che il corpo resti fermo o si muova di moto rettilineo uniforme.

C'è circolarità tra definizione di forza e la seconda legge della dinamica.

La definizione di Newton della forza impressa (la sua quarta definizione) è la seguente: «Una forza impressa è un'azione esercitata sul corpo al fine di mutare il suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme» (Newton 1977, p. 95). La seconda legge è stata appena ricordata. Mettendole insieme si ricava: «Il cambiamento di moto è proporzionale a ciò che ha il fine di mutare lo stato di quiete o di moto rettilineo di un corpo», dunque è proporzionale a se stesso. Si tratta dunque di un'altra circolarità concettuale.

Mach scrive a tal proposito:

Si vede subito che la prima e la seconda legge sono già contenute nella definizione della forza, secondo la quale senza forza non si verifica accelerazione, e quindi si verifica quiete o moto rettilineo uniforme. Dire che la variazione del moto è proporzionale alla forza, dopo che l'accelerazione è stata definita come misura della forza, significa cadere in una tautologia inutile. Per evitarla sarebbe stato sufficiente chiarire che le definizioni premesse non sono definizioni matematiche arbitrarie, ma proprietà dei corpi date dall'esperienza (Mach 1977, p. 262).

Con tale intento, Mach provò a riformulare la Dinamica sostituendo gli enunciati newtoniani con altri che avessero, a suo giudizio, «maggiore semplicità e migliore ordine metodologico» (Mach 1977, p. 263). Lo fece seguendo l'impostazione più coerente con il suo punto di vista di empiriocriticista: economica, per essere meglio appresa dagli studenti, e antimetafisica, depurata dagli orpelli che non vengono dall'esperienza.

La prima legge di Mach diventò una proposizione sperimentale: «Corpi posti l'uno in presenza dell'altro determinano, in circostanze che devono venire stabilite dalla fisica sperimentale, *accelerazioni* opposte l'una all'altra nella direzione della loro linea di unione. (La legge d'inerzia è già contenuta in questa proposizione.)» (Mach 1977, p. 263).

E per superare la difficoltà presentata dal concetto newtoniano di massa egli introdusse al suo posto la seguente definizione: «Il rapporto delle masse dei due corpi è il rapporto inverso delle loro rispettive accelerazioni preso con segno negativo» (Mach 1977, p. 263).

Non importava che questo significasse impiegare il contenuto sperimentale della terza legge di Newton: $m_2 = -m_1 \cdot a_1/a_2$.

La seconda legge di Newton diventò la definizione del concetto di forza: «Una forza motrice è il prodotto della massa di un corpo per l'accelerazione impressagli» (Mach 1977, p. 263). La disinvoltura di questa decisione lascia davvero a bocca aperta chi ritiene che $F = ma$ sia l'equazione fondamentale della Dinamica e non una definizione. È

interessante riportare a questo punto l'opinione di Poincaré, espressa sulla stessa scia riformatrice di Mach:

I principi della dinamica ci apparivano, in principio, come verità sperimentali. Ma siamo stati obbligati a impiegarli come definizioni. È per definizione che la forza è uguale al prodotto della massa per l'accelerazione. Ecco un principio posto ormai al di fuori degli attacchi di ogni altra ulteriore esperienza. Ed è ancora per definizione che l'azione è uguale alla reazione. Ma allora, si dirà, questi principi inverificabili sono assolutamente privi di ogni significato, l'esperienza non può contraddirli, ma non possono insegnarci nulla di utile. Perché allora studiarli? (Poincaré 1989, p. 119).

Lo stesso Poincaré, inoltre, sostenendo viepiù l'idea di Mach che la Meccanica è un prodotto storico e non una verità dogmatica, aggiunge poco dopo:

La legge dell'accelerazione, la regola di composizione delle forze, non sono, dunque, che convenzioni arbitrarie? Convenzioni, sì; arbitrarie, no. Lo sarebbero se si perdessero di vista gli esperimenti che hanno indotto i fondatori della scienza ad adottarle, e che, per quanto imperfetti siano, bastano a giustificarle. È utile, di tanto in tanto, riportare la nostra attenzione sull'origine sperimentale delle convenzioni (Poincaré 1989, p. 123).

Insomma, si andò affermando un filone di pensiero secondo il quale, come dice Alfonsina D'Elia:

i concetti e i principi, la teoria meccanica stessa possono essere detti convenzionali. Essi rispecchiano la conoscenza relativa di un'epoca storica, di una condizione umana (Mach 1977, Introduzione, p. 21).

Della riformulazione della Dinamica di Mach oggi nessuno ricorda granché, perché non ebbe successo. Tuttavia è certo che, attraverso Hertz e Poincaré e via via, in seguito, attraverso finanche il PSSC, il PPC ed altri importanti testi didattici ancora, essa ha alimentato la tendenza ad accettare la didattica della fisica come metodo convenzionale per risolvere i problemi. Kuhn avrebbe definito questo aspetto come paradigmatico. Non potendo sviluppare fino in fondo qui questo tema, ci limitiamo a coglierne la presenza in certe affermazioni che compaiono nei moderni libri di testo di fisica, ad esempio l'Halliday-Resnick, sul quale si sono formate generazioni di studenti universitari:

Anche se non capirete completamente ciò che le leggi della dinamica dicono, disponetevi a risolvere il vostro problema nella maniera approvata e tutto andrà bene (Halliday, Resnick 1960, pp. 88-89).

Bibliografia

- Halliday D., Resnick R. (1960). *Physics*. New York: Wiley & Sons.
- Hertz H. (1889). *Principles of Mechanics*. New York: Macmillan.
- Hertz H. (1894). *Die Prinzipien der Mechanik in neuen Zusammenhänge dargestellt*. Leipzig: Barth. [Traduzione italiana in Gottardi G. (a cura di) (1996). *I principi della meccanica (presentata in connessione nuova)*. Pavia: La Goliardica Pavese].
- Newton I. (1704). *Opticks, or a treatise on the reflexions, refractions, inflections and colours of light*. London: Smith.
- Newton I. (1977). *Principi Matematici della filosofia naturale*. Torino: UTET.
- Mach E. (1977). *La Meccanica nel suo sviluppo storico critico*. Torino: Boringhieri.
- Mamiani M. (1995). *Newton*. Firenze: Giunti Lisciani.
- Poincaré H. (1989). *La scienza e l'ipotesi*. Bari: Dedalo.

Sitografia

- [Il Secchio di Newton]. URL: <http://www.scienzaviva.it/video_Newton_2017_03.php> [data di accesso: 30/04/2017]
- [Il Secchio di Newton col guscio di noce]. URL: <http://www.scienzaviva.it/video_Newton_2017_02.php> [data di accesso: 30/04/2017].
- [La bottiglia rotante]. <http://www.scienzaviva.it/video_Newton_2017.php> [data di accesso: 30/04/2017].

An algorithm-based introduction to the evolution of physical systems

Eliana D'Ambrosio - Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini", Università degli Studi di Napoli "Federico II" - elianadambrosio5@gmail.com

Rodolfo Figari - Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini", Università degli Studi di Napoli "Federico II" - figari@na.infn.it

Emilio Balzano - Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini", Università degli Studi di Napoli "Federico II" - balzano@na.infn.it

Abstract: We propose a unified introduction to evolution equations of classical and (simple) quantum physical systems. Our attempt is to circumvent the lack of mathematical knowledge with the use of simplified forms of numerical analysis. We consider a discretized space-time where the evolution equations become recurrence relations that students are first required to handle with the use of a spreadsheet. Given any initial condition, solutions at any future time are computed and graphically represented. The continuous space-time limit is then qualitatively obtained looking at the solutions on a scale where discretization become unnoticeable, avoiding all mathematical details. The aim is to allow students to autonomously examine dynamical features of complex systems whose study is generally considered too complicate to be part of a Physics course in high school as well as in the college level General Physics courses (e.g. many body gravitational systems, large amplitude pendulum oscillations, stochastic dynamical laws, quantum wave packet evolution etc.). In this way students can investigate the effectiveness of dynamical laws in modeling the evolution of real world systems.

Keywords: Physics education, dynamic laws, learning modern physics, numerical solution algorithm, secondary school.

1. Introduction

The Italian Ministry of education guidelines about Physics teaching recommend that the new generations' scientific knowledge includes some selected items of modern physics (Indire). Nevertheless, teachers meet known pedagogical difficulties in complying such recommendations. On one hand, high school students do not have the mathematical skills needed for an introduction, not simply informational of the modern theories

basics. On the other hand, the educational laboratories have not available the experimental setups necessary to reproduce key experiments in modern physics. Furthermore, the experiments outcomes are massively interpreted by the use of the theory itself. Consequently, the implementation of the guidelines about new Physics teaching is highly problematic.

These difficulties insert themselves in a context that is already fragile: in fact, students seem not to be very keen on Physics and, more in general on Science. Physics is often taught as an arid list of laws or as fragments of knowledge linked only by the chronological order in which they were discovered. Some European researchers (Sjøberg 2002) are convinced that a probable cause of the lack of interest in Physics is the way in which the subject is presented: it is often overloaded with information and data and tends to provoke “a mechanical learning without a deeper comprehension” instead of focusing on “big and fundamental ideas and principles”.

Most of the introductions to quantum physics trying to comply with the guidelines use a historical approach. Even though it is essential to show the incompatibility between experimental evidence and classical knowledge, such an approach cannot be adopted rigidly.

For example, high school students are generally not introduced either to the problem of equilibrium of classical radiation in a cavity or to the radiation by accelerated charges. As a consequence they cannot catch the reasons of Planck's hypothesis and the absence of stable orbits for classical point charges in mutual interaction. So it is evident that, in order to draw concretely achievable introductions in the high school, it is necessary to take into consideration students' knowledge.

Nowadays many scientific education researches indicate the importance of using technological applications as teaching support: in fact, they are important resources to comprehend the physical world with a scientific approach. Both new technological tools and common software (i.e. database, spreadsheets, graphics programs, etc.) are considered as key elements for the development of teaching and learning, as well as modeling, visualization and simulation of processes. Their effectiveness is especially evident in the presentation of physical models. In this domain, the information technology enables to explore phenomenology and theory; it also helps to understand the transition from the physical world to the abstract structure representing it. It is well known that this passage is not so straightforward in quantum physics. Several teaching strategies suggest the use of specific software and multimedia presentation to introduce basic concepts in modern physics and quantum physics in particular (Muller, Wiesner 2002; Zollman *et al.* 2002; Kohnle *et al.* 2010). The goal is to fill the gap between the abstract formalism of quantum mechanics and the qualitative understanding necessary to explain, comprehend and predict the evolution of physical systems. Other educational approaches show that computational physics, besides being an effective way to find approximate solutions to specific problems in the absence of advanced mathematical knowledge, can help students to understand the basic physics concepts (Hugdahl, Berg 2015). In this last direction, in particular by using simplified forms of numerical analysis, we propose a unified introduction to the dynamical equations of physics with the aim to allow students to investigate the evolution of classic systems as well as of stochastic and

quantum systems and to approach both the theoretical features and the computational aspects of the evolution equations.

2. An algorithm-based introduction to the evolution of physical systems

Our idea is to simplify the computational methods to adapt them to computer skills of high school students. So we propose an approach to numerical computation through recursive algorithms that will be implemented by a spreadsheet. We chose it as computer support because it is largely used in school contexts and because we consider it an ideal environment for an intuitive approach to numerical solutions of the differential equations governing a theory. In this way, without having previous knowledge of programming languages, students can easily implement the algorithm and focus their attention on relevant dynamical features of the solutions.

More precisely, we consider a discretized space-time where the evolution equations become recurrence relations that students are first required to handle with the use of a spreadsheet. Given any initial condition, solutions at any future time are computed and graphically represented. The continuous space-time limit is then qualitatively obtained looking at the solutions on a scale where discretization become unnoticeable, avoiding all mathematical details. However, it is clear that the student should be convinced about the fact that as long as there is no absolute minimal time interval value (as it is the case when a continuous model of time is assumed) a rigorous theory is missing until the value of t remains unspecified. In this way we suggest a unified methodology to analyze the evolution laws of classical, stochastic and (simple) quantum systems. In our opinion, there are some advantages in such a presentation that are worth mentioning:

- the dynamical laws are not simply stated, but analyzed on the basis of their effectiveness in modeling the evolution of real world systems;
- students are enabled to autonomously examine dynamical features of complex systems, whose study is generally considered too complicate to be part of a Physics course in high school as well as in the college level General Physics courses (e.g. many body gravitational systems, large amplitude pendulum oscillations, stochastic dynamical laws, quantum wave packet evolution etc.);
- students are provided with some preliminary skill for examining how solutions depend on the initial conditions and on dynamical parameters;
- the possibility to compute and analyze approximate solutions of the evolution laws allows to make a first comparison between classical, stochastic and quantum world, to highlight the distinctive role played by probability in different contexts and to appreciate to what extent classic categories lose their meaning in the quantum context.

The only prerequisite to our algorithm-based introduction to the evolution of physical systems consists in knowledge of vector algebra and of some concepts of kinematics that supply the following equalities about the variation of position and velocity:

- The total displacement is equal to sum of N displacements between any time t and its next $t + \Delta t$, and each displacement is given by the “average velocity” (in the time interval Δt):

$$\begin{aligned} \vec{r}(t_N) - \vec{r}(t_0) &= \sum_{i=1}^{i=N} (\vec{r}(t_i) - \vec{r}(t_{i-1})) = \sum_{i=1}^{i=N} \frac{(\vec{r}(t_i) - \vec{r}(t_{i-1}))}{t_i - t_{i-1}} (t_i - t_{i-1}) \quad (1.1) \\ &\cong \sum_{i=1}^{i=N} \vec{v}_{t_{i-1}, t_i} (t_i - t_{i-1}) \end{aligned}$$

with the “average velocity” between times t and $t' > t$ defined as

$$\vec{v}_{t, t'} \equiv \frac{\vec{r}(t') - \vec{r}(t)}{t' - t}.$$

- In the same way, the total velocity variation is

$$\begin{aligned} \vec{v}(t_N) - \vec{v}(t_0) &= \sum_{i=1}^{i=N} (\vec{v}(t_i) - \vec{v}(t_{i-1})) = \sum_{i=1}^{i=N} \frac{(\vec{v}(t_i) - \vec{v}(t_{i-1}))}{t_i - t_{i-1}} (t_i - t_{i-1}) \quad (1.2) \\ &\cong \sum_{i=1}^{i=N} \vec{a}_{t_{i-1}, t_i} (t_i - t_{i-1}) \end{aligned}$$

defining the “average acceleration” between times $t' > t$ as

$$\vec{a}_{t, t'} = \frac{\vec{v}(t') - \vec{v}(t)}{t' - t}$$

2.1. Classical dynamics

The evolution equations of classical dynamics can be presented retracing Newton’s ideas about the reconstruction of the planets motion evolution. Newton’s idea consisted in attributing preliminarily a cause to the motion of bodies: the “forces” acting on them. Then, in detailing quantitatively their effects. According to the laws of motion, forces, expressing the interaction between bodies, generate velocity changes. He realized that a large class of motions (the “natural ones”) could be explained with the single hypothesis of the existence of the gravitational force acting between material bodies.

In this way, he was able to make available a unified explanation of the Keplerian orbits of planets, of the free fall motion of bodies close to the earth surface, of the small oscillations of the pendulum etc.

The “two steps” procedure conceived by Newton to compute solutions of the dynamical equations (used in particular in the analysis of the “two-body problem”) consists in solving for “short Δt ” the following pair of recurrence equations:

$$\begin{cases} \mathbf{x}(t + \Delta t) - \mathbf{x}(t) = \mathbf{v}(t) \cdot \Delta t \\ \mathbf{v}(t + \Delta t) - \mathbf{v}(t) = \mathbf{F}(\mathbf{x}(t), t)/m \cdot \Delta t \end{cases} \quad (1.3)$$

where the a-priori known $F(x(t), t)$ is the force acting on the pointlike body at instant t (when it is in the position $x(t)$).

When position and velocity (and, in turn, the force) are known at the initial time, the recurrence equations return position and velocity at any time $n\Delta t$. The Newton procedure (1.3) can be implemented in the spreadsheet. Each computational step consists in fact in the copy and paste of the previous line, where the recursion formulas are written via relative references (apart from fixed parameters appearing as absolute references).

The algorithmic calculation is easily approachable by new generations of students (born with the computer) and put into their hands the great predictive power of the dynamics laws. The procedure outlined above can be applied to few examples of classical systems, which are considered, in general, too complicate to be presented in an elementary physics course. The aim is to show that the acquisition of qualitative and quantitative understanding of relevant features of the evolution of complex system is surely within high school students’ reach.

In the following we desire to mention all the paradigmatic cases we examined via numerical computation implemented in a spreadsheet.¹

It is possible to apply the numerical computation procedure of the solution to (1.3) to the case of the *oscillatory motion of a pendulum*, for generic initial conditions, in presence of viscous friction. It is well known that the outing by the condition of small-amplitude oscillations, the equations become strongly non-linear and their analytical solution is highly problematic. On the contrary the computational procedure, does not present any difficulty: more precisely it does not change in any way.

Another paradigmatic case the computational scheme allows to cope with is the *gravitational many-body problem*. It is in fact possible to investigate numerically the evolution of a simplified circular restricted three body planetary system which allowed Euler as the first (and then Lagrange and Poincaré as the last) to understand and compute the secular variations of planet orbits. It was the starting point of the investigations about the stability of the solar system, undoubtedly, the greatest success of Newtonian mechanics.

With the same procedure, also the dynamics of classical fields can be investigated. The numerical analysis of the evolution equations of a spatially continuous system requires discretization also of the spatial coordinates. Classical fields become functions

¹ All the simulations carried out by us and presented in this paper, along with other supporting materials, will be available on the website managed by the scientific education research group based in [Università degli studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Fisica “Ettore Pancini”], URL: <<http://lp.fisica.uninapoli.it/index.php/it>> [data di accesso: 12/09/2017].

on a discrete space-time lattice. The *longitudinal vibrations of an elastic string* represent the simplest example.

2.2. Stochastic dynamics

The term stochastic dynamics refers to mathematical models. Starting from the analysis of the Brownian motion, physics begins to develop models of complex systems where it is possible to give only a probabilistic description of the evolution of the system. In same way as before it is possible to analyze stochastic processes in a discretized space-time (in particular Markov processes) where the evolution equations are equation for probability densities.

This is the case of *Brownian motion*, the random motion of particles in a fluid. The interaction between the Brownian particles and the molecules of the fluid cannot be accurately characterized dynamically, so the model supplies an evolution dynamics of the position probabilities. In particular, processes “without memory” are characteristic of these dynamics: the position at time $n + 1$ depends only on position at the previous instant n (characteristic of Markov processes). For example, we consider a particle that moves in a one-dimensional lattice. It is assumed that probability for the particle of being in i , at instant $n + 1$, is given by the sum of probabilities that particle is, at the previous instant n , in one of the points of lattice that, with one step, lead to the point i , multiplied for the respective probability of transition to i . So, the evolution of probability is governed by:

$$P_i^{(n+1)} = P_{i,i-1}P_{i-1}^{(n)} + P_{i,i+1}P_{i+1}^{(n)} - P_{i,i}P_i^{(n)} \quad (1.4)$$

If we consider equal to zero the probability for particle to remain in the point already occupied and consider equal probabilities of selecting the forward and backward transitions, the equation (1.4) becomes:

$$P_i^{(n+1)} = \frac{1}{2}P_{i-1}^{(n)} + \frac{1}{2}P_{i+1}^{(n)}. \quad (1.5)$$

When the evolution of probabilities of physics system configurations is analyzed, necessarily involves previous knowledge of some basic elements of theory and calculus of probability, of the concepts of joint and conditional probability, transition probabilities, Bayes' theorem, etc.

The equation (1.4), implemented in the spreadsheet, gives easily the position probability evolution of a Brownian particle. It is possible to visualize the spread of probability density, which, in the long run, tends to a uniform distribution.

The investigation can be generalized *analyzing Brownian motions overlaid with deterministic motion* or considering *motions in two dimensions* (in a bi-dimensional lattice). It is also possible to examine the *Langevin approach* to Brownian motion (based on forces acting on particle) without using any further technical skills.

2.3. Quantum dynamics

The same procedure can be applied to a presentation of quantum mechanics in a discretized space-time. Quantum mechanics comes from the need to justify the large amount of experimental evidence obtained on the interaction between radiation and matter. In particular, from the phenomenology of matter waves, i.e. from the two-slit experiment with electrons, come to light two fundamental aspects of quantum theory: “it is only possible a probabilistic description of the events” and “something evolves like the wave” (Bell 1987). Such statements are in respect of the fact that, in repeated tests, the impacts of electrons on a screen are distributed in different points of space, despite the identical preparation of the initial state. Additionally, the figure resulting from many electron impacts is similar to the typical interference figure of spherical waves emitted by two point sources.

Consequently, quantum mechanics can only provide calculus formulas for the probability to observe specific values of physical observables; furthermore the observations of the interference phenomena of matter waves suggest that the state of quantum particle can be associated with a vector, as the electric and magnetic fields, having values in all the points in space (a vector field).

Assuming, as previously done, the space as a large lattice (for neglecting what happens at the edges) with a very small spacing (as to confuse a discrete space with a continuous), it is possible to make an “axiomatic” presentation of the basic principles of quantum mechanics. The revisited postulates, concerning state and probability, assume the following form:

- The state of a particle at any time n is specified by the association, at each point i of the lattice, of a vector with two components:

$$\vec{\psi}_i(n) = \{x_i(n), y_i(n)\}$$

- The probability to find the particle at the point i -th of lattice, at time n is

$$P_i(n) = |\psi_i(n)|^2 = x_i^2(n) + y_i^2(n)$$

- Since the particle is necessarily somewhere, it is true that

$$\sum_i (x_i^2(n) + y_i^2(n)) = 1$$

The equations of quantum dynamics are evolution equations for the components of the vector Ψ :

$$\begin{cases} x_i(n+1) - x_i(n) = [-\frac{1}{2}y_{i+1}(n) - \frac{1}{2}y_{i-1}(n) + y_i + V_i y_i(n)]\Delta t \\ y_i(n+1) - y_i(n) = [+ \frac{1}{2}x_{i+1}(n) + \frac{1}{2}x_{i-1}(n) - x_i + V_i x_i(n)]\Delta t \end{cases} \quad (1.6)$$

Also in this case, if the quantum state Ψ is known at any particular instant of time, the solution follows for any time thereafter. Now, we want to highlight two fundamental aspects emerging from a comparison between the equations of stochastic dynamics and quantum: firstly, the similarity of the equation (1.6) with the equations of position probability evolution in the case of Brownian motion (1.4) e (1.5) and secondly, that what is evolving in quantum mechanics it is not the probability but only the auxiliary vector.

In the spreadsheet, it is possible to investigate a simple model of *interference of "matter waves"*. The use of the spreadsheet allows highlighting how the evolution of a free quantum particle in a superposition state (each described by a wave packet) differs from the one of a classical particle undergoing a stochastic dynamics.

It is also possible to treat the *quantum harmonic oscillator*. It is the simplest case of the quantum system presenting *bound states* and *"almost classic" states*. The only prerequisite to computation of the equations (1.6) is the knowledge of elastic potential. Using a spreadsheet, we can prove that for initial conditions corresponding to standing waves and running waves, the evolution corresponds respectively to the two states above mentioned.

As a final remark we want to mention that in this paper is not suggested that evolution equations are the only things that should be taught in classical and quantum mechanics. We only stress the importance of the dynamic laws in the predictive power of the theory. Moreover, allowing students to put their hands in calculation of the physics system's evolution, we think to convey them the astonishment in regard of the effectiveness of a theory.

References

- Bell J.S. (1987). *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hugdahl G., Berg P. (2015). "Numerical determination of the eigenenergies of the Schrödinger equation in one dimension". *European Journal of Physics*, 36, 045013.
- [Indire]. URL: <http://www.indire.it/lucabas/lkmw_file/licei2010/indicazioni_nuovo_impaginato/decreto_indicazioni_nazionali.pdf> [access date: 31/03/2017].
- Kohnle A., Douglass M., Edwards T.J., Gillies A.D., Hooley C.A., Sinclair B.D. (2010). "Developing and evaluating animations for teaching quantum mechanics concepts". *European Journal of Physics*, 31, pp. 1441-1455.
- Müller R., Wiesner H. (2002). "Teaching quantum mechanics on an introductory level", *American Journal of Physics*, 7, pp. 200-209.
- Sjøberg S. (2002). *Science and technology education current challenges and possible solutions*, in Jenkins E. (ed.), *Innovations in science and technology education*, vol. 8. Paris: UNESCO.
- Zollman D.A., Rebello N.S. Hogg K. (2002). "Quantum mechanics for everyone: Hands-on activities integrated with technology". *American Journal of Physics*, 70, pp. 252-259.

A theorem about stars that could have improved the functioning of the internal combustion engine

Vincenzo Favale - Associazione Scienza Viva, Calitri - favalevincenzo@tiscali.it

Abstract: The Tusi couple is a mechanical device working according to the Theorem of Nasir al-Din al-Tusi, mathematician, astronomer, philosopher and theologian of the XIII century Islamic Persia. This theorem states that: *if a circle rolls internally to another of double radius with uniform angular speed, each point of it moves in a rectilinear harmonic motion.*

Tusi developed this theorem in the cultural period influenced by Ptolemaic system, in order to simplify the astronomical calculations of the time. Copernicus used this theorem in composing his famous *De revolutionibus orbium coelestium* in 1543.

Keywords: Tusi theorem, Ptolemaic system, Copernicus.

Un fisico di una certa età, dopo aver trascorso una vita a insegnare elettronica, in verità può provare ancora tanto gusto a leggere qualche buon libro di storia della scienza. Il testo, stavolta, ha per titolo *La genesi della scienza*, nella traduzione italiana (Hannam 2014). L'autore, con uno stile semplice e scorrevole, ripercorre le tappe del cammino della scienza nella storia.

L'astronomia è certamente tra le scienze che maggiormente hanno accompagnato il cammino dell'uomo da millenni e Copernico, nel 1543, con il suo *De revolutionibus orbium coelestium*, delinea quel cambiamento di mentalità che, in senso reale e metaforico, chiamiamo *rivoluzione copernicana*. Quest'opera rappresenta, con le sue implicazioni, uno dei pilastri su cui si fonda la nostra civiltà. Tuttavia Copernico, nel mettere il Sole al centro dell'universo con i pianeti che girano intorno ad esso, raccoglie gli sforzi che per millenni altri studiosi hanno profuso per capire com'è fatto l'universo. La scienza greca, con Aristotele, trecento anni prima della nostra Era, aveva delineato la struttura dell'universo in un modello così convincente da reggere per oltre milleottocento anni. In tale modello la Terra era al centro dell'universo e tutti gli altri astri, Sole compreso, giravano intorno ad essa. Le orbite erano rigorosamente circolari, anzi vincolate a dei gusci sferici come di cristallo, e perciò solidi e trasparenti, che reggevano gli astri evitando che ci cadessero addosso. Oggi, però, basta una buona macchina fotografica per smentire la circolarità di dette orbite. Infatti, interponendo un apposito filtro, possiamo fare un semplice esperimento: fotografiamo il Sole a giugno e a dicembre, restando attenti a regolare la macchina esattamente allo stesso modo.



Fig. 1. Il Sole a giugno e a dicembre 2015

Ecco in Fig. 1 le foto di giugno e dicembre 2015. Si evidenziano sul disco anche delle *macchie solari* molto appariscenti.

Nella figura, a sinistra, confrontiamo la foto di giugno e quella di dicembre 2015, mentre a destra le sovrapponiamo e ci accorgiamo che l'immagine di dicembre è più grande di quella di giugno. Deduciamo, giustamente, che il Sole a dicembre è più vicino alla Terra, perciò, anche se adottassimo una visione tolemaica, dovremmo dedurre che l'orbita percorsa dal Sole non può essere circolare. Al tempo di Aristotele non c'erano le macchine fotografiche; tuttavia praticando un forellino sulla parete di una stanza rivolta al Sole, sulla parete opposta avrebbero visto un'immagine del Sole. Sistemando le condizioni geometriche, avrebbero potuto misurare il diametro dell'immagine solare e confrontare i valori di giugno e dicembre. Insomma, anche allora potevano essere in grado di dedurre che il Sole in giugno era più lontano dalla Terra rispetto a dicembre.

Alcuni astri, tra cui Marte e Venere, in certi momenti sembravano addirittura tornare indietro (moto retrogrado), ma gli antichi, tenacemente convinti com'erano nel credere che le orbite fossero rigorosamente circolari, cominciarono a pensare che la variazione di distanza degli astri che ruotavano intorno alla Terra e il moto retrogrado fossero dovuti a *combinazioni* di moti comunque circolari. Ricordiamo che anche Galileo, che pagò con gli arresti domiciliari a vita il fatto di aver sposato la teoria copernicana che voleva il Sole al centro dell'universo, era tuttavia convinto che le orbite dei pianeti fossero *combinazioni di moti circolari*. Fu Keplero, pochi decenni dopo Galileo, a insegnarci che le orbite dei pianeti sono, invece, ellissi, formulando le sue famose tre leggi. Newton scoprì la *legge di gravitazione universale* e con la sua formula, data opportunamente in pasto ai nostri computer, riusciamo oggi a calcolare e seguire le orbite degli astri che girano intorno a un astro maggiore, verificando le *leggi di Keplero*.

Facciamo però un salto indietro, nel tempo e nello spazio, per accorgerci di un personaggio parimenti straordinario, che non faceva parte del nostro mondo culturale. Nella Persia del XIII secolo visse Nasir Al-Din Al-Tusi (1201-1274), matematico, astronomo, teologo, filosofo e quant'altro. Scrisse addirittura un trattato di *trigonometria* e lo fece duecento anni prima dei nostri matematici europei. Per valutare a fondo la sua figura, dovremmo essere a conoscenza della lingua persiana ed esperti nelle discipline in cui ha dato il suo notevole contributo, e anche su Internet è reperibile una ricca bi-

bliografia. Anche lui, per quanto riguarda l'astronomia, partiva dalle ipotesi degli antichi greci.

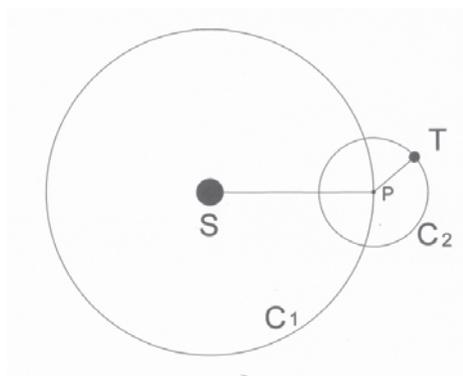


Fig. 2. Deferente ed epiciclo

Rifacciamo il ragionamento dei sapienti di allora riferendoci alla Fig. 2. Se l'astro T si muove intorno all'astro S, potremmo pensare che T descrive una circonferenza C_2 avente per centro P, il quale, a sua volta, gira su una circonferenza C_1 , avente per centro S. Il moto di T intorno a S risulta come combinazione di due moti circolari. La circonferenza C_1 costituisce il *deferente* (letteralmente “che porta fuori”) e C_2 l'*epiciclo* (letteralmente “che ruota fuori”) di questo moto. Gli antichi vedevano, ad esempio, che il pianeta Venere si trovava al momento a sinistra del Sole (e lo chiamavano Vespero, ovvero Stella della Sera), quattro mesi dopo a destra del Sole (e lo chiamavano Lucifero, ovvero Stella del Mattino) e con questo modello potevano giustificare che esso girasse intorno al Sole e con questo intorno alla Terra.

Oggi possiamo vedere ST come un vettore, somma dei vettori SP e PT e, stabilendo come variano nel tempo SP e PT, possiamo trovare la traiettoria di T. Basta uno strumento come EXCEL per effettuare i calcoli e far disegnare il diagramma della traiettoria di T. In un lavoro a parte, con modeste conoscenze di calcolo vettoriale e di trigonometria, affrontiamo molti casi di traiettorie.

La speculazione matematica di Tusi aveva, tuttavia, una sua speciale originalità per il motivo che adesso spieghiamo. Ci riferiamo alla Fig. 3.

Immaginiamo una circonferenza di centro O e raggio $OT = R$. Sorvoliamo sul simbolismo matematico, poco ortodosso per semplicità tipografiche. Immaginiamo una seconda circonferenza, interna alla precedente, di raggio $OQ = R/2$. Essa, inizialmente è tangente alla circonferenza grande in T e rotola al suo interno. Chiamiamo P(x,y) il punto in cui la circonferenza piccola, rotolando, incontra la retta OT. Nella circonferenza piccola, PQR e POR sono rispettivamente angolo al centro e angolo alla circonferenza che insistono sull'arco RP. Un noto teorema di geometria euclidea (enunciato come *teorema dell'angolo al centro*), certamente ben noto a Tusi, assicura che, se $POR = \alpha$,

$PQR = 2\alpha$. Gli angoli (in radianti), moltiplicati per il raggio, danno l'arco di circonferenza su cui insistono. Così nella circonferenza grande:

$$RT = R * \alpha,$$

e nella piccola:

$$RP = R/2 * 2\alpha.$$

Cioè

$$RP = RT.$$

Gli archi uguali indicano inequivocabilmente il moto di *rotolamento*. Ebbene, se la circonferenza piccola rotola all'interno di quella grande, il punto P, partendo da T, si muove sulla retta TO. Ed ecco una possibile formulazione del *Teorema di Tusi*: *se una circonferenza rotola all'interno di un'altra circonferenza di raggio doppio, un punto P della piccola si muove su una retta che unisce il punto di tangenza iniziale con il centro della circonferenza maggiore.*

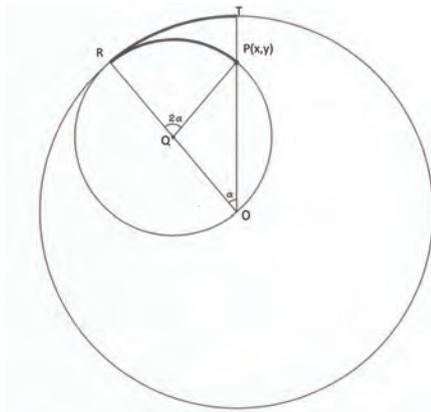


Fig. 3. Il Teorema di Tusi

Si osserva pure che $RPO = 90^\circ$, poiché esso è inscritto in una semicirconferenza. Di qui, come si vede dalla figura,

$$PO = RO \cos \alpha,$$

$$PO = R \cos \alpha.$$

Cioè, se la circonferenza piccola rotola di *moto angolare uniforme*, P si muove di *moto armonico*.

La scoperta di Tusi mostrava che, per effetto del rotolamento, *da un moto circolare si poteva ottenere un moto rettilineo*. Copernico venne certamente a conoscenza della scoperta di Tusi. In Fig. 4 riportiamo le foto del manoscritto arabo di Tusi e del testo latino di Copernico.



Fig. 4. Manoscritto di Tusi (sinistra) e testo di Copernico (destra)

Nel linguaggio degli antichi astronomi potremmo dire che la circonferenza piccola funge da *epiciclo*, mentre il centro di questa si muove su una circonferenza di raggio $R/2$, concentrica con quella grande, che fa da *deferente*. Nella Fig. 4, che riprende l'opera di Copernico, si vedono bene tutte e due.

Il moto rettilineo scaturito da combinazioni di moti circolari restò dunque una possibile peculiarità dei movimenti astronomici, ma la cosa, a quanto pare, non ebbe seguito e, soprattutto, dagli astri non scese sulla Terra.

Col senno di poi, potremmo dire che i meccanici del secolo XIX, se avessero usato il *meccanismo di Tusi*, avrebbero potuto costruire *macchine oscillanti azionate da una ruota*, in vari campi in cui si rendono necessarie, ad esempio in agricoltura per realizzare macchine per cernere i cereali.

L'associazione culturale "Scienza Viva" (www.scienzaviva.it) si propone da decenni di rendere i concetti scientifici fruibili e verificabili con le proprie mani. I fenomeni fisici sono riprodotti mediante exhibit da azionare direttamente. Perciò abbiamo voluto realizzare due modelli del meccanismo di Tusi, uno azionabile a mano e l'altro comandato da un motorino elettrico.

Quello della Fig. 5 è azionabile a mano. Il rotolamento è ottenuto mediante accoppiamento di ruote dentate. Sulla circonferenza piccola è fissato l'estremo di un'asticella, retta da una lamina forata sul bordo della circonferenza grande.



Fig. 5. Realizzazione dell'exhibit del meccanismo di Tusi

Le foto non rendono bene il movimento, ma si nota che l'asticella *si sposta in modo lineare* durante il movimento delle ruote. Sul sito di Scienza Viva è visibile il filmato del movimento.

L'asse della circonferenza grande è attivato a mano da un pomello non visibile nelle foto, ma il modello evidenzia molto bene *la trasformazione del moto circolare in moto lineare*.

Abbiamo accennato al fatto che la trasformazione del moto circolare in moto lineare potrebbe comportare implicazioni terrestri, ad esempio, nelle macchine agricole. Ma, avendo fra le mani il modello, si osserva facilmente che il meccanismo di Tusi è *reversibile*. Cioè, attivando a mano l'asticella, *si trasforma il moto lineare in moto circolare*.

Il *motore a scoppio*, questa meravigliosa invenzione che ha, di fatto, rivoluzionato la nostra civiltà, è stato concepito come un sistema in cui il vapore o un gas, espandendosi all'interno di un cilindro, muove linearmente un pistone. In Fig. 6 (sinistra) ne abbiamo schematizzato il funzionamento. Come tutti sappiamo, il *pistone*, tramite un sistema *biella-manovella*, genera il *movimento circolare* di un asse. Tutti i motori delle automobili funzionano su questo principio. Abbiamo disegnato anche i vettori che rappresentano le forze in gioco. Ebbene, il sistema biella-manovella si sposta non solo verticalmente, ma anche orizzontalmente. Perciò, alla componente verticale della forza, che è quella utile, si aggiunge una componente laterale che deve essere controbilanciata all'interno del cilindro. E, col procedere, come ben sanno tutti quelli che possiedono un'automobile, nel pistone si logorano le fasce che assorbono queste componenti laterali.

Nella Fig. 6 (destra) abbiamo un cilindro che spinge un pistone, il quale va ad azionare un asse di rotazione mediante il *meccanismo di Tusi*. Il pistone attiva una biella che si muove *sempre e solo verticalmente*. L'asse di rotazione, che nell'automobile chiamiamo *albero motore*, diventa quello che per gli antichi astronomi era il *deferente* e la ruota dentata piccola costituisce l'*epiciclo*. Non vi sono spinte laterali a logorare pistone e cilindro, anzi quelle che di fatto si generano vengono assorbite dalle ruote dentate che sono, in genere, ben più robuste del sistema biella-manovella.

Un'altra importante osservazione è che, nella Fig. 6 (sinistra), quando il pistone si trova a metà della sua corsa, la sua forza di spinta diventa la forza tangenziale che aziona l'asse di rotazione. Nel sistema di Tusi, quando il pistone si trova a metà della sua corsa – all'incirca la situazione di Fig. 7 (destra) – la sua *forza tangenziale* genera un *momento* sulla ruota dentata interna che ha come *braccio* il diametro di essa. Nell'agire sull'asse di rotazione (il deferente), il braccio diventa il *raggio* della ruota dentata interna. Poiché il momento agente è controbilanciato dal momento resistente, se il braccio si dimezza la forza tangenziale che agisce sull'asse di rotazione si raddoppia rispetto a quella del pistone. È chiaro che ci sono gli attriti a diminuire il rendimento teorico, però, certamente, il *meccanismo di Tusi* è molto più efficiente del sistema tradizionale biella-manovella nella *trasformazione del moto lineare in moto circolare*, perché (teoricamente) raddoppia la forza.

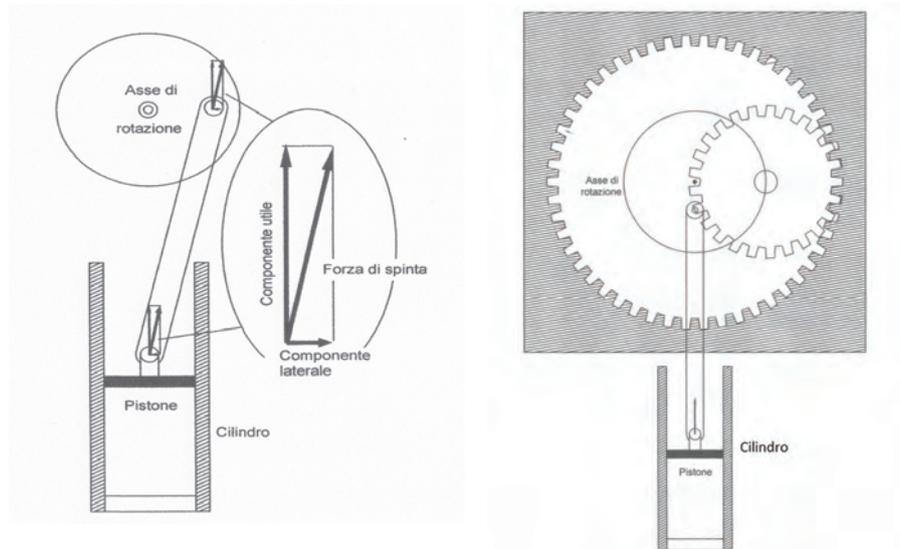


Fig. 6. Sinistra: schema di azionamento classico con biella e manovella. Destra: azionamento mediante meccanismo di Tusi

La nostra civiltà costruisce motori con sistema biella-manovella da più di duecento anni, e non vogliamo certamente sconvolgere un sistema industriale così consolidato. Però, l'umana curiosità spinge a chiedere come mai, ad esempio, nelle grandi locomotive a vapore non si è adottato il sistema di Tusi. O anche, oltre che nelle automobili, nei motori delle navi o nelle macchine per cucire delle nostre nonne, che erano azionate a pedali, perché tale sistema non è stato adoperato.

Del *sistema di Tusi* abbiamo prodotto interessanti simulazioni con il software Geogebra, con le relative animazioni; saremmo lieti di inviarle via e-mail a chi le desidera. Anche chi desidera il programma Excel o il programma Visual Basic può contattarci via e-mail.

Su Internet è facile trovare riferimenti alla figura di Tusi, alle sue opere e, in particolare al suo Teorema. Per vedere i modelli meccanici realizzati nella nostra Associazione, si può accedere al sito indicato. Stranamente, però, non vi sono riferimenti alla possibilità di applicarlo al contrario, riconoscendone la reversibilità. Insomma, il Teorema di quest'antico astronomo avrebbe potuto far funzionare meglio i nostri motori. Come mai non è venuto fuori?



Fig. 7. Macchina pneumatica di Delehuil (Museo del Gabinetto di Fisica, Università di Urbino)

Intanto, dal XXXVI congresso della SISFA, tenutosi a Napoli nell'ottobre 2016, è scaturita una ricerca dei dispositivi attinenti al nostro meccanismo. Il prof. Roberto Mantovani ha individuato il meccanismo di Tusi nella *Macchina pneumatica di Delehuil*, un modello della quale è conservato nel *Gabinetto di Fisica* di Urbino da lui curato. Riportiamo in Fig. 8 la foto del dispositivo che ha gentilmente inviato. Una ruota gira e, tramite il meccanismo sopra descritto, attiva un pistone tramite una biella che si muove solo verticalmente. Sarebbe interessante raccogliere notizie su altre macchine che usino il dispositivo al contrario.

Bibliografia

Hannam J. (2014). *La genesi della scienza*. Crotone: D'Ettoris Editori.

SISFA – Società Italiana degli Storici della Fisica e dell’Astronomia
Proceedings of the 36th Annual Conference – Naples 2016

Edited by Salvatore Esposito

Abstract

The XXXVI annual SISFA congress has developed through different sections touching a number of key topics in history of science, ranging from antiquity to the 20th century. Also, science and education in schools and museums, as well as scientific instruments and collections, have been the focus of dedicated sessions. In addition to such ‘institutional’ sections, which form the core subjects of the Society, the SISFA Congress has also focussed on special topics devoted to: “Historical collections of Scientific Instruments in Naples and Southern Italy”; “Gravitational waves: a century of General Relativity predictions”; “Giuseppe Saverio Poli (1746-1825) and the development of science in Southern Italy between the XVIII and XIX centuries”.

A special Panel Discussion on “Vertical and transversal skills: the role of research in the history of physics and astronomy in education” was in addition proposed to the conveners.

The topical session on Giuseppe Saverio Poli has been held at the Scuola Militare “Nunziatella”, of which Poli was the first commander since the last years of the 18th century. The session was aimed to analyze the multifaceted scientific activities of one of the most influential scientists in Southern Italy, whose interest across a large variety of topics: medical electricity, meteorology, earthquakes, military and natural history. Though working mainly in Naples, where he taught experimental physics, his scientific studies won an international reputation as well as membership in the principal Academies of Italy and Europe, including the Royal Society of London.

Salvatore Esposito, former member of the Governing Council and secretary of the Italian Society of the Historians of Physics and Astronomy, is Full Professor (qualification) in Didactics and History of Physics and Associate Professor (qualification) in Theoretical Physics of Fundamental Interactions. His research interests range from theoretical physics, to science and museum popularization, to history of physics. He is considered one of the world experts on Ettore Majorana’s work.

E-mail: Salvatore.Esposito@na.infn.it

