

Atti



SISFA 2017

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

Bari 26-29 settembre 2017

Dipartimento Interateneo di Fisica "Michelangelo Merlin"
Università degli Studi di Bari Aldo Moro
Politecnico di Bari

Campus Universitario "E. Quagliariello" - Via G. Amendola 173 - Bari

Other Venues

Palazzo Ateneo - Salone degli Affreschi - Piazza Umberto I, 1 - Bari

Topical sessions

- Franco Selleri (1936-2013): His research and legacy on the foundations of quantum mechanics and relativity.
- Panel discussion: The role of the history and didactics of physics and astronomy in the training of future physics teachers.

SISFA Advisory Committee

Fabrizio Bonoli (Università di Bologna)
Paolo Brenni (CNR - Firenze, FST - Firenze)
Dante Capocci (Università di Roma Sapienza)
Salvatore Esposito (INFN - Sezione di Napoli)
Lucio Fregene (Università di Pavia)
Augusto Garuccio (Università di Bari)
Roberto Mantovani (Università di Urbino)
Angelo Pagano (INFN - Sezione di Catania)
Pasquale Tucci (Università degli Studi di Milano)

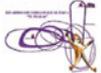
Local Organizing Committee

Benedetta Campanile (Università di Bari)
Milena d'Angelo (Università di Bari)
Lucia De Frenza (Università di Bari)
Mauro de Palma (INFN - Sezione di Bari)
Augusto Garuccio (Università di Bari)
Angela Laurora (Università di Bari)
Eleonora Lotodice (Università di Bari)
Salvatore Vitale Nuzzo (Università di Bari)
Luigi Romano (Università di Bari)



Veduta aerea della basilica di San Nicola - Bari ©

www.sisfa.org/convegni/





Società Italiana degli Storici
della Fisica e dell'Astronomia

Atti del XXXVII Convegno annuale
Proceedings of the 37th Annual Conference

a cura di / *edited by*

Benedetta Campanile, Lucia De Frenza, Augusto Garuccio



Atti del 37. Convegno annuale / Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia ; a cura di Benedetta Campanile, Lucia De Frenza, Augusto Garuccio = Proceedings of the 37th Annual Conference / Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia ; edited by Benedetta Campanile, Lucia De Frenza, Augusto Garuccio. – Pavia : Pavia University Press, 2019. – XX, 400 p. : ill. ; 24 cm (Scientifica. Atti)

<http://archivio.paviauniversitypress.it/oa/9788869521188>

ISBN 9788869521171 (brossura)

ISBN 9788869521188 (e-book PDF)

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

© 2019 Pavia University Press, Pavia

ISBN: 978-88-6952-117-1

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.

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

In copertina: *Bari, veduta aerea dalla Basilica di San Nicola (fotografia: ©Giuseppe Sicilia)*

Prima edizione: settembre 2019

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
HISTORY OF SCIENCE IN APULIA REGION	
Fifty years of History of Science in Bari	
Mauro Di Giandomenico	3
History of the birth of the Bari physics school	
Bruno Ghidini	19
Darwin and the others: the reception of Poli’s Testacea outside Italy and other recent discoveries about the Molfetta scientist	
Salvatore Esposito	43
PHYSICS AND ASTRONOMY IN THE 20TH CENTURY	
The Italian Physicists and the Great War	
Nadia Robotti	59
Albert Einstein and the Marangoni family	
Christian Bracco	73
Exact time: the first scientific application of remote communications	
Mario Calamia, Monica Gherardelli	79
Is really the Guido Horn d’Arturo’s tessellated telescope the forefather of the modern large multi-mirror telescopes?	
Fabrizio Bònoli, Valeria Picazzi	87
PHYSICS BETWEEN THE 17TH AND 19TH CENTURIES	
All the planets are related to the Sun. Riccioli and his “spiralized” skies	
Flavia Marcacci	101

* Si precisa che per uniformità nel sommario i titoli dei contributi sono riportati tutti in inglese.

Pietro Torquato Tasso (1765-1842), the inventor: stories of watches and various instruments between science and everyday life Grazia Zini, Susanna Bertelli, Chiara Beatrice Vicentini, Paolo Lenisa	107
The kaleidoscopes applied to figurative arts: the genius of Paolo Anania De Luca Rosanna Del Monte, Azzurra Auteri	115
Clockmakers, makers and collectors of scientific instruments in Verona in the first half of the 19th Century Roberto Mantovani	123
Paolo Volpicelli: a scientist's career in papal Rome Lucia De Frenza	135
Palmieri's discovery of terrestrial Helium: was it a mistake or not? Marco Taddia	149
PHYSICS AND OTHER DISCIPLINES	
Robert Mario Fano: an Italian among architects of the Information Benedetta Campanile	161
The birth of the Nobel peace prize and the dispute about the use of a scientific innovation Laura Franchini	175
The perception of flowing time: metaphors and mental disorders Giancarlo Albertini, Anna Sicolo	183
FROM ANTIQUITY TO GALILEI	
Elements of Geometrical Calculation in Archimedes: The laws of statics Angelo Pagano, Giuseppe Boscarino, Oreste Caniglia, Pietro Di Mauro, Emanuele V. Pagano	191
On the origins of a scientific paradigm Renato Migliorato	199
PHYSICS IN THE 20TH CENTURY	
Physics in Pisa in the first half of the XX century: a reappraisal Paolo Rossi	209

When physics meets biology: a less known Feynman Marco Di Mauro, Salvatore Esposito, Adele Naddeo	215
Karl Popper's engagement in quantum physics in the 1960s Flavio Del Santo	221
Strocchi's formulation of Quantum Mechanics. Its improvement to an alternative formulation to the dominant one Antonino Drago	229
FROM THE MIDDLE AGES TO THE MODERN ERA	
King Ruggero II and the reform of the calendar Maria Luisa Tuscano	241
Jesuit science and epistemology in 17th century Ivana Gambaro	251
Della Porta, Colonna and Fontana and the first astronomical observations in Naples Mauro Gargano	263
PHYSICS IN THE 19TH CENTURY	
Christian epistemology of Gabrio Piola. The <i>Lettere di Evasio a Uranio</i> Danilo Capecechi	277
Topical Session: FRANCO SELLERI (1936-2013): HIS RESEARCH AND LEGACY ON THE FOUNDATIONS OF QUANTUM MECHANICS AND RELATIVITY	
Λ -Units and Λ -Mega Quantum of action in their historical context Ludwik Kostro	287
Franco Selleri: the courage of ideas Francesco Guerra	301
Can the history of the ether receive new boost from geosciences? Giancarlo Scalera	307
Franco Selleri and his contribution to the research of foundations of Relativity Theory Luigi Romano	317

John Bell's scientific correspondence in the early 1970s	
Angela Laurora, Augusto Garuccio	329
Franco Selleri and Karl Popper: fighting side by side for realism in physics	
Angelo Baracca, Flavio Del Santo	345
Franco Selleri and the rotating disk	
Alexander Afriat	353
DIDACTICS OF PHYSICS, PHYSICS AND SOCIETY	
Physicists in the Senate of the Kingdom of Italy: 1848-1943	
Matteo Leone	361
The conceptual contribution of the history in learning physics: the case of optical spectroscopy	
Daniele Buongiorno, Marisa Michelini	377
Historical experiences and fundamental concepts of electrostatics	
Pietro Cerreta	389
<i>Abstract</i>	397

Introductory remarks

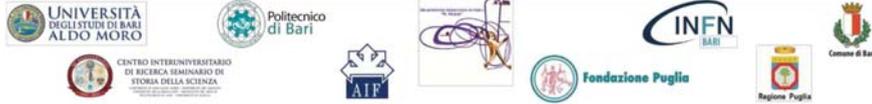
The 2017 SISFA Congress, held in Bari, continued the tradition of the annual SISFA conferences, offering numerous talks dealing with the history of physics and astronomy, also in connection with the general history of science and culture and with the applications of this kind of research in the areas of science education, science communication and museum exhibitions.

A Topical session (September 28, afternoon) focused on the figure and scientific legacy of Franco Selleri (Bologna, 9 October 1936 - Bari, 20 November 2013), one of the pioneers in Italy and abroad of research on the foundations of quantum mechanics and relativity. The session included three invited talks and various communications. After graduating from the University of Bologna in 1958 Selleri became a fellow of INFN (*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare*) since 1959. Later on he was Professor of physics at the *Università degli Studi di Bari Aldo Moro* and became a member of *The New York Academy of Sciences* and of the *Fondation Louis de Broglie*. He also served on the Board of Directors of SIF (*Società Italiana di Fisica*) and was awarded a medal by the *Gdańskie Towarzystwo Naukowe* (Poland). During his scientific career Selleri published more than 200 papers in particle physics, quantum theory, relativity, history and philosophy of physics. He was the author of numerous books and editor of various conference proceedings on topics relating to the foundations of physics. He is well known for his analysis of the foundations of relativity theory and quantum mechanics. Several solutions have been proposed for the paradoxes pointed out by him. In the last years he analysed the foundations of special relativity and proposed alternative solutions on the relationship between space and time.

The Congress included also a Panel discussion (September 29, morning) exploring the role of the history and didactics of physics and astronomy in the formation of future science teachers. This initiative was stimulated by the recent changes in the legislation regulating the access and training courses for secondary school teachers. The discussants belong to distinguished institutions variously interested and involved in the new course: SIF (*Società Italiana di Fisica – Commissione Permanente Didattica*), AIF (*Associazione per l'Insegnamento della Fisica*), UMI (*Unione Matematica Italiana*), SAIt (*Società Astronomica Italiana*), CUN (*Consiglio Universitario Nazionale – Area Fisica*), SISFA (*Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia*).

Both the Topical session and the Panel discussion were opened and made accessible to teachers and students.

On behalf of the Local Organizing Committee
Lucio Fregonese – SISFA President



XXXVII SISFA National Congress – Bari 2017

Programme

26 September 2017 – Tuesday

15.00-18.35 – Palazzo Ateneo, Salone degli Affreschi - Bari, Piazza Umberto I

15.00 *Registration*

15.30 *History of Science in Apulia Region*

Invited talks

16.00 Mauro Di Giandomenico

Fifty years of History of Science in Bari

16.45 Bruno Ghidini

The historical roots of the Department of Physics of Bari (provisional title)

17.30-17.50 Coffee break

17.50 Salvatore Esposito

Darwin and the others: the reception of Poli's Testacea outside Italy and other recent discoveries about the Molfetta scientist

18.35 End of session

18.45 Special evening event: Guided visit in old Bari city

27 September 2017 – Wednesday

9.00-13.25 – Dipartimento Interateneo di Fisica “Michelangelo Merlin”, Campus Universitario “Ernesto Quagliariello”

THEME: Physics and Astronomy in the 20th century

Invited talks

9.00 Nadia Robotti

The Italian Physicists and the Great War

Communications

9.45 Stefano Bordoni

The historical roots of new debates on classical electrodynamics

10.05 Christian Bracco

Albert Einstein and the Marangoni family

10.25 Mario Calamia, Monica Gherardelli

Exact time: the first scientific application of remote communications

10.45 Fabrizio Bònoli, Valeria Picazzi

Is really the Guido Horn d'Arturo's tessellated telescope the forefather of the modern large multi-mirror telescopes?

11.05-11.25 Coffee break

THEME: Physics between the 17th and 19th centuries

Communications

11.25 Flavia Marcacci

All the planets are related to the Sun. Riccioli and his spiralized skies

11.45 **Grazia Zini, Susanna Bertelli, Chiara Beatrice Vicentini, Paolo Lenisa**

Pietro Torquato Tasso (1765-1842), the inventor: stories of watches and various instruments between science and everyday life

12.05 **Rosanna Del Monte, Azzurra Auteri**

The kaleidoscopes applied to figurative arts: the genius of Paolo Anania De Luca

12.25 **Roberto Mantovani**

A physics outsider: the case of the amateur scientist Gaetano Spandri (1796-1859)

12.45 **Lucia De Frenza**

Paolo Volpicelli: a scientist's career in papal Rome

13.05 **Marco Taddia**

On the supposed discovery of terrestrial helium by Luigi Palmieri Titolo

13.25-14.40 Lunch break

14.40-18.30 - Dipartimento Interateneo di Fisica "Michelangelo Merlin", Campus Universitario "Ernesto Quagliariello"

THEME: Physics and other disciplines

Communications

14.40 **Fausto Casi**

Silent Cinema between emigration and return

15.00 **Benedetta Campanile**

Roberto Mario Fano: an Italian among architects of the Information

15.20 **Luca Guzzardi**

Epistemic Constraints

15.40 Laura Franchini

The birth of the Nobel peace prize and the dispute about the use of a scientific innovation

16.00 Giancarlo Albertini, Anna Sicolo

The perception of flowing time: metaphors and mental disorders

16.20-16.40 Coffee break

THEME: From antiquity to Galilei

Communications

16.40 G. Boscarino, P. Di Mauro, A. Pagano, E.V. Pagano

Elements of Geometrical Calculation in Archimede: The laws of statics

17.00 Renato Migliorato

On the origins of a scientific paradigm

17.20 Vincenzo Cioci

New insights about Galileo's research on the fall of bodies. A review

17.40 Annual SISFA General Assembly**20.30 Social Dinner****28 September 2017 – Thursday**

9.00-13.30 - Dipartimento Interateneo di Fisica "Michelangelo Merlin", Campus Universitario "Ernesto Quagliariello"

THEME: Physics in the 20th century

Invited talks

9.00 Paolo Rossi

Physics in Pisa in the first half of the XX century: a reappraisal

Communications

9.45 Marco Di Mauro, Salvatore Esposito, Adele Naddeo

A less known Feynman: an interplay between physics and biology at the Hughes Aircraft Company

10.05 Flavio Del Santo

Karl Popper's engagement in quantum physics in the 1960s and his critique of the Logic of Quantum Mechanics

10.25 Antonino Drago

Strocchi's formulation of Quantum Mechanics. Its improvement to an alternative formulation to the dominant one

10.45-11.10 Coffee break

THEME: From the Middle Ages to the Modern era

Communications

11.10 Maria Luisa Tuscano

King Ruggero II and the Reform of the Calendar

11.30 Ivana Gambaro

Jesuit science and epistemology in 17th century

11.50 Mauro Gargano

Della Porta, Colonna and Fontana and the first astronomical observations in Naples

THEME: Physics in the 19th century

12.10 Tullio Aebischer

Bicentenary birth A. Secchi 1818-2018: the geodetic activity

12.30 Pasquale Tucci

Angelo Secchi: "L'Unità delle Forze fisiche"

12.50 Danilo Capecchi

Christian epistemology of Gabrio Piola. The Lettere di Evasio a Uranio

13.10-14.40 Lunch break

14.40-18.50 - Dipartimento Interateneo di Fisica “Michelangelo Merlin”, Campus Universitario “Ernesto Quagliariello”

*Topical Session***Franco Selleri (1936-2013): His research and legacy on the foundations of quantum mechanics and relativity***Invited talks***14.40 Ludwik Kostro**

Λ -Units and Λ -Mega Quantum of Action in their Historical Context

15.25 Gino Tarozzi

The reality of the wave function and of EPR’s predictable properties in Franco Selleri’s interpretation of Quantum Mechanics

16.10 Francesco Guerra

Franco Selleri: the courage of ideas

16.30-16.50 Coffee break*Communications***16.50 Giancarlo Scalera**

Can the history of the ether receive new boost from geosciences?

17.10 Luigi Romano

Franco Selleri and His Contribution to the Research of Foundations of Relativity Theory

17.30 Angela Laurora

John Bell’s scientific correspondence in the early 1970s

17.50 Angelo Baracca, Flavio Del Santo

Franco Selleri and Karl Popper: fighting side by side for realism in physics

18.10 Saverio Pascazio

Franco Selleri's Legacy and the Bell Inequality

18.30 Alexander Afriat

The circularity of rotation

18.50 End of sessions

29 September 2017 – Friday

9.00-13.20 - Palazzo Ateneo, Salone degli Affreschi - Bari, Piazza Umberto I

THEME: Didactics of Physics, Physics and society

Invited talks

9.00 Matteo Leone

Physicists in the Senate of the Kingdom of Italy:1848-1943

Communications

9.45 Gaetano Abate

The Science Museum of Irpinia in Avellino: recovery, restoration, record and didactics of physics

10.05 Daniele Buongiorno, Marisa Michelini

The conceptual contribution of the history in learning physics: the case of optical spectroscopy

10.25 Pietro Cerreta

Historical experiences and fundamental concepts of electrostatics

10.45 Lucio Fregonese

Coulomb's electrostatic law in Italian secondary-school textbooks. A difficult situation and possible solutions

11.05 Elena Corradini

The Italian University Museums Network for the promotion of the physics collections: development prospects

11.25-11.45 Coffee break

11.45 **Panel discussion** (coordinated by **Augusto Garuccio**):

The role of the history and didactics of physics and astronomy in the training of future physics teachers

- **Ileana Rabuffo** (Presidente Commissione Permanente Didattica – SIF)
- **Alberto Meroni** (Associazione per l’Insegnamento della Fisica – AIF)
- **Maria Mellone** (Unione Matematica Italiana – UMI)
- **Ginevra Trinchieri** (Presidente Società Astronomica Italiana – SAI)
- **Francesca Monti** (Rappresentante area fisica nel CUN)

13.20 Congress ending remarks***13.30-14.30 Lunch break***

14.30 Special event: Cultural trip Trani (Cathedral, Synagogue and Hebrew Museum, Typewriters Museum)

HISTORY OF SCIENCE IN APULIA REGION

Fifty years of History of Science in Bari

Mauro Di Giandomenico – Centro Interuniversitario di Ricerca “Seminario di Storia della Scienza”, Università degli Studi di Bari Aldo Moro –
digiangdomenico.mauro@gmail.com

Abstract: The “Seminario di Storia della Scienza” was established in 1967 with the aim of supporting studies on the history of sciences and the training of young scholars interested in this discipline. This essay provides some details of: (i) the research activity carried out by this center; (ii) the training activity; (iii) the communication initiatives and the editorial production. From the beginning, the activities of the “Seminario” had the purpose of stimulating the dialogue between the two cultures, both humanistic and scientific.

Keywords: Seminario di Storia della Scienza, Università di Bari.

1. Il “Seminario di Storia della Scienza” dell’Università di Bari: aspetti istituzionali

Il mio intervento si incentra sul racconto sommario della vita di quel centro di ricerca denominato sinteticamente “Seminario di Storia della Scienza”, poiché esso è stato, negli ultimi 50 anni, il principale motore di sviluppo della storia della scienza e delle storie delle scienze nella realtà barese (Seminario, si badi, alla tedesca: *Seminar*, inteso cioè quale struttura e non quale attività didattica, come peraltro era normato nel *Testo unico delle leggi sull’Istruzione Superiore* del 1933).

È noto a tutti che sette anni fa, nel 2010, nell’Università dell’Insubria a Varese si è costituito il “Centro Internazionale insubrico Carlo Cattaneo e Giulio Preti per la Filosofia, l’epistemologia, le scienze cognitive e la storia delle scienze e delle tecniche”, per opera dell’ottimo Fabio Minazzi. Il cartiglio alla Lina Werthmüller, nella sua prolissità, riecheggiava, sia pure inconsapevolmente ed in prospettiva diversa, quello ideato 43 anni prima dal grande storico della filosofia Antonio Corsano per denominare l’ultima sua creatura accademica: il “Seminario di studi e ricerche sulla storia delle scienze logico-matematiche, fisico-chimiche, biochimico-fisiche e medico-biologiche”, incardinato nell’“Istituto di Filosofia” dell’Università di Bari con lo scopo di gettare le basi di una collaborazione (recitava il Decreto dell’allora Presidente della Repubblica Saragat) tra facoltà scientifiche e umanistiche, ma soprattutto di “addestrare”(sic!) giovani laureati ed assistenti alla ricerca in storia della scienza. Per formare questi specialisti cooperavano sia i dirigenti del centro che studiosi e ricercatori di chiara fama, italiani e stranieri, invitati a tenere lezioni ed esercitazioni su temi stabiliti.

In quegli anni esistevano già in Italia altre Istituzioni che si occupavano di storia e di filosofia della scienza, ma si trattava di enti o centri non universitari, come il “Centro di

studi metodologici” di Torino, la “Domus Galilaeana” di Pisa, l’“Istituto e Museo di Storia della scienza” (ora “Museo Galileo”) di Firenze. Il Seminario barese si proponeva, invece, come la prima struttura universitaria italiana in questo settore di studi.

Ma – ci si può chiedere – come venne in mente, a Corsano, uomo peraltro genialmente sconcertante, di imbarcarsi in questa impresa? (a parte la sua battuta: che era un modo produttivo per impiegare il triennio di fuori ruolo prima del suo definitivo pensionamento a 75 anni). La spinta propulsiva, in realtà, fu l’approvazione da parte del CNR di un progetto, coordinato da Mario Dal Pra, ordinario di Storia della filosofia nell’Università statale di Milano. Tale progetto titolava *La Filosofia del Cinquecento e del Seicento nei suoi rapporti con la scienza* e prevedeva la compartecipazione di sette gruppi di studiosi di altrettante università italiane (Bari, Firenze, Genova, Pisa, Torino, Milano e Trieste). Questo gruppo venne poi trasformato nel 1971 in “Centro di studi del pensiero filosofico del Cinquecento e Seicento in relazione ai problemi della scienza” con un’ulteriore accentuazione della sua meneghinità (Gentiloni, Pozzo 2016, pp. 211-213).

La via scelta da Corsano per continuare quel lavoro è stata diversa: la creazione di una struttura non CNR, ma universitaria, nella quale la storia della scienza non veniva, ancillarmente, inquadrata all’interno di una più ampia visione dello sviluppo delle idee filosofiche, ma si costituiva in una *agorà* autonoma nella quale scienziati, filosofi e storici avrebbero potuto interloquire e costruire insieme, senza prevaricazioni e pregiudizi, percorsi storici innovativi e formativi per i giovani studiosi. Non è un caso, quindi, che del primo Consiglio direttivo del Seminario facessero parte i fisiologi Michele Mitolo, Domenico Ruccia e Francesco Ghiretti, l’anatomista Rodolfo Amprino, il matematico Wolf Gross, il fisico Aldo Romano, la psicologa Lidia De Rita, il filosofo Cesare Vasoli.

Il presupposto della scelta metodologica ed organizzativa di Corsano va, però, rintracciato nei suoi numerosi ed originali studi sulla cultura scientifica del Cinquecento e del Seicento (Di Giandomenico 2007). In polemica con Eugenio Garin, egli riteneva che il vero lascito della civiltà rinascimentale fosse da ritrovarsi nella nascita della nuova scienza galileiana e non soltanto nella creazione della scienza filologica e letteraria (sinomatica l’enfasi, da quegli posta, sulla grande prosa di Galilei!).

L’impegno di Corsano si completò infine con la richiesta di attivazione presso la Facoltà di Lettere e filosofia di un insegnamento di Storia della scienza (tra i primi in Italia), attivato nell’anno accademico 1972-73. Ed è qui doveroso, per me, ricordare la prima tesi di laurea in storia della scienza dal titolo *L’evoluzionismo oggi: oltre la teoria sintetica*, con la correlazione di Vittorio Pesce Delfino, brillantemente elaborata da Rossella De Ceglie, che è stata prima collaboratrice del Seminario ed attualmente è ricercatrice e docente nel corso di laurea in Storia e scienze sociali qui a Bari.

Antonio Corsano ha diretto il Seminario fino al 1975. Nel triennio successivo la direzione è passata a Francesco Tateo, poi, fino al 2011, a chi scrive, seguito da Pasquale Guaragnella, poi da Augusto Garuccio e dal 2018 da Francesco Paolo de Ceglie.

L’altro cardine dell’aspetto istituzionale del Seminario riguarda il suo assetto statutario. Tre sono stati i momenti trasformativi: nel 1982 un decreto del presidente Pertini sanciva la sua piena autonomia scientifica, amministrativa e finanziaria, consentiva la presenza nel Consiglio direttivo di personalità del mondo della cultura e del territorio, ribadiva il diritto di avere locali e personale propri. In virtù dell’autonomia di progettazione e

gestione, è stato possibile ampliare e ristrutturare la sede, grazie al munifico interessamento di Gianfranco Dioguardi, imprenditore, docente universitario e membro del Consiglio direttivo del Seminario. Inoltre, con l'attribuzione diretta da parte dell'allora Ministero della pubblica istruzione nel 1989 di quattro posti di "collaboratore tecnico" (diventati tutti successivamente ricercatori confermati), e con l'aggiunta di tre unità di personale (Betty Campanile, Lucia De Frenza e Rosanna Ficarella) si realizzava lo *staff* operativo che ha permesso di costituire una ricca biblioteca specialistica (con l'importante collezione dei *Landmarks of science*), di dotare il Laboratorio di "Epistemologia informatica" (istituito nel 1986) di una notevole serie di attrezzature (minicomputer, personal, laptop, scanner, eccetera), e di attivare un Laboratorio di Storia della Psicologia Applicata "A. Marzi" (La.S.P.A.), nato nel 1995-96. Ma soprattutto di organizzare tutte le attività didattiche e di ricerca successivamente realizzate.

La seconda modifica statutaria risale al 2000, quando il Seminario, in ottemperanza alla nuova legislazione universitaria, viene convertito in Centro interdipartimentale di ricerca con la partecipazione dei dipartimenti di Scienze filosofiche, di Psicologia, di Italianistica, di Scienze dell'antichità, per lo Studio delle società mediterranee, dei dipartimenti interuniversitari di Matematica e di Fisica, nonché dell'istituto policattedra di Chirurgia plastica e di chirurgia d'urgenza di Medicina. Con il nuovo statuto le finalità del centro si ampliano: oltre ai settori tradizionali della storia e della filosofia delle scienze, si prendono in esame tematiche transdisciplinari, che hanno coinvolto la comunicazione scientifica, la valorizzazione dei beni culturali storico-scientifici materiali ed immateriali e si è dato inizio a collane editoriali. Inoltre si sono realizzate collaborazioni in specifiche attività di ricerca e di alta formazione professionale con istituzioni ed enti di ricerca e programmazione operanti nel territorio regionale, nazionale ed internazionale, nonché con l'Unione Europea, come, molto sinteticamente, vedremo tra breve.

Infine, nel 2012 il Seminario di Storia della Scienza ha affrontato la sua ultima, ma non meno importante, frontiera. Si è infatti trasformato in centro interuniversitario di ricerca (con la partecipazione delle Università di Bari, della Basilicata, di Lecce, di Foggia, del Molise e del Politecnico di Bari), unica struttura universitaria italiana di tal fatta al momento esistente.

2. Le attività di ricerca del Seminario

Non si vuole qui enumerare analiticamente tutte le attività ed i progetti di ricerca posti in essere dal Seminario barese. È però doveroso mettere in risalto la filosofia che è stata alla base di questo cinquantennio di ricerche storico-scientifiche. Tutti i suoi progetti sono stati costruiti ed attuati seguendo una precisa linea di politica culturale, consistente nell'organizzazione e nel coordinamento di gruppi di ricerca di numerose università (Bari, Lecce, Foggia, Roma "La Sapienza" e "Tor Vergata", Bologna, Firenze, Milano, Genova, Modena, Reggio Emilia, Calabria). Ma questa attività centralizzata di direzione riconosceva, nel contempo, piena autonomia alle singole sedi nell'ambito della decisonalità metodologica ed editoriale. Allo stesso modo, le pubblicazioni conseguenti non erano "costrette" in canali "dedicati", ma veniva lasciata piena libertà di stampa ai

loro autori. Purtroppo, rimaneva ferma la medesima visione pluralistica della storiografia scientifica e l'unitarietà delle tematiche prescelte.

Si badi bene: questi progetti di ricerca vanno dall'ambito tipicamente storiografico (storia della medicina, della fisica, dell'informatica, della geologia, della psicologia, della chimica, ecc.) a quello della museologia e della divulgazione scientifica. Essi, per di più, si spingono fino alla linguistica computazionale utilizzata pionieristicamente a livello mondiale nella storiografia scientifica, ed alla epistemologia informatica.

Tra gli altri, ecco un solo esempio: ricerca PRIN 1999-2003. Titolo: *Scienze della vita e scienze della mente tra XVIII e XX secolo: le nuove tecnologie informatiche per lo studio di strumenti, esperimenti e teorie*, gruppo di ricerca costituito dalla Università di Bari, Bologna, Roma "La Sapienza", Firenze, Modena e Reggio Emilia.

Occorre qui soffermare l'attenzione su di un punto qualificante e decisivo: tutte le attività di ricerca hanno, pressoché ininterrottamente, usufruito di cospicui finanziamenti sia dell'allora Ministero della pubblica istruzione (progetti ex-40%) e poi del MIUR (PRIN), sia del CNR (in particolare Progetti finalizzati), ma anche dell'Unione Europea (in particolare PON), oltre che del Ministero della salute (Programma integrato), della Regione Puglia e, ovviamente, delle Università interessate.

Così, l'esempio sopra riportato del progetto sulle scienze della vita e della mente ha ottenuto un finanziamento complessivo di € 587.697,31 (un record, per le facoltà umanistiche). Il totale complessivo del finanziamento per la ricerca è stato di 10.542.334,36 euro.

Tra tutti questi progetti è doveroso ricordarne tre particolarmente significativi e pionieristici: l'epistemologia informatica (si badi, non epistemologia dell'informatica), la storia dell'informatica e la museologia scientifica.

Cominciamo dal primo, l'epistemologia informatica. L'istituzione del Seminario coincise con una tappa miliare della storia della cultura italiana, costituita dall'apertura della filosofia alla riflessione sugli sviluppi della scienza dell'informazione o, come si diceva allora, cibernetica. Proprio nel 1967 si tenne a Pisa il XXI Congresso della "Società filosofica italiana" (SFI), che pose sul tappeto il problema di una ridefinizione di alcuni concetti fondamentali della logica e della gnoseologia, come metodo, ragione, pensiero, ecc., alla luce delle recenti acquisizioni dell'informatica. La comunità dei filosofi si rese conto di non poter rinunciare ad una verifica dei presupposti di questa nuova disciplina. Scienze filosofiche e scienze informatiche dovevano incontrarsi per definire dal punto di vista epistemologico limiti e possibilità della nuova architettura teorica e nello stesso tempo per svelare l'atteggiamento filosofico, da cui erano derivate quelle innovazioni tecnologiche, che stavano cambiando il modo di stare al mondo dell'uomo contemporaneo. Questo percorso di riflessione sull'informatica approdò alla definizione dell'epistemologia informatica, intesa sia come atteggiamento epistemologico che va alla ricerca, husserlianamente, dell'esattezza e del rigore, cioè della coerenza e del fondamento delle teorie informatiche; sia come atteggiamento informatico che mette alla prova, con l'ausilio delle sue tecnologie, le stesse strutture categoriali della filosofia; sia, infine, come ambito problematico in cui si tematizzano le reciproche trasformazioni determinate dall'incontro tra sapere informatico ed altri saperi.

Il Seminario ha dato un grande contributo alla definizione di queste tematiche. Testimonial di tale percorso teoretico è il n. 5 della rivista “BioLogica” del 1991 dal titolo, appunto, *Epistemologia informatica*, curata da Antonio Lepschy (che è stato straordinario di Controlli automatici nella Facoltà di Ingegneria della nostra Università nel 1965) e da chi scrive. Questo numero è ricco di una quindicina di interventi, tra cui quelli di Hermann Haken, dell’Università di Stoccarda, di Allan Muir, della City University di Londra, di Renato Nobili, dell’Università di Padova (Lepschy, Di Giandomenico 1991).

Già dalla fine degli anni Settanta il Seminario si è indirizzato su questa strada, attuando diverse strategie: da un lato praticando la riflessione filosofica sull’informatica, dall’altro la sperimentazione in ambito umanistico del nuovo approccio e dei dispositivi messi a disposizione sia per la ricerca che per la didattica ed, infine, individuando metodiche di facilitazione nell’approccio alla dimensione teoretica ed applicativa di questa scienza. Con una visione ambiziosa e lungimirante il Seminario sottopose al CNR, a partire dal 1979, progetti di ricerca, che coniugavano l’indagine storiografica realizzata con le metodologie tradizionali a quella che era supportata dalle tecnologie informatiche. Naturalmente gli strumenti disponibili allora non avevano la potenza di elaborazione di quelli di quasi quarant’anni dopo; tuttavia, molte delle idee che balenarono in quegli anni sono state, in realtà, intuizioni visionarie del cambiamento che le nuove tecnologie avrebbero portato nelle attività di ricerca e produzione, così come nell’architettura stessa del pensiero in questa nuova fase della storia dell’umanità. Tra le attività realizzate è opportuno ricordare la sperimentazione di software originali di analisi semantica dei primi testi scientifici della modernità condotta dal nostro ingegnere Luciano Labellarte (ricercatore confermato di Storia della scienza) con la collaborazione di padre Roberto Busa. L’obiettivo era quello di poter utilizzare la linguistica computazionale ed alcune elaborazioni di intelligenza artificiale per condurre un’analisi delle strutture linguistiche, sia sintattiche che semantiche, nei testi scientifici. Oltre alla realizzazione di dizionari di forme e lemmi singoli e di forme e lemmi associati, il software doveva produrre anche la rete sintattica per l’analisi passiva ed attiva del testo.

Questa metodologia, che, poi, si è definita come “scientometria cognitiva computerizzata” e si è servita di altri software d’analisi più complessi, è stata applicata anche allo studio del lessico scientifico di autori dei secoli XVIII e XIX da Liborio Dibattista nel suo *Jean-Martin Charcot e la lingua della neurologia* e da Lucia di Palo nel suo *Le Recherches physiologiques sur la vie et la mort di François Xavier Bichat. Un lessico fisiologico*, pubblicati dall’editore Cacucci rispettivamente nel 2003 e nel 2005.

Sempre nell’ambito della tematica filosofia-informatica, si deve menzionare il sito SWIF (Sito Web Italiano per la Filosofia), creato grazie all’impegno indefesso e lungimirante di Luciano Floridi. Il sito, nato nel 1995, divenuto rivista scientifica due anni dopo, è stato attivo e seguitissimo dagli infonauti fino al 2008. Nel 1998 lo SWIF ha ottenuto il premio WWW dal «Sole 24 ore» per la categoria scuola, università e ricerca (Ardizzone, Rivoltella 2008, p. 193).

Cito anche nel quadro delle iniziative di divulgazione sull’informatica umanistica la partecipazione del Laboratorio di “Epistemologia informatica”, a partire dal 1987, alle annuali edizioni di Tecnorama Ufficio, il salone della telematica e delle comunica-

zioni della Fiera del Levante di Bari. In queste occasioni il Seminario presentò i suoi software originali e le applicazioni realizzate nei campi delle scienze umane, dalla gestione degli archivi e delle biblioteche alla ricerca storico-filologica sui testi scientifici (Deotto 1987).

Passiamo al secondo indirizzo di ricerca, quello consistente nell'avvio in ambito accademico della riflessione storica sull'informatica, sulle tappe del suo sviluppo anche più recente e sulle discussioni che ne sono derivate. Su questi aspetti il Seminario si è impegnato con grande determinazione. Nel 1989 esso ha rappresentato il settore delle applicazioni informatiche per gli studi umanistici al congresso dell'“Associazione italiana per l'informatica ed il calcolo automatico” (AICA) di Trieste, su invito di Corrado Bonfanti, responsabile del settore. Per tre Congressi AICA (Gallipoli, Palermo e Chia-Cagliari) dal 1993 al 1995 ha curato la sessione storica, coinvolgendo come relatori giovani studiosi formati al suo interno. Questi giovani hanno continuato a coltivare tali interessi e ne sono scaturiti contributi originali, tra gli altri quello di Carla Pertocelli *Le trasformazioni del computer. Dalla macchina di von Neumann al Pentium III* del 1998 e Alan Mathison Turing: *L'indecidibilità della vita* del 2014; ma anche il notevole volume di Benedetta Campanile dal titolo *Vannevar Bush da ingegnere a tecnologo* del 2016.

Come risultato di tali esperienze si concretizzò la possibilità di attivare a Bari il primo corso di storia dell'informatica istituito in una università italiana, complementare all'insegnamento di storia della scienza per gli studenti della Facoltà di Lettere e filosofia. Il corso avviato nell'a.a. 1993/94 fu affidato a Corrado Bonfanti. Fu una sperimentazione interessante, la cui eccezionalità era data dal fatto che si attuava nell'ambito umanistico, ancora restio a farsi coinvolgere dalla nuova dimensione tecnologica (Bonfanti 1993, p. 736). Dieci anni dopo, nell'a.a. 2003/04, il Seminario di Storia della Scienza ha fatto attivare per statuto l'insegnamento di Storia dell'informatica nel corso di laurea in Filosofia.

Il terzo settore di ricerca è quello della Museologia scientifica. Qui vengono menzionati solo i progetti più significativi attuati dal Seminario o in cui la struttura è stata coinvolta come partner, tralasciando le innumerevoli attività formative ed informative (seminari, corsi, incontri, convegni, giornate) rivolte agli universitari, alle scuole, alla cittadinanza. La portata di quest'attività è evidente nel totale dei finanziamenti che essa è riuscita a convogliare a Bari, che significativamente ammonta a 9.998.297 euro.

Tra i progetti ricordo quello relativo ad un piano territoriale di museologia (fondi CNR), quello relativo ad un museo virtuale di beni artistici, archeologici e scientifici (fondi PON), l'altro sui sistemi basati sulla conoscenza per la fruizione personalizzata dei beni culturali (con “Tecnopolis Csata”), l'altro ancora sulla diagnostica dei beni culturali (con il Dipartimento di Chimica). Infine, organizzato insieme al Dipartimento di Fisica (domina la vivace Ida Catalano), il progetto *Cittadella della scienza*, finanziato dal MIUR, e con partner la Regione Puglia, Comune di Bari, “Ufficio scolastico regionale per la Puglia”, “Assindustria” e “Comunità delle università mediterranee” (CUM). E – ricordiamolo – questa realizzazione veniva dopo un lungo lavoro di sensibilizzazione per il riconoscimento dell'importanza dei beni storico-scientifici condotto dal Seminario nei confronti delle istituzioni deputate all'istruzione e all'educazione, degli enti locali e del mondo dell'imprenditoria. Già nel 1989 si parlava di istituire a

Bari un “Museo meridionale della scienza, della tecnica e del lavoro”, espressione delle ambizioni di tre regioni (Puglia, Basilicata e Calabria), di diverse istituzioni, agenzie, enti locali e associazioni di rappresentanza del mondo imprenditoriale. Le finalità di questo museo dovevano essere quelle «di contribuire ad educare nei giovani la attenzione ai fatti, alle azioni, all’operare, ai rapporti tra scienze e società e a quelli tra tecnica e mondo produttivo; in concreto, il raggiungimento di un riequilibrio tra cultura della parola e cultura dell’azione» (Famiani 1989, p. 41). Vi era già *in nuce* – ed è anche questo un segno della lungimiranza delle azioni attuate dal Seminario – la visione espressa anni dopo nelle disposizioni ministeriali per favorire l’orientamento degli studenti al lavoro (i percorsi di alternanza scuola-lavoro del decreto 77/2005) e l’esigenza, poi, estesa di avvicinare i giovani alle discipline scientifiche ed incrementare le iscrizioni alle relative lauree.

Ma la realizzazione più rilevante in questo settore è stata la creazione del CISMUS (“Centro interdipartimentale di servizi per la Museologia scientifica”) nel 1993: fortemente voluta dall’amico – oltre che validissimo collega – Carlo De Marzo (che ci ha lasciati prematuramente il 24 settembre del 2005) e da chi scrive. Proposto dal Seminario di Storia della Scienza e dai Dipartimenti di Fisica, di Biologia (con Lidia Liaci Scalerà) e dal Museo Orbotanico (con Francesco Macchia), il CISMUS ha avuto come primo direttore l’allora giovane e molto promettente ricercatore Augusto Garuccio (Campanile, De Frenza 2017, pp. 47-48).

Con la sua collaborazione sono stati realizzati progetti di ricerca e attività davvero notevoli, a cominciare dalle prime iniziative di censimento e catalogazione dei reperti museali, avviate nell’ambito del programma finalizzato CNR “Beni Culturali” e poi proseguite con la convenzione CRUI-ICCD-ENEA, continuando con la partecipazione alle attività ministeriali di divulgazione scientifica (esemplari sono state le “Settimane della cultura scientifica”, proposte dal 1992), fino alla formazione di esperti di Museologia scientifica, formati grazie ad un corso professionalizzante realizzato nel 1995 con il cofinanziamento del F.S.E. Sarebbe troppo lungo citare anche gli innumerevoli incontri (seminari, convegni, giornate) rivolti agli universitari, agli studenti delle scuole secondarie, alla cittadinanza, che negli anni sono stati realizzati. È giusto rivendicare però l’impegno profuso, insieme con Augusto Garuccio, per far crescere la nuova struttura. Essa in un ventennio si è dotata di locali, attrezzature e personale propri, in grado di gestire al meglio tutti gli aspetti della musealità scientifica. Ciò ha portato alla costituzione, a norma dello statuto dell’Università di Bari, del “Sistema museale d’Ateneo” (SiMA), così come è avvenuto negli Atenei di Bologna, di Ferrara, di Pavia, di Pisa, e via dicendo. A Bari il SiMA è stato attivato nel 2016 con la presidenza di Augusto Garuccio e la direzione di Ruggero Francescangeli.

3. Le attività culturali ed editoriali

Come da statuto, si sono organizzati numerosissimi cicli di lezioni, incontri, conferenze, dibattiti, convegni e congressi sia di storia delle scienze che di ventaglio culturale

più ampio, anche in collaborazione con altre università, enti di ricerca, istituzioni e società scientifiche sia italiane che internazionali.

Nei primi anni le attività di comunicazione del Seminario hanno avuto lo scopo di illustrare gli snodi teorici emergenti della storiografia della scienza, soprattutto le proposte che miravano a collocare l'impresa scientifica alla pari di qualsiasi altra produzione umana, quindi a mettere in evidenza il suo carattere fallibile ed il fatto che fosse coinvolta nella trama delle azioni e dei processi che definiscono l'essere in una società (ma non per questo la caratterizzano in quanto strumento di progresso nelle mani della classe dominante, come emerse nello stesso tempo nelle interpretazioni degli intellettuali più legati all'ideologia del materialismo storico) (Di Giandomenico 1989); quelle, inoltre, che intendevano far emergere il ruolo delle pratiche scientifiche, quindi il lavoro di laboratorio, la funzione della strumentazione nell'attività di ricerca, la commistione tra ideologia e razionalità scientifica. Queste tematiche furono affrontate nell'analisi sia degli sviluppi delle discipline biologico-mediche che di quelle fisico-matematiche. Naturalmente qui si ricordano solo alcune delle suggestioni che in quegli anni furono esplicitate in incontri e congressi, partendo dai cinque workshop che furono realizzati tra il 1974 e il 1982 (*Scienza nel Rinascimento; Le scienze naturali e l'idealismo; Medicina ospedaliera nell'800; Storiografia scientifica e filosofica; Matematica nel pensiero greco*). Questi incontri furono accompagnati da tre congressi che coinvolsero storici nazionali ed internazionali: quello per la celebrazione del primo centenario dalla morte del fisiologo francese fondatore del metodo sperimentale in medicina, *Claude Bernard. Scienza, filosofia, letteratura* (9-11 novembre 1978), a cui parteciparono Vincenzo Cappelletti, presidente dell'"Istituto dell'enciclopedia italiana", Mirko Grmek, storico della medicina e segretario della "Société internationale d'histoire de la science", docenti di varie università e di varie discipline; il convegno su *Medicina e società* e quello sull'*Evoluzionismo biologico*.

La vocazione del Seminario ad ampliare i confini dell'impegno dell'uomo di cultura nella società si manifestò in vari modi. Questo è evidente soprattutto negli obiettivi delle iniziative formative promosse da questo centro, ma lo si ritrova anche nell'attività di riflessione e apertura al dialogo con la comunità. Infatti, per promuovere il ruolo pubblico dell'intellettuale di qualsiasi formazione quale interprete dei cambiamenti politici del proprio tempo, il Seminario accolse l'invito a collaborare con la "Société européenne de culture" ed ospitò a Bari la XIX^e Assemblée générale ordinaire, che si tenne presso il Castello Svevo dal 22 al 25 ottobre 1988. Il tema della discussione fu *L'Europe de la culture dans le nouveau climat Est-Ouest*. Intellettuali venuti da tutto il mondo s'interrogarono sugli esiti culturali innescati dalla decisione delle superpotenze di attuare il disarmo reciproco e sugli effetti delle novità politiche intervenute nell'Unione Sovietica. Le relazioni misero in evidenza la presa di coscienza di una nuova "Umanità", autonoma e pronta ad usare il baluardo della cultura per rendere permanenti le occasioni generate nella nuova situazione di distensione politica (Galasso 1988).

Il Seminario di Storia della Scienza ha collaborato con varie istituzioni ed enti di ricerca per attuare questo programma di disseminazione culturale di ampia portata. Tra le relazioni più autorevoli ricordo quella con la "Domus Galilaeana", con la quale, nell'am-

bito del secondo corso triennale della “Scuola superiore di storia della scienza”, realizzò nella splendida cornice della tenuta Monterosso a Putignano (BA) tre cicli d’incontri autunnali. Il primo si svolse dal 21 al 24 settembre 1987 e fu dedicato a *Problemi e personaggi della neurologia del XIX secolo*; il secondo, che si tenne dal 12 al 15 settembre 1988, illustrò alcuni recenti risultati della ricerca su *Filosofie e scienze medico-biologiche nella cultura francese e tedesca del primo Ottocento*; il terzo, infine, che si svolse dall’11 al 14 settembre 1989, si soffermò sui problemi e protagonisti de *La storia della psicologia in Italia*. Questi incontri videro la partecipazione di studiosi di rilievo internazionale e corsisti di diversa nazionalità.

Il Seminario di Bari ha collaborato per oltre un quindicennio, a partire dal 1994, con la “Società filosofica italiana” (SFI). Dalla condivisione d’interessi sono nati due congressi svolti a Bari e a Foggia. Il primo, animatissimo, dal titolo *L’uomo e la macchina trent’anni dopo* (24-26 ottobre 1997) prendeva occasione dall’anniversario del convegno pisano della SFI del 1997 su *L’uomo e la macchina*, per fare il punto da una prospettiva epistemologica e storica sulla riflessione che in quei tre decenni era stata compiuta in Italia sulle scienze dell’informazione (Di Giandomenico 2000). Il secondo convegno su *Filosofia e società della conoscenza* (17-19 ottobre 2002) dibatteva sulle novità introdotte nella società post-industriale dalle tecnologie informatiche.

Cambiando punto di vista, ma anche qui inserendosi in un settore di studi emergente, il Seminario di Storia della Scienza ha aperto il dibattito sulla storia della psicotecnica, focalizzando l’interesse sull’evoluzione dei metodi psicometrici e di orientamento al lavoro della prima metà del Novecento. Sono nati da quest’attività in particolare due congressi, il primo dal titolo *Laboratori di psicologia tra passato e futuro*, che si svolse dal 27 al 29 novembre 1997, ed il secondo *Psicotecnica: Ieri! Oggi? Domani??*, il primo Convegno internazionale su questo tema realizzato dal 14 al 16 marzo 2007. L’obiettivo era quello di far conoscere l’attività svolta in alcuni dei laboratori, nei quali nacquero e si svilupparono i fondamenti della psicologia italiana, a cominciare da quello che Alberto Marzi, psicologo di origini fiorentine, aveva allestito ed utilizzato a Bari dal 1949 al 1955 e che nel 1995 è stato riorganizzato grazie all’impegno e alla pertinacia di Maria Sinatra e dei suoi collaboratori con la denominazione di Laboratorio di storia della psicologia applicata “A. Marzi”. Alla base di questo lavoro vi era l’adesione alla politica nazionale per la salvaguardia dei beni storico-scientifici, che prevedeva operazioni coordinate di catalogazione informatizzata e disponibilità delle collezioni alla fruizione del pubblico e degli studiosi per attività di ricerca, di didattica e di aggiornamento.

Altre attività hanno coinvolto le scuole secondarie della regione. In particolare, nell’ambito dei progetti finanziati dal MIUR (Legge 10 gennaio 2000, n. 6 “Iniziative per la diffusione della cultura scientifica”) sono stati organizzati dei momenti formativi in collaborazione con i docenti degli istituti pugliesi, soprattutto dei licei, a conclusione dei quali le scolaresche hanno presentato i propri lavori di storia della scienza in eventi pubblici. Ricordo a questo proposito il progetto su *La scuola di Archita. Progetto di formazione e aggiornamento didattico per docenti di scienze* del 2008 e *Il racconto della scienza. Digital storytelling in classe. Rassegna-concorso regionale per la realizzazione di prodotti multimediali didattici* realizzato nel 2011. Quest’attività era il compi-

mento dall'impegno assunto dal Seminario nel campo della didattica delle scienze, che scaturiva dall'esperienza della "Scuola di specializzazione per l'insegnamento secondario" (SSIS) di Puglia, a cui il centro aveva offerto la sua novennale collaborazione.

Infine, cito i due congressi internazionali della "European Society for the History of the Human Sciences" (ESHHS), che si sono tenuti il primo dal 2 al 5 luglio 2008 ed il secondo dal 12 al 14 luglio 2017 (quest'ultimo in collaborazione con la "Società italiana di storia della scienza", SISS).

Per quanto riguarda le pubblicazioni, sono state attivate alcune collane con vari editori: si ricordano qui quella con Giuseppe Laterza di Bari, con Pensa multimedia di Lecce, con Cacucci di Bari. Occorre sottolineare che non si è volutamente costituito un unico contenitore editoriale, nel quale far confluire i contributi a stampa dei vari progetti di ricerca, perché, come ho sottolineato poco fa, si è optato per lasciare ampia libertà di scelta ai colleghi compartecipi ai lavori. Epperò con Giuseppe Laterza sono state prevalentemente editate opere relative alle attività di alta formazione, ad esempio il volume, *Dall'offerta formativa alla creazione di un nuovo lavoro: le lauree umanistiche per il terzo millennio*, edito nel 1999. Cacucci, invece, ha pubblicato specificamente i migliori lavori dei dottori di ricerca: tra gli altri, il volume di Alessandro Volpone, *Gli inizi della genetica in Italia* (2008) e il lavoro di Michela Malpangotto su *Regio-montano e il rinnovamento del sapere matematico e astronomico nel Quattrocento* (2008). Pensa multimedia, da par suo, ha messo su la collana sui laboratori scientifici di fisiologia e psicologia, facendo uscire, ad esempio, gli *Atti del primo congresso nazionale su Laboratori di psicologia tra passato e futuro*.

Occorre altresì ricordare quel gioiello istoriato da Francesco Paolo de Ceglia, *Scienziati di Puglia*, sontuosamente rivestito dal raffinato editore Mario Adda nel 2007. Con la certosina pazienza di un celliniano cesellatore, Francesco de Ceglia ha intessuto trama ed ordito creando un arazzo mappato, con l'aiuto di ben 123 uncinetti (tante sono le persone da lui ringraziate per gli aiuti ed i suggerimenti ricevuti). Il volume era il prodotto finale di un lungo lavoro di ricerca sulla storia della cultura scientifica in Puglia, a cui nel 2008 fu dedicata anche una mostra di grande richiamo, *Scienza di Puglia*, allestita presso la "Cittadella della scienza" di Bari.

Nel 2013 è stata attivata con l'editore Aracne di Roma la collana "Parmenide", con la cui veste sono usciti fino al 2018 otto volumi proposti dai componenti del Centro delle sedi di Bari, Salento e Molise. Per non tediarvi con l'elenco completo, ricordo solo il primo volume a cura di Agostino Catalano e Rossano Pazzagli, *Arte e tecnica in Leonardo ingegnere*, che ha raccolto gli atti della giornata di studi "Arte e tecnica in Leonardo ingegnere" realizzata nel 2013 a Termoli presso l'Università degli Studi del Molise, e l'ultimo a cura di Francesco Paolo de Ceglia, *Prove, indizi ed evidenze. Percorsi di storia della scienza*, che nasce da un progetto finanziato dall'Ateneo di Bari con l'obiettivo di mostrare attraverso esempi ripresi da varie discipline come l'avanzamento scientifico non si fonda soltanto sul ragionamento logico-deduttivo, ma a volte sia guidato da indizi e tracce indeterminate, da cui imprevedibilmente scaturiscono feconde intuizioni.

4. Le attività di alta formazione ed il Dottorato di ricerca in Storia della scienza

4.1. Corsi di perfezionamento, Master e terza missione

Il Seminario di Storia della Scienza ha realizzato diverse iniziative, riconosciute a livello comunitario, per la formazione postuniversitaria. In particolare ha avviato corsi di formazione e perfezionamento nei settori dell'applicazione delle nuove tecnologie alle scienze umane, in quello della museologia scientifica, della cromodidattica, del *knowledge management*, della tutela e della conservazione del patrimonio documentale, dei sistemi di analisi della qualità e della valorizzazione dei beni culturali quali risorse immateriali.

Alcune delle iniziative hanno avuto maggiore impatto. Nel 1994 il Seminario attuò il Corso di formazione professionale in “Epistemologia informatica”, autorizzato dal Ministero del lavoro e previdenza sociale, nell'ambito del programma comunitario “Euroform”, volto al finanziamento di iniziative congiunte per la formazione professionale, finalizzata allo sviluppo di competenze idonee a cogliere le opportunità offerte dai cambiamenti tecnologici, dall'attuazione del mercato unico e da scambi transnazionali. Il corso coinvolse 16 allievi scelti tramite una selezione nazionale, a cui parteciparono circa 400 candidati. Il successo dell'iniziativa nasceva dall'interesse per un percorso di valorizzazione e sviluppo delle competenze dei laureati in discipline umanistiche, capaci di renderli competitivi nel mercato delle nuove professioni connesse alla diffusione delle tecnologie informatiche. Veniva proposto un nuovo profilo, quello del *Knowledge manager*, che doveva inserirsi nel team formato dal sistemista, analista, analista programmatore e ingegnere della conoscenza per la creazione di software di ricerca o applicativo pertinente soprattutto alle scienze umane. Il *Knowledge manager* doveva intervenire sia nella fase di realizzazione del software che in quella di comunicazione presso l'utente finale delle procedure usate per crearlo, cioè sia nel momento della produzione che in quello della fruizione. Su questa strada il Seminario si era incamminato fin dal 1986 con l'istituzione del corso di perfezionamento universitario di “Epistemologia informatica”, prima esperienza in Puglia di avvicinamento dei giovani in possesso di “lauree deboli” al “mondo nuovo” dell'informatica, dei suoi metodi e dei suoi strumenti. Il corso di perfezionamento, attivato ininterrottamente fino al 2001, si caratterizzò per la sua finalità essenzialmente culturale, come dettato dal D.P.R. 162 del 1982 che ne aveva stabilito l'introduzione nel percorso accademico; mentre il corso omonimo realizzato nel 1994, con una durata di 800 ore e uno stage formativo in Francia presso l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée, aveva l'obiettivo precipuo di formare dei professionisti con competenze operative nei processi di ideazione del software, della multimedialità e della linguistica computazionale.

Con finalità simili era stato pensato il corso in “Informatica umanistica applicata al terziario avanzato”, realizzato nel 1997 in attuazione del Programma operativo multiregionale 940026/I/1, cofinanziato dal F.S.E., sottoprogramma “Emergenza occupazione Sud”, diretto alla formazione di 25 allievi. Rispetto al precedente di “Epistemologia informatica”, questo aggiungeva un ulteriore pacchetto formativo, costituito dall'approfondimento di contenuti psico-sociologici, relazionali e comunicativi legati al mondo delle aziende e alla creazione d'impresa. La concezione del *Knowledge manager* si ar-

ricchiva, quindi, delle competenze per la gestione complessa delle risorse umane all'interno delle aziende (Di Giandomenico 1999, p. 108). Queste abilità (solo per specificarne alcune, la capacità di cooperare, la disponibilità ad assumersi responsabilità, la capacità di attuare nuove iniziative e di essere disponibile all'apprendimento in un gruppo cooperativo) non solo venivano insegnate attraverso la didattica frontale, ma erano già messe in pratica nell'esperienza degli stage presso le aziende e nell'apprendimento in classe, durante il quale si dava molto spazio al lavoro di gruppo.

Dietro questi corsi vi era una precisa scelta programmatica perseguita dal Seminario di Storia della Scienza, quella d'intervenire a sostegno della formazione specialistica riservata ai laureati e soprattutto alle laureate delle facoltà umanistiche, prospettando nuove opportunità d'inserimento professionale, in linea con i cambiamenti sociali, economici e soprattutto tecnologici in atto nella realtà di quegli anni. Questa strategia teneva conto dell'ampiezza del bacino d'utenza, perché a Bari il numero dei giovani che acquisiva ogni anno una laurea nelle discipline umanistiche superava già allora il migliaio di unità, e del fatto che non esistessero nella regione strumenti di formazione in grado di generare imprese innovative proprio in quel settore. La prima iniziativa avviata fu quella che coniugava la formazione umanistica con le competenze informatiche. La promozione della convergenza in Puglia di tecnologie d'avanguardia, di professionalità e competenze organizzative ben qualificate mirava a creare quelle relazioni tra imprese, soggetti portatori di contenuti culturali e di alte competenze professionali, necessarie a dare impulso ad alcuni settori economici innovativi e, quindi, ridurre la dipendenza tecnologica e di risorse umane altamente specializzate, che impediva lo sviluppo della nuova imprenditoria locale. Fin dall'inizio queste iniziative furono realizzate nell'ambito di un partenariato internazionale costituito da istituzioni accademiche, agenzie per l'occupazione ed aziende. Esse s'inserirono nei piani di sviluppo strategico dell'U.E., che in modo più intenso a partire dagli anni Ottanta del secolo scorso sostennero misure volte a favorire la creazione della piccola e media impresa soprattutto nei paesi in ritardo di sviluppo. Confluirono nei programmi europei anche le politiche regionali per la crescita economica, che si posero l'obiettivo di valorizzare il potenziale umano "endogeno", puntando sugli obiettivi d'innovazione, competitività tecnologica, apertura all'imprenditoria femminile (Annicchiarico 2000, p. 15).

In questo quadro fu realizzato nel biennio 1998-2000 il corso di formazione professionale in "Restauro e conservazione di libri e documenti antichi" – Iniziativa comunitaria occupazione N.O.W., progetto "Ex Libris", che era rivolto alla formazione di venticinque allieve disoccupate. Oltre alle lezioni in aula, ai laboratori e agli stage, il corso prevedeva l'avviamento alla creazione d'impresa. Alla conclusione del progetto, infatti, dieci corsiste hanno costituito la cooperativa "Ex libris", che ha lavorato con successo per numerosi anni nel campo del restauro librario e dei documenti antichi e moderni, conservazione e catalogazione dei fondi librari, legatoria e cartotecnica (Gaeta 2006).

Infine, un altro progetto di grande impatto è stato il Master europeo "Gasterea – Beni Culturali Enogastronomici", proposto dall'associazione temporanea d'impresa composta dall'Università di Bari, dal Comune di Trani, dalla Camera di Commercio di Bari, dall'"Agenzia per l'occupazione e lo sviluppo dell'area nord barese-ofantina" e finanziato dall'U.E. nell'ambito del PON "Ricerca scientifica, sviluppo tecnologico e

alta formazione” 2000-2006. Il Master, realizzato dal Seminario di Storia della Scienza nel 2003/05, era rivolto a venticinque laureati in diverse discipline ed è stato il primo corso universitario istituito con l’obiettivo di fornire competenze per la promozione e la valorizzazione dell’eno-gastronomia come risorsa culturale di un territorio. Lo scopo specifico era quello di formare una nuova figura professionale di esperto, in grado di integrarsi con gli altri operatori del sistema turistico e promuovere itinerari basati sulla fruizione dei giacimenti eno-gastronomici (Paradiso 2015). Erano in pochi a parlare allora di “cubus-turismo” e di valorizzazione dei prodotti culinari tipici come beni culturali quasi alla pari di un monumento o di una bellezza naturale. Tra l’entusiasmo di pochi e le critiche di molti, il progetto ha avuto il merito di creare specialisti in beni culturali eno-gastronomici in grado di comprendere le potenzialità economiche, produttive, storiche e culturali del proprio territorio e di proporre la fruizione dei beni immateriali con competenza manageriale, ampliando l’offerta turistica e volgendola verso un turismo colto e non tradizionale. L’esperienza del Master ha condotto, poi, l’Università di Bari ad attuare il primo corso di laurea triennale interclasse ed interfaccoltà (Lettere ed Agraria) in “Beni enogastronomici”.

Si può notare, in sintesi, come tutte queste attività formative abbiano con lungimiranza preceduto quanto auspicato dal *Rapporto ANVUR sullo stato dell’università e della ricerca 2013* (Torrini 2014) in rapporto alla valorizzazione economica della conoscenza, curando in particolare il *placement* di laureati in discipline umanistiche, il *networking* con il territorio e la cooperazione con le imprese.

4.2. Il dottorato in Storia della scienza

Il dottorato di ricerca in Storia della scienza è stato il primo dottorato italiano in questo settore. Istituito nel 1989 (V ciclo), fin dall’origine si è strutturato in forma consortile con altri atenei italiani: Roma “La Sapienza”, Genova, Bologna, Lecce, Stazione zoologica “Anton Dohrn” di Napoli. Ha istituito rapporti di collaborazione con parecchie università e centri di ricerca stranieri, realizzando anche il “Dottorato europeo in storia della scienza” con l’università di Ginevra nell’ambito di un progetto di internazionalizzazione (anni 2003-2005).

Nella sua forma originaria, durata fino al 2004 (XX ciclo) ha visto la presenza nel suo collegio dei docenti, tra gli altri, di Carlo Maccagni, Vincenzo Cappelletti, Paolo Freguglia, Maurizio Mamiani, Sandro Petruccioli, Arcangelo Rossi, Augusto Garuccio. Ho citato solo i colleghi che hanno coltivato interessi più vicini all’ambito della storia della fisica.

Complessivamente, nei suoi primi quindici anni di vita il dottorato ha licenziato settantasette dottori e ne ha bocciato uno. In buona parte essi sono divenuti docenti universitari, oltre che insegnanti nei licei, ricercatori di enti di ricerca e dirigenti di aziende e centri culturali in Italia ed all’estero.

La cifra relativa ai dottori formati, dunque, è di gran lunga superiore a quelle di altri dottorati con la stessa denominazione sorti successivamente, comprese le famose, precedenti, borse CNR della “Domus Galilaeana” di Pisa, i cui fruitori, grazie ad un comma della legge di riforma universitaria del 1979-80, furono equiparati a ricercatori universitari. La ragione di quell’espansione eccezionale del dottorato di Bari va ricerca-

ta principalmente nel riconoscimento ottenuto da parte dell'Unione Europea, che ha consentito l'accesso ai cofinanziamenti aggiuntivi comunitari, in termini di copertura di ulteriori borse di studio (non più posti senza borsa), di rimborso di spese per stage all'estero, attività didattica e materiale di studio, di attivazione di borse post-dottorato e contratti di ricerca.

L'erogazione europea complessiva è stata pari a € 2.016.051, 50.

A partire dal XXI ciclo il dottorato in Storia della scienza si è associato a quello in Storia dell'Europa moderna e contemporanea e in Popolazione, famiglia e territorio, costituendo la Scuola di dottorato in Storia, scienza, popolazione e società, con sede amministrativa presso il Seminario di Storia della Scienza. Le cose sono cambiate ancora negli anni successivi. In obbedienza alle mutate (e controverse) disposizioni legislative, ministeriali ed accademiche, il dottorato in Storia della scienza è stato accorpato ad altri dottorati umanistici, con denominazioni variegata e cangiante, fino ad acquietarsi nel XXXII ciclo in un curriculum dell'attuale dottorato in Studi umanistici, rigorosamente monosede, con un unico posto. Tuttavia in questi anni hanno concluso la loro formazione un buon numero di giovani: in totale nel 2017 il numero dei dottori in storia della scienza è arrivato a centotredici.

Nell'a.a. 2018/19 viene avviato il XXXIV ciclo. Tra le novità più importanti di quest'ultimo periodo sono state l'attivazione di collaborazioni internazionali, che si sono concretizzate in accordi di co-tutela di tesi sia di dottorandi che sono stati accolti in università straniere che di dottorandi venuti a completare le loro ricerche a Bari, e la progettazione di percorsi di formazione e studio in collaborazione con le aziende nell'ambito del PON Ricerca e Innovazione, 2014-2020.

5. Un tentativo di bilancio

La visione (profetica?) di Corsano di creare un luogo d'incontro tra le due culture, che fosse, appunto, occasione di scambio e di lavoro in comune, è stata interpretata negli anni successivi come equanime apertura alle proposte e suggestioni, che sono scaturite in quella "terra di mezzo" emersa tra le due aree. Certamente negli anni Sessanta la Storia della scienza in Italia non aveva confini accademici ben distinti; viaggiava ancora al rimorchio della Storia della filosofia, se non si attardava in asfittici resoconti eruditi o in occasionali esposizioni celebrative. Poche voci sparute, tra le ultime quella di Geymonat, avevano dato nuove connotazioni metodologiche a questa disciplina; poi, erano emersi i richiami più consapevoli di dissodare un preciso ambito di studi di Paolo Rossi, Luigi Bulferetti, Vittorio Somenzi, Carlo Maccagni, solo per citarne alcuni. Ma non è qui il caso di ripercorrere lo sviluppo disciplinare della Storia della scienza in Italia, quanto piuttosto di far emergere in questo contesto il contributo dato dai colleghi, studenti ed amici che hanno operato nell'Ateneo di Bari.

Quando a partire dagli anni Ottanta si è proposto di contribuire in accordo con le altre istituzioni italiane alla promozione degli studi di Storia della scienza, il Seminario non ha mutato la propria impronta genetica, continuando a presentarsi come fucina d'iniziativa interdisciplinari. Gli studi avviati sono stati, infatti, connotati dalla solita

ampiezza di vedute ed hanno spaziato dalla storia della medicina sperimentale alla storia della geologia; dalla riflessione sulle scienze dell'informazione a quella sulla didattica delle discipline scientifiche, passando per le ricerche di linguistica computazionale ed il *knowledge management*. Il Seminario ha dato un'interpretazione estesa alla funzione culturale della Storia della scienza: non solo rilettura storica della produzione scientifica a beneficio degli umanisti, né solo apertura alla complessità dell'immagine della scienza per gli addetti al settore, ma anche proposta d'intersezione di discipline diverse per potenziare i rispettivi strumenti operativi, applicazione delle metodologie informatiche alle scienze umanistiche e non solo a quelle storiche, sperimentazione di nuovi percorsi, soprattutto nel settore dei beni culturali (La Vergata 2012, p. 254).

Parecchie delle attività svolte dal Seminario nei primi cinquant'anni della sua vita sono richiamate in breve in queste pagine. Per necessità di sintesi alcune non compaiono e mi dispiace aver fatto torto a quanti ci hanno lavorato, sia colleghi che studenti, e qui non sono stati citati. In quegli anni caratterizzati dalla frenesia del fare non si è prestata molta attenzione a dare visibilità ai risultati. Alcune realizzazioni sono passate, così, in sordina. Mi concedete di richiamare *in extremis*, ad esempio, l'esperienza dei mondi virtuali, quando anche il Seminario ha avuto la sua ricostruzione 3D su "Mondi attivi" e una popolazione di "avatar" ha visitato i suoi archivi digitali?

Ma il luogo, quello fisico, è stato al centro di tutta questa storia. Corsano aveva creato un centro, che non era solo un contesto di condivisione di esperienze e di dialogo, ma uno spazio concreto, in cui giovani borsisti ed assistenti avevano iniziato ad agire e pensare. Questo spazio si è ampliato nel tempo. Non è un caso che chi ha frequentato in questi anni il Seminario, più che metterlo in relazione con le attività compiute, lo identifica con la sua sede, i suoi laboratori, la sua biblioteca e gli strumenti messi a disposizione per la ricerca. Le persone si sono avvicinate, ma l'identità è ancora in quella struttura, ora Centro interuniversitario, che nel bene e nel male si appresta ad affrontare il suo futuro. E, citando uno dei motti più *cult* della storia del cinema, anche noi possiamo augurare a questo Centro: «Dopotutto, domani è un altro giorno!».

Bibliografia

- Annicchiarico A. (a cura di) (2000). *Le politiche e gli strumenti per la creazione d'impresa nell'U.E. Esperienze di buone pratiche*. Lecce: Pensa MultiMedia.
- Ardizzone P., Rivoltella P.C. (2008). *Media e tecnologie per la didattica*. Milano: Vita e Pensiero.
- Bonfanti C. (1993). *Un corso di storia dell'informatica all'Università di Bari*, in AICA, *AICA 93, Atti del Congresso annuale* (Gallipoli 22-24 settembre 1993). S.l.: AICA, pp. 733-741.
- Campanile B., De Frenza L. (2017). *Materiali per la ricerca e la didattica*, in Campanile B., De Frenza L., ...*E pur si vuole! La Facoltà di Scienze di Bari. Origini, istituzione, sviluppi fino agli anni Settanta*. Bari: Giuseppe Laterza, pp. 47-55.

- Cimino G., Sava G. (2007). *Le istituzioni italiane per la storia della scienza*, in Pogliano C. (a cura di), *Scienze e storia nell'Italia del Novecento*. Pisa: Edizioni Plus, pp. 237-274.
- Deotto E. (1987). "A Tecnorama Ufficio il Laboratorio di Epistemologia dell'Università di Bari". *Sumo2*, marzo-aprile, pp. 69-70.
- Gaeta A. (2006). "Le signore dei libri antichi. 'Un tesoro in ogni pagina'" [online]. URL: <<http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2006/01/13/le-signore-de-i-libri-antichi-un-tesoro.html>> [data di accesso: 10/08/2018].
- Galasso G. (1988). "La cultura non dà pane ma pace, sì. Intellettuali europei di Oriente e di Occidente si interrogano sul loro ruolo nella società". *La Gazzetta del Mezzogiorno*, 23 ottobre, p. 3.
- Gentilini M., Pozzo R. (2016). "A proposito di Mario Dal Pra e il Consiglio Nazionale delle Ricerche". *Lexicon Philosophicum*, 4, pp. 209-217.
- Di Giandomenico M. (1989). *Italy 1945-1988: a review of scientific thoughts and writings*, in Presidenza del Consiglio dei Ministri, Consiglio Nazionale delle Ricerche, *Scientific books in Italy. Subject guide*. Milano: Editrice Bibliografica.
- Di Giandomenico M. (2007). *Antonio Corsano storico della scienza (1899-1989)*, in Pogliano C. (a cura di), *Scienze e storia nell'Italia del Novecento*. Pisa: Edizioni Plus, pp. 115-128.
- Di Giandomenico M. (a cura di) (1999). *Dall'offerta formativa alla creazione di un nuovo lavoro. Le lauree umanistiche per il terzo millennio*. Bari: Giuseppe Laterza.
- Di Giandomenico M. (a cura di) (2000). *L'uomo e la macchina trent'anni dopo. Filosofia e informatica ieri e oggi. Atti del Convegno nazionale 1997 della Società filosofica italiana* (Bari 24-26 ottobre 1997), Bari: Giuseppe Laterza.
- Famiani R. (1989). "Un museo meridionale della scienza, della tecnica e del lavoro? Sì, grazie". *Progresso*, 4, pp. 40-41.
- La Vergata A. (2012). *La storia della scienza tra le due culture*, in de Ceglia F.P., Didattista L. (a cura di), *Semi di storia della scienza. Studi in onore di Mauro Di Giandomenico*. Milano: Franco Angeli, pp. 247-255.
- Lepschy A., Di Giandomenico M. (a cura di) (1991). *Epistemologia informatica*. Bologna: Transeuropa, (BioLogica, 5).
- Paradiso A. (2015). *Cibo e cultura: il progetto "Gasterea"*, in Soroptimist International Italia, *Puglia, dove il cibo diventa cultura*. Bari: Adda, pp. 17-26.
- Torrini R. (coordinatore) (2014). *Rapporto ANVUR sullo stato dell'università e della ricerca 2013* [online]. URL: <https://www.anvur.it/wp-content/uploads/2014/03/Rapporto%20ANVUR%202013_UNIVERSITA%20e%20RICERCA_integrale.pdf> [data di accesso: 10/08/2018].

Storia della nascita della scuola di fisica barese

Bruno Ghidini – Dipartimento interateneo di Fisica – Università degli Studi di Bari Aldo Moro – ghidini.72@gmail.com

Abstract: The teaching and research activity in Physics in Bari started with the foundation of the University of Bari in 1925, when the Institute of Physics associated with the Faculty of Medicine was created. This had among its directors Pacini and Polvani. Soon after the 2nd world war, in 1948 the Faculty of Natural Sciences was set up and a new Institute of Physics, associated with it, was born. However, a true school of physics came only after the arrival of Michelangelo Merlin in 1958. He carried out the project of an innovative building to accommodate the expansion of the Institute's teaching and research. Merlin activated relations with the territory and with national and international research groups and established the INFN Bari section.

Since 1996 the Department of Physics is an inter-university department.

Keywords: Scuola di Fisica di Bari.

1. Introduzione

Il Dipartimento di Fisica di Bari è dal 1996 un dipartimento interuniversitario, poiché fa capo a due distinti Atenei: l'Università degli Studi di Bari e il Politecnico di Bari. Infatti, dopo la costituzione del Politecnico con il conseguente scorporo della Facoltà di Ingegneria dall'Università di Bari, invece di dar vita ad un Istituto o Dipartimento di Fisica del Politecnico, si preferì mantenere l'unità culturale, scientifica e didattica della Fisica barese, trasformando in Dipartimento "Interateneo" il Dipartimento di Fisica "dell'Università". Quest'ultimo era stato istituito formalmente con D.R. del 20 luglio 1982, che sostanzialmente dava solo nuova veste giuridica al preesistente Istituto di Fisica della Facoltà di Scienze, senza alcuna necessità di modifiche alle sue strutture (edilizie, didattiche, scientifiche, ...). È questo un punto importante, su cui torneremo più avanti. Pertanto, per trovare le radici storiche del Dipartimento di Fisica di Bari occorre risalire a quelle dell'Istituto di Fisica e, ancora più indietro nel tempo, all'origine delle attività didattiche e scientifiche in Fisica all'Università di Bari.¹

¹ La ricostruzione storica, oggetto della presente relazione, è in larga misura contenuta in Ghidini (2013). Inoltre le sorgenti delle informazioni sono sostanzialmente di due tipi: per il periodo più recente (dagli anni '60 in poi) esse provengono da esperienze personali dell'Autore e quindi da ricordi, appunti, o altro, mentre tutte le notizie relative al periodo precedente sono il frutto della consultazione di documenti conservati nell'Archivio Generale dell'Ateneo Barese (AGAB, nel seguito). In questa ricerca è stato di grande aiuto il dott. Giuseppe Ventrella, curatore dell'Archivio, cui si vuole qui rivolgere un particolare ringraziamento.

Inizierò il racconto non esattamente dal principio, ma da quella che secondo me è la data cruciale, non tanto per la nascita, quanto per vita stessa dell'Istituto di Fisica; data che ha rappresentato lo spartiacque fra ciò che sarebbe potuto accadere – e fortunatamente non è accaduto – cioè la morte per inedia del giovane Istituto, e ciò che è invece accaduto, cioè la sua rinascita e il suo sviluppo, che lo ha portato a diventare una realtà internazionalmente riconosciuta, che produce giovani laureati e dottori di ricerca apprezzati e ben accolti nelle principali Istituzioni di ricerca del mondo.

Questa data è l'inizio di gennaio del 1958, quando arrivò a Bari il professor Michelangelo Merlin, vincitore del concorso a cattedra di Fisica sperimentale bandito dalla Facoltà di Scienze dell'Università di Bari. La situazione che egli trovò era tutt'altro che incoraggiante; la lascio descrivere a lui stesso attraverso le parole di un memoriale in cui racconta il suo arrivo e la sua permanenza a Bari, memoriale che mi fece l'onore di affidarmi qualche tempo prima di morire.

Dopo qualche settimana di assestamento mi resi conto della difficile, meglio anomala, situazione della Fisica a Bari, che così sintetizzo:

- a. non esisteva un Istituto,
- b. non esisteva personale docente qualificato,
- c. non esistevano studenti del corso di laurea in Fisica.

a. La Fisica nominalmente aveva due istituti: uno della Facoltà di Medicina (nato prima) ed uno della Facoltà di Scienze. Il primo era all'Ateneo, senza attrezzature, ma con una piccola aula. Il secondo era ospitato, meglio tollerato, nello scantinato della Facoltà di Economia e Commercio, senza attrezzature e senza aule.

b. Il personale docente era costituito da assistenti locali che, non avendo avuto alcun maestro stabile, provvedevano solo allo svolgimento delle lezioni.

c. Gli studenti in Fisica mancavano (NdA: erano 5 o 6!), perché chi aveva serie intenzioni di studio si iscriveva ovviamente in altri centri qualificati come Roma, Napoli o altri.

Tenuto conto di questa situazione era ovvio che per creare a Bari un Istituto nuovo ed efficiente bisognava risolvere i tre punti sopra citati con anni ed anni di paziente lavoro e, purtroppo, senza sicurezza di successo. Ciò non rientrava nelle potenzialità di un singolo uomo. La cosa più logica da fare era seguire l'esempio dei vari predecessori: cercarsi una nuova sede. In questo senso avevo già avuto qualche proposta, anche dalla stessa Università di Padova, quando un fatto del tutto imprevisto cambiò le mie decisioni.

Fermiamoci qui per il momento e, prima di vedere quale fu questo evento imprevisto, facciamo un lungo passo indietro per capire come si era determinata la situazione appena descritta.



Fig. 1. Il Prof. Michelangelo Merlin.

2. Le origini: l'Istituto di Fisica della Facoltà di Medicina

L'inizio dell'attività didattica e di ricerca in fisica a Bari coincide con la nascita della stessa Università di Bari (a. a. 1924-25). Non si hanno notizie di una Scuola di fisica né di ricerche in fisica a Bari prima di tale data (forse potrebbe esserci stato qualche tentativo di appassionati solitari nell'ambito di qualche Liceo, ma non se ne ha documentazione). L'unico evento con caratteristiche vicine alla Fisica, anche se oggi sarebbe considerato più tecnologico che fisico in senso stretto, fu il primo collegamento radiotelegrafico internazionale realizzato da Guglielmo Marconi nel 1904 tra Bari e Antivari, in Albania (An. 1904, p. 1).

L'Università di Bari nacque con una sola Facoltà, quella di Medicina e Chirurgia (con annessa scuola di Farmacia), nel cui piano di studi era compresa la Fisica Sperimentale come insegnamento fondamentale. Nell'Università italiana, fino alla costituzione dei Dipartimenti (a seguito della legge del 1980), ogni insegnamento o gruppo di insegnamenti doveva afferire ad un Istituto, che era parte di una Facoltà: perciò, contestualmente alla costituzione della Facoltà di Medicina, si dette vita ad un Istituto di Fisica, la cui direzione, insieme con l'incarico di insegnamento, fu affidata alla prof.ssa Maria Kahanowicz, titolare di "Libera docenza"² in Fisica Sperimentale all'Università

² La "Libera docenza" era un titolo accademico che si conseguiva a seguito di concorso nazionale a numero chiuso per titoli ed esame e dava diritto a precedenza nell'attribuzione degli incarichi di insegnamento; un assistente ordinario, se non la conseguiva entro dieci anni dalla nomina, doveva lasciare il posto universitario ed era trasferito nei ruoli della Scuola secondaria. Dalla metà degli anni '60 divenne un esame di idoneità a numero aperto e fu definitivamente soppressa nel 1970.

di Napoli, che la mantenne per due anni.³ All'Istituto furono assegnati anche un assistente e un tecnico.

Dopo la prof.ssa Kahanowicz, si succedettero alla direzione due fisici di grande fama: Giovanni Polvani, che fu in seguito uno degli artefici della riorganizzazione della ricerca italiana dopo la Seconda guerra mondiale, nonché presidente della SIF e del CNR, e Domenico Pacini, pioniere dello studio dei raggi cosmici, di cui dimostrò l'esistenza in contemporanea con l'austriaco Victor Hess (il quale solo, però, vinse il premio Nobel per la scoperta). Polvani, già aiuto all'Università di Pisa, venne a Bari alla fine del 1926 come vincitore di Cattedra, ma dopo un solo anno tornò a Pisa, per trasferirsi poi definitivamente a Milano; di lui è rimasto agli atti soltanto il discorso del 29-5-1927 durante le celebrazioni che l'Università di Bari dedicò ad Alessandro Volta nel primo centenario della sua morte. Pacini, libero docente all'Università di Roma, fu chiamato a Bari nell'a.a. 1927-28 dopo la partenza di Polvani e vi rimase sette anni, prima come professore incaricato, poi, vinta la cattedra, come Professore straordinario e poi ordinario, fino alla morte per broncopolmonite a soli 56 anni. Dal 1934-35 in poi non ci sono più stati docenti di spicco per una ventina di anni: per l'insegnamento della Fisica si dovette far ricorso, in particolare nel periodo della guerra, a cultori della materia o professori di Liceo, talvolta "comandati" da altre città.

A partire dall'a.a. 1954-55 l'insegnamento della Fisica e la direzione dell'Istituto furono affidati alla responsabilità della Facoltà di Scienze, a seguito di richiesta di quest'ultima *"in attesa del nuovo unico Istituto di Fisica al quale dovranno fare capo tutti gli insegnamenti di Fisica dell'Università di Bari"* (AGAB, *Verbali del Consiglio di Facoltà di Scienze*, 1954) (auspicio che non ebbe però mai completo adempimento). A partire dal 1963 l'Istituto di Fisica di Medicina – rimasto fino ad allora nel Palazzo Ateneo anche dopo il trasferimento di tutta la Facoltà di Medicina al Policlinico – fu ubicato nell'edificio del nuovo Istituto di Fisica di Scienze in Via Amendola (si veda più avanti). I due Istituti rimasero giuridicamente e amministrativamente distinti, ma furono strettamente connessi sul piano operativo fino al 2002, quando l'Istituto di Fisica Medica si trasferì al Policlinico, dove si erano realizzati nuovi ambienti, per poi confluire nel Dipartimento di "Biochimica Medica, Biologia Medica e Fisica Medica". Comunque, dagli anni '80 in poi la direzione fu affidata di nuovo a docenti di ruolo di Fisica della Facoltà di Medicina (ancorché provenienti dalla Facoltà di Scienze di Bari); ciò a seguito, prima, della nomina a Professore associato di Antonio Caforio, il quale peraltro aveva già diretto l'Istituto come incaricato per diversi anni, e poi della chiamata sulla cattedra di Fisica medica di Luigi Nitti, fisico teorico, vincitore di concorso nel 1987. Attualmente, dopo la soppressione delle Facoltà e il passaggio delle loro competenze ai Dipartimenti, non vi è più traccia dell'Istituto di Fisica medica.

La produzione scientifica dell'Istituto nei primi trenta anni circa fu, in generale, piuttosto modesta e, tranne poche eccezioni, confinata su bollettini di Accademie o Società scientifiche di difficile reperimento e riviste o anche giornali quotidiani a diffusione prevalentemente locale; per di più, l'affiliazione dell'autore era quella dell'Isti-

³ Le informazioni sui docenti e sugli istituti universitari sono tratte dagli *Annuari dell'Università degli Studi di Bari*, conservati nell'Archivio Generale dell'Ateneo di Bari (AGAB).

tuto di provenienza, non dell'Istituto di Bari. I temi erano molto vari (meteorologia, fisica dell'atmosfera, termodinamica, elettromagnetismo, film sonoro, ...) e solo dopo la guerra cominciarono ad avere qualche attinenza con i problemi della salute (per esempio, possibili applicazioni mediche degli ultrasuoni). Dal 1955 le ricerche sono state sostanzialmente quelle dei docenti di Scienze che tenevano i corsi (Fisica subnucleare, Fisica teorica, ...); scarse quelle di interesse medico. Non c'è mai stata una "scuola" di Fisica facente capo all'Istituto della Facoltà di Medicina.

3. L'insegnamento della fisica nelle altre Facoltà

Nel 1933 fu istituita la Facoltà di Farmacia, anch'essa con un insegnamento di Fisica, che fu in comune con quello di Medicina fino agli anni '60 e venne poi affidato ad un docente di Scienze.

Nel 1938 fu istituita la Facoltà di Agraria. Anche questa prevedeva un insegnamento di Fisica e inizialmente anche questo fu posto in comune con quello di Medicina, ma dopo soltanto due anni la Facoltà di Agraria chiese ed ottenne un insegnamento autonomo. La Fisica di Agraria è sempre stata sotto l'egida della Meccanica agraria, non c'è mai stato un Istituto di Fisica di questa Facoltà, né una significativa attività di ricerca specifica della Fisica.

La Facoltà di Medicina Veterinaria, istituita nel 1954, ha anch'essa un insegnamento di Fisica, che inizialmente fu messo in comune con quello di Agraria, per essere poi scorporato e affidato al Dipartimento di Fisica.

La Facoltà di Ingegneria, istituita formalmente nel 1958, ha avuto un iter costitutivo comune alla Facoltà di Scienze, descritto più avanti; all'inizio, il Biennio di Ingegneria era addirittura parte integrante della Facoltà di Scienze. Ci fu, comunque, sempre stretta collaborazione didattico-scientifica con l'Istituto di Fisica della Facoltà di Scienze e poi con il Dipartimento di Fisica, fino a sfociare, come già accennato, in un Dipartimento Interateneo.

4. La Facoltà di Scienze ed il suo Istituto di Fisica

La nascita dell'Istituto di Fisica della Facoltà di Scienze è strettamente collegata alla nascita della stessa Facoltà, la cui gestazione, sebbene non lunghissima (durò dal 1944 al 1948), è stata alquanto travagliata. La vicenda è un esempio di tenacia e ferma volontà dell'Università di Bari e degli Enti territoriali pugliesi e merita di essere raccontata, almeno per sommi capi.

Il primo accenno al desiderio di istituire a Bari la Facoltà di "Scienze naturali e matematiche", così come quella di "Lettere e Filosofia", era contenuto già nella relazione del Rettore Umberto Toschi in occasione dell'inaugurazione dell'a. a. 1940-41. Era, quello, il primo anno di guerra e la cosa finì lì, per il momento.

Dopo l'8 settembre 1943, con l'Italia divisa in due, gli studenti universitari pugliesi e lucani di materie scientifiche e letterarie avevano serie difficoltà a raggiungere le sedi

universitarie (anche le più vicine come Napoli e Roma) dove sostenere gli esami. Si formò, così, un movimento di opinione spontaneo da parte di Enti ed organizzazioni pugliesi (p. es., il Commissario prefettizio di Brindisi, quello di Altamura, ecc.) (AGAB, Carteggio dott. Predome) di cui si fece interprete l'Università di Bari, teso ad ottenere a Bari dei corsi universitari di materie sia scientifiche che letterarie. Così il Governo Badoglio, forse particolarmente sensibile perché ubicato a Brindisi, il 27 gennaio 1944 emise il R.D. n. 60 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del Regno n. 10 del 26-2-1944), con il quale si autorizzava l'Università di Bari a tenere per l'a.a. 1943-44 corsi di insegnamento per i Corsi di laurea in Chimica ed in Scienze Naturali, per il Biennio propedeutico di Ingegneria (come allora si chiamava) e per il primo anno dei Corsi di laurea in Scienze Matematiche ed in Matematica e fisica (oltre ai primi due anni di Lettere, Filosofia, Pedagogia, Medicina Veterinaria). Il Corso di Laurea in Fisica (o Fisica pura, come spesso si diceva) non venne preso in considerazione, non ostante la fama e i premi Nobel di Marconi e di Fermi, forse perché considerato troppo elitario.⁴

In tutti questi corsi erano presenti insegnamenti di Fisica (fino a quattro) e di Esercitazioni di laboratorio di Fisica. Il Senato Accademico si attivò immediatamente per l'affidamento dei corsi a docenti dedicati e già il 21 marzo aveva predisposto i piani di studio e gli accorpamenti fra insegnamenti.⁵

Tuttavia, il 22 aprile fu formato il secondo governo Badoglio, governo di unità nazionale a carattere non più solo tecnico-militare ma anche politico, che restò in carica solo fino all'8 giugno 1944. Il 13 maggio questo governo, praticamente appena insediato, approvò uno schema di decreto, predisposto dal nuovo Ministro dell'Educazione Nazionale, Adolfo Omodeo, con il quale si sopprimevano tutti i predetti corsi, consentendo comunque agli studenti di sostenere gli esami in altra sede. La motivazione ufficiale era quella di garantire la serietà degli studi, ma è probabile che la motivazione reale fosse un'altra: Omodeo era Rettore dell'Università di Napoli e questa Università, che già a suo tempo aveva cercato di ostacolare in tutti i modi la nascita dell'Università di Bari per non perdere il monopolio dell'istruzione universitaria nel mezzogiorno peninsulare, non vedeva certo di buon occhio l'ulteriore espansione dell'Università barese. Comunque sia, il Decreto suscitò immediate reazioni da parte degli studenti e degli organi accademici baresi, culminate con le dimissioni del Rettore Angelo Fraccacreta e di tutto il Senato Accademico; degno di nota è il vibrante e argomentato O.d.G. del Corpo Accademico del 16 maggio, nel quale, esprimendo solidarietà al Rettore e al Senato Accademico, si confutavano i presupposti del decreto e se ne chiedeva l'immediato ritiro. Il governo fu così costretto a non dargli corso. Appena tre settimane dopo, l'8 giugno, Badoglio si dimise per far posto al primo governo Bonomi e di questo decreto non si parlò più.

⁴ All'epoca esistevano tre corsi di laurea distinti: in "Scienze matematiche", in "Fisica" e in "Matematica e fisica". Nel 1961 il corso di laurea in "Matematica e fisica" fu soppresso, lasciando solo quelli in "Matematica" e in "Fisica".

⁵ Per quanto riguarda Scienze, i corsi di Fisica Sperimentale I e II erano in comune fra Scienze Matematiche, Matematica e fisica, Chimica, Biennio di Ingegneria, mentre la Fisica per Scienze naturali (corso annuale e non biennale) fu posta in comune con quella di Medicina e così rimase fino alla costituzione della Facoltà di Scienze.

A fine agosto di quello stesso anno inizia, però, una martellante azione da parte degli Enti territoriali pugliesi al fine di ottenere l'estensione al 2° anno dei corsi istituiti per un solo anno (quelli per Scienze Matematiche e per Matematica e fisica) e il mantenimento degli altri. Comincia, il 31 agosto, il Presidente dell'Amministrazione Provinciale di Bari e seguono, in un'impressionante sequenza a distanza di pochi giorni uno dall'altro, i Comuni di Bitonto, di Brindisi, Bari, Fasano, la Provincia di Taranto, e così via; il Provveditore agli Studi di Bari chiede addirittura l'istituzione della Facoltà di Lettere e Filosofia. Il Ministero tenta di resistere, ma alla fine di novembre capitolò e concede l'estensione al 2° anno, precisando però che i corsi provvisori saranno mantenuti solo fino all'anno accademico in cui cesserà lo stato di guerra.

A fine dicembre 1944 il Corpo Accademico, al fine dell'attribuzione degli incarichi e dell'esame delle Pratiche Studenti, stabilisce l'aggregazione di detti corsi, denominati "aggiunti", alle Facoltà esistenti.⁶

Immediatamente dopo cominciano i "voti" del Corpo Accademico e poi le richieste esplicite dell'Università di trasformare i Corsi aggiunti in Facoltà (in particolare, Chimica, Scienze Naturali, Scienze Matematiche, Matematica e fisica e Biennio di Ingegneria in "Facoltà di Scienze"). Si associano, ancora una volta, le Autorità locali e regionali, che chiedono il completamento dell'Università di Bari con l'istituzione, sia pure graduale, di tutte le Facoltà; in subordine, viene chiesta almeno l'attivazione del 3° anno di Scienze Matematiche, Matematica e Fisica, Lettere. Anche in questa circostanza, dopo una fitta corrispondenza (un vero e proprio "botta-e-risposta") con lettere e telegrammi, il Ministero a fine novembre 1945 cede alle richieste e concede l'attivazione del 3° anno; più in là concederà anche il 4° anno.

Il cammino verso la costituzione delle Facoltà è, così, spianato. Il 22 luglio 1946 Il Rettore Aldo Amaduzzi convoca in riunione tutti i professori che hanno insegnamenti nei "Corsi aggiunti" di Scienze Matematiche, Matematica e Fisica, Chimica, Scienze Naturali e Biennio d'Ingegneria e comunica che è ormai assicurata l'istituzione della Facoltà di Scienze, occorrendo solo il tempo necessario per il perfezionamento amministrativo della pratica. Propone che, nelle more dell'istituzione ufficiale venga costituito un Consiglio di Facoltà provvisorio, composto da tutti i professori di ruolo delle altre Facoltà che abbiano qualche insegnamento nell'istituenda Facoltà di Scienze ("Consiglio dei Corsi aggiunti") e che si individui un docente con funzioni di Preside, per rappresentare la Facoltà nel Senato Accademico. La proposta è accolta all'unanimità e viene eletto il prof. Mitolo, di Medicina (AGAB, Verbalì del Consiglio di Facoltà di Scienze, 1946).

Da questo momento il Consiglio dei Corsi Aggiunti cominciò ad operare come Facoltà di Scienze sotto la presidenza del prof. Mitolo. Come conseguenza, in maniera praticamente automatica, i vari insegnamenti fecero capo ad Istituti, non ancora formalmente costituiti ma subito operativi: nei documenti degli organi accademici dell'epoca non si trovano dichiarazioni esplicite relative alla costituzione di Istituti. Per quan-

⁶ Corso di laurea in Chimica aggregato a Farmacia, Corso di laurea in Scienze naturali e in Veterinaria aggregati ad Agraria, Corso di laurea in Scienze matematiche, Matematica e fisica e Biennio di Ingegneria aggregati ad Economia e commercio, Corso di laurea in Lettere, Filosofia, Pedagogia aggregati a Giurisprudenza.

to riguarda l'Istituto di Fisica, la prima notizia che se ne ha in un documento ufficiale è contenuta nel verbale della seduta del Consiglio di Amministrazione del 2-4-1947 (AGAB, Verbali del Consiglio di Amministrazione 1947), in cui venne concesso a detto Istituto (considerato come esistente e distinto da quello di Medicina!) un finanziamento di Lit. 200.000 su richiesta del professor Alleghretti, che fungeva da Direttore: a ciò fanno riscontro i primi strumenti dell'Istituto, che risultano inventariati nella primavera del 1947.

66

6° Richiesta stan-
denza di fondo
da parte di Istituto
scientifico -

Il Rettore informa il Consiglio che a questi professori hanno chiesto, per determinati scopi, fondi straordinari a favore dei loro istituti:

Prof. Alleghretti Lamberto - Ut. Fisica - Fac. Scienze	£ 1.000.000,-
Prof. Ottaviano - Ut. Chimica organica	500.000,-
Prof. Livorno - Ut. Meccanica	3.420.000,-
Prof. Bonfascio - Ut. Topografia	1.250.000,-
Prof. Riccardi - Ut. Chimica	300.000,-
Prof. Ferris - Ut. Medicina legale	50.000,-
Prof. Livorno - Ut. Statistica	300.000,-
Prof. Angeli - Ut. Zoologia	300.000,-
Prof. Livorno - Ut. Chimica analitica	300.000,-

Il Consiglio, esaminata la proposta e non potendole accogliere in pieno, dopo attenta consultazione, delibera, per quest'anno, in attesa di fondi straordinari da parte del Ministero, la concessione dei fondi straordinari, da prelevare sul Fondo di Cassa, ripartiti come segue:

Ut. Fisica - Fac. Scienze	£ 200.000,-
Chimica organica	100.000,-
Meccanica (si delibera di procedere gradualmente)	
Topografia (secondo le disponibilità di Cassa)	
Chimica generale	£ 100.000,-
Medicina legale	50.000,-
Statistica	150.000,-
Zoologia e Biologia	150.000,-
Chimica Analitica	100.000,-

Fig. 2. Verbale del Consiglio di Amministrazione del 2 aprile 1947: l'Istituto di Fisica esiste di fatto!

La Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali fu istituita formalmente nel 1948 (G.U. 1948) con i corsi attivati fin dal 1944. La nascita ufficiale dell'Istituto di Fisica (come degli altri della Facoltà di Scienze) si può porre al 24 luglio 1948, quando il Senato Accademico deliberò le modifiche di Statuto riguardanti la strutturazione della

Facoltà di Scienze (Corsi di Laurea, piani di studio, Istituti).⁷ Nello Statuto fu inserito anche il Corso di laurea in Fisica, che fu però attivato solo nell'a. a. 1952-53.

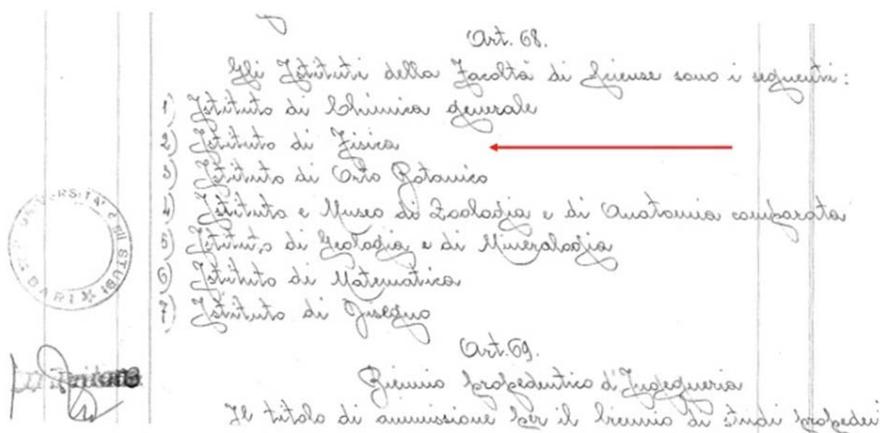


Fig. 3. Verbale del Senato Accademico, seduta del 24 luglio 1948: istituzione formale dell'Istituto di Fisica.

Gli inizi delle attività didattiche e di ricerca in Fisica non furono facili, sia per la mancanza di una tradizione nel campo, sia per lo stato di guerra che rendeva difficili le comunicazioni; del resto, anche la Fisica per Medicina incontrava non poche difficoltà e non poté dare aiuto nell'organizzazione della didattica. I primi docenti di Fisica Sperimentale nel 1944 furono due ingegneri, docenti di Fisica nella Facoltà di Agraria di Bari (ing. Michele Salvati e ing. Giovanni Candura) e alcuni professori di Fisica che erano ufficiali di marina o docenti all'Accademia navale di Livorno, trasferita temporaneamente presso il Collegio navale di Brindisi (Carlo Matteini, Nello Carrara, Tito Franzini). Per la Fisica superiore e la Fisica teorica si poté far ricorso dal 1944 al 1947 al giovane ma già brillante Gianpietro Puppi, bolognese di nascita ma laureato a Padova, reduce dalla guerra in Marina, che doveva poi diventare un eminente fisico delle particelle elementari, Direttore delle Ricerche del CERN nel biennio 1962-63 e Direttore dell'Istituto di Fisica di Bologna.

Per un anno (1946-47) l'Università di Bari ebbe l'onore di annoverare fra i suoi docenti di Fisica Gilberto Bernardini, fresco vincitore di cattedra a Roma, che in seguito fu uno degli artefici, insieme con Amaldi e Polvani, della ricostruzione della Fisica italiana dopo la guerra, primo Presidente dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e per molti anni Presidente della Società Italiana di Fisica (SIF), nonché fondatore e primo Presidente della Società Europea di Fisica (EPS). Proprio per iniziativa del professor Bernardini, un giovane laureato in Matematica e fisica di Bari poté essere

⁷ Dette modifiche di Statuto furono poi recepite nel D.P.R. n. 451 del 21-4-1949, pubblicato sulla G.U. n. 174 dell'1-8-1949.

accolto per due mesi presso il Centro di Studio per la Fisica Nucleare del CNR a Roma a scopo di perfezionamento.

Una certa stabilità ed un primo sviluppo dell'Istituto di Fisica si ebbero con i professori Lamberto Allegretti e Mariano Santangelo.

Lamberto Allegretti, già Assistente a Pisa, fu nel 1946-47 il primo Direttore "di fatto" di un Istituto ancora ufficialmente inesistente e a lui si devono, come accennato sopra, le prime dotazioni strumentali dell'Istituto. In un'epoca di assoluta carenza di strutture per la neonata Facoltà ed i suoi Istituti, egli si adoperò per trovare un luogo idoneo dove far svolgere il corso di Esercitazioni di Fisica sperimentale: lo trovò nell'Istituto Nautico di Bari, il cui Preside mise a disposizione il "gabinetto" di Fisica con gli strumenti di cui era dotato e per questo ricevette un ringraziamento ufficiale dal Consiglio di Facoltà (AGAB, Verbali del Consiglio di Facoltà di Scienze, 1948).

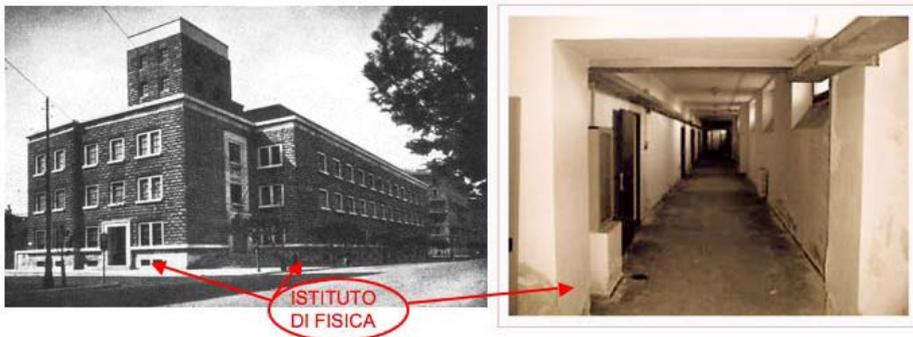


Fig. 4. Prima sede dell'Istituto di Fisica.

Si adoperò anche per una parvenza di sistemazione dell'Istituto di Fisica, che trovò nel 1948 in alcuni locali dello scantinato del Palazzo di Economia e Commercio di Corso della Vittoria (oggi sede centrale dell'Ufficio anagrafe del Comune di Bari, con accesso da Largo Fraccacreta), già adibito a carcere militare durante l'occupazione alleata.

Quando, a fine 1948, il prof. Allegretti rinunciò all'insegnamento a Bari per accettare la chiamata dell'Università Farouk I di Alessandria d'Egitto, il Consiglio di Facoltà formulò una sentita mozione di ringraziamento per la sua opera, in cui si diceva, fra l'altro:

Sono state gettate le basi dell'attrezzatura scientifica e didattica dell'Istituto di Fisica della Facoltà di Scienze, che è stato dotato dal prof. Allegretti dei più importanti strumenti ed apparecchi (*Ibidem*).

Ad Allegretti successe, nell'insegnamento e nell'incarico di direzione, Mariano Santangelo. Siciliano di origine, Santangelo aveva lavorato all'Istituto di Fisica di Palermo con Emilio Segrè; dopo l'allontanamento di questi per le leggi razziali, era stato assunto presso l'Istituto Nazionale di Geofisica a Roma grazie all'interessamento di Enrico

Fermi e aveva lavorato sulla radiazione cosmica a livello del mare. Nei tre anni di permanenza a Bari egli continuò l'opera del suo predecessore, facendo sistemare via via i locali dello scantinato e accrescendo la dotazione strumentale dell'Istituto; in particolare, vi attrezzò una piccola Officina meccanica con un tornio, un trapano a colonna e altra strumentazione. In questo periodo furono nominati i due primi assistenti locali, il dott. Livio Tenaglia nel 1948 e il dott. Salvatore Semeraro nel 1950, i quali per una decina di anni ressero gran parte del carico didattico dell'Istituto.

Pur avendo entrambi una buona formazione ed una discreta attività scientifica alle spalle, né Allegretti né Santangelo riuscirono ad impiantare a Bari un minimo di attività di ricerca e la loro produzione scientifica di quegli anni continuò a fare riferimento agli Istituti di provenienza.

Dopo la partenza del prof. Santangelo, nel 1951, cominciò una girandola di chiamate e vani tentativi di ricoprire l'insegnamento della Fisica con almeno un professore di ruolo stabile, che si concluse solo con l'arrivo del prof. Merlin all'inizio del 1958. La sintetica cronologia di queste vicende servirà a far meglio comprendere la grandiosità dell'opera di Merlin, giustamente considerato il padre della Fisica barese.

All'inizio del 1951, il prof. Lovera di Torino, ternato nel concorso di Fisica sperimentale e già proposto per l'incarico, rinuncia. La Facoltà, in mancanza di docenti di Fisica, affida l'incarico della direzione al prof. Mario Baccaredda, di Chimica farmaceutica, in quanto professore di ruolo della Facoltà. Ad ottobre 1951 la Facoltà chiede l'apertura di un concorso di Fisica sperimentale, ma la richiesta è respinta. Viene chiamato il prof. Frongia, ternato nel concorso bandito a Cagliari, il quale subito dopo rinuncia. Dopo un anno la Facoltà chiede nuovamente, ancora invano, l'apertura di un concorso di Fisica Sperimentale. Intanto i corsi (in particolare quelli di laboratorio) vengono tenuti dai due assistenti, da alcuni insegnanti di Liceo e dal giovane laureato Antonio Caforio, che si accolla una parte rilevante del carico didattico e resterà definitivamente nell'Istituto (sarà poi Direttore dell'Istituto di Fisica Medica). Ogni tanto si parla, nel Consiglio di Facoltà o in Senato Accademico, di una "degn sistemazione dell'Istituto di Fisica", osservando che l'umidità del seminterrato vicino al mare danneggia libri e strumenti; non c'è, però, nessuno che prenda veramente a cuore la questione. Nell'anno accademico 1952-53, con un atto di grande coraggio (o incoscienza?) e di fiducia nel futuro, viene attivato il Corso di laurea in Fisica, con cinque studenti, numero che resterà tale per tutto il decennio. A fine 1953 si affida l'incarico di Fisica Sperimentale per Ingegneria al prof. Daniele Sette di Roma, che resterà solo un anno. Sempre a fine '53 viene chiamato il prof. Carlo Morelli, ternato in Geodesia, perché la sua produzione scientifica ha carattere prettamente fisico e gli si può affidare sia l'insegnamento della Fisica che la direzione dell'Istituto. Il prof. Morelli resterà a Bari una decina di anni (sarà anche Preside di Facoltà) e gli va dato atto della sua grande disponibilità a lasciare e riassumere l'incarico didattico e la direzione dell'Istituto di Fisica ad ogni necessità. Infatti, poco dopo il suo arrivo, la Facoltà chiama il prof. Carlo Salvetti, ternato in Fisica Teorica; questi assume la direzione a maggio '54, ma a dicembre (!) si trasferisce a Milano; la direzione torna a Morelli. Nel 1955-56 viene chiamato Giorgio Careri, ternato a Roma, ma anche lui resta soltanto un anno e la direzione viene nuovamente affidata a Morelli. Finalmente nel 1957 la Facoltà ottiene il

concorso di Fisica Sperimentale, che viene vinto dal prof. Michelangelo Merlin di Padova.

Uno sviluppo di attività di ricerca in questa situazione era quasi impensabile; è perciò degno di ammirazione il dott. Tenaglia, che, avendo una mentalità personale di tipo teorico, fu l'unico che, dotato solo di carta-e-penna e senza nessun "maestro", riuscì a pubblicare alcuni articoli su "Il Nuovo Cimento", rivista internazionale di grande prestigio. È suo il primo articolo in assoluto con l'affiliazione "Istituto di Fisica dell'Università di Bari", pubblicato il 1° gennaio 1957 in italiano: riguardava le proprietà elettromagnetiche del protone e ne è qui riprodotta la prima pagina.

In pari data ne pubblicò un altro, su argomento analogo, e due anni dopo, nel 1959, il terzo, questa volta in inglese, sul decadimento pionico dell'iperone Λ .

E veniamo al prof. Merlin.

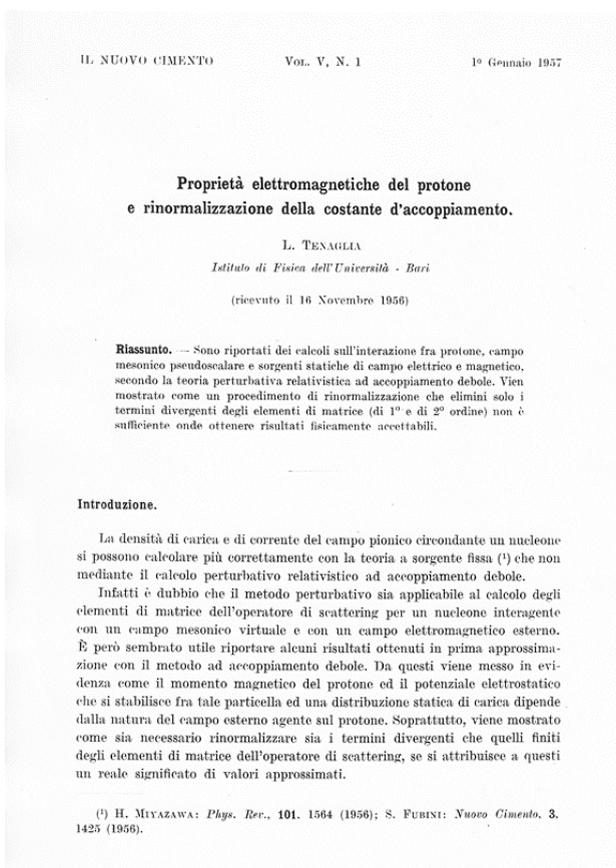


Fig. 5. Il primo articolo dell'Istituto di Fisica di Bari pubblicato su una rivista internazionale.

5. Michelangelo Merlin e il nuovo Istituto

Michelangelo Merlin, triestino di nascita e padovano di elezione, aveva acquisito una grande visibilità in ambito accademico quale promotore e organizzatore, anzi vero e proprio animatore, del “G-stack”, un esperimento colossale per quei tempi (G sta per *giant*) condotto dalla prima grande collaborazione internazionale, che stabilì in maniera praticamente definitiva le proprietà delle “nuove” particelle, oggi comunemente note come *particelle strane*. Poco dopo la conclusione dell’esperimento egli risultò quindi, con pieno merito, vincitore del concorso a cattedra di Fisica sperimentale, bandito dall’Università di Bari ed espletato nel dicembre 1957. Giunto a Bari ai primi di gennaio del 1958, ricevette in consegna dal Direttore uscente, prof Morelli, un Istituto composto da 6 laureati (2 dei quali assistenti ordinari), 3 collaboratori per i laboratori didattici, qualche assistente volontario, un tecnico, un bidello; due docenti di Bologna e Roma venivano un paio di volte al mese per svolgere il loro incarico di insegnamento.

Ben presto egli si rese conto della penosa situazione della Fisica a Bari (mancanza di un vero Istituto, di docenti qualificati e di studenti del corso di laurea in Fisica), descritta all’inizio con le sue stesse parole.⁸ Stava dunque meditando di cercarsi un’altra sede, seguendo le orme dei suoi predecessori, quando accadde un fatto del tutto impreveduto: nella primavera del 1958 venne a Bari per l’inaugurazione dell’anno accademico il Direttore Generale dell’Istruzione Superiore, dott. Mario di Domizio. Questi, dopo la cerimonia, ebbe un lungo colloquio con Merlin, visitando lo scantinato ed informandosi della situazione in ogni particolare. Alla fine, con molta franchezza gli fece presente che presso il Ministero erano giacenti, ma non ancora impegnati, 300 milioni di Lire per la costruzione di un Istituto di Fisica a Bari e gli assicurò che li avrebbe resi subito disponibili se Merlin gli avesse personalmente garantito la sua permanenza a Bari per almeno tre anni, tempo ritenuto congruo per la costruzione dell’edificio. Vedendo in ciò la soluzione del primo dei tre problemi, egli accettò con entusiasmo quella che era comunque una grossa sfida.

In data 17 luglio 1958 i 300 milioni di Lire erano nelle casse dell’Università di Bari; e ciò solo sulla fiducia!

Merlin restò a Bari non tre ma ben quattordici anni, durante i quali:

- Costruì una sede dell’Istituto moderna e ancora oggi funzionale, che dotò di attrezzature tecniche e scientifiche di prim’ordine.
- Attirò i migliori studenti, popolando il Corso di laurea in Fisica, che passò rapidamente da 5 ad oltre 100 studenti.
- Reclutò numerosi e validi docenti e tecnici, che avviò in attività di ricerca diversificate, inserite in contesti nazionali ed internazionali.
- Realizzò diverse iniziative rivolte al territorio (p. es. CSATA).
- Di fatto, creò una “scuola” di fisici, cresciuta negli anni ed oggi conosciuta ed apprezzata a livello internazionale.

⁸ Molte delle notizie, qui riportate, sulla nascita e sui primi passi del nuovo istituto sono tratte dal memoriale citato all’inizio e da allocuzioni da lui pronunciate in varie cerimonie.

Subito dopo l'incontro con il dott. di Domizio, Merlin si mise subito all'opera, senza rivolgersi a studi di progettazione, ed elaborò lui stesso le linee generali di un fabbricato adatto agli scopi che si prefiggeva.

Osservando che le Università più vicine erano a Napoli, Roma e Bologna, con distanze da 250 km a 600 km, era chiaro che l'Università di Bari aveva un bacino di utenza potenziale molto vasto: bisognava pensare quindi ad un Istituto piuttosto grande, capace di accogliere diverse centinaia di studenti e quindi di ospitare almeno una quarantina di docenti-ricercatori ed altrettanti tecnici (Merlin pensava sempre alla ricerca scientifica e per una ricerca di buon livello i tecnici sono essenziali), tenendo separate l'area didattica e quella scientifica. L'Istituto doveva essere fin dall'inizio autosufficiente come aule, laboratori e attrezzature, ma suscettibile, anche in più fasi successive, di futuri ampliamenti che potessero armonicamente integrare il nucleo centrale. Egli buttò giù vari schizzi ispirandosi all'Istituto di Fisica di Padova, che era come costruzione fra i più recenti d'Italia. Chiese poi il parere di un docente della Facoltà di Ingegneria di Padova suo amico, l'architetto Marcello Checchi, che si appassionò al problema ed elaborò gratuitamente un progetto di massima. In seguito, questi divenne progettista e direttore dei lavori dell'Istituto.

La posa della prima pietra avvenne a fine maggio 1959; nel maggio 1960 furono "consegnati i lavori" alla Ditta vincitrice della gara d'appalto e a giugno del 1963 il nuovo Istituto era pronto. Il trasferimento di tutto il personale e delle attrezzature fu espletato nei mesi di luglio e agosto e l'Istituto venne inaugurato ufficialmente il 6 novembre 1963 in concomitanza con il 49° Congresso della SIF, tenutosi a Bari per l'occasione.

Purtroppo il dott. di Domizio, di cui Merlin non ha mai mancato di ricordare la costante azione di sprone e di aiuto, non vide l'Istituto finito perché era deceduto improvvisamente nel febbraio del 1960; anche il Rettore Ricchioni era venuto a mancare. Nel discorso inaugurale Merlin fu molto fiero di citare alcuni dati relativi alla costruzione, in particolare il fatto che il costo totale – comprensivo delle attrezzature – rapportato alla superficie dell'edificio era simile a quello di un appartamento nel centro di Bari!



Fig. 6. Posa della prima pietra dell'Istituto da parte del prof. Merlin (30-5-1959). In secondo piano a sinistra il Ministro della Pubblica Istruzione on. Giuseppe Medici.



Fig. 7. Inaugurazione dell'Istituto di Fisica. Il Prof. M. Merlin entra nell'aula della cerimonia accompagnato dalle autorità accademiche, civili e religiose.

Il progetto dell'edificio completo (di cui si può vedere in figura il modello tridimensionale in scala, che lo stesso Merlin fece realizzare dal falegname dell'Istituto) prevedeva un corpo centrale, con le aule e i laboratori didattici, e una struttura modulare a blocchi, tutti di uguali caratteristiche strutturali e architettoniche, sviluppata lungo la via Amendola e fino all'attuale via Omodeo, con una disposizione a pettine avente i "denti" rivolti verso la stessa via Amendola; prevedeva poi una fascia di verde tutto intorno, un parcheggio "riservato" sul retro e l'appartamento per il custode. L'inaugurazione del novembre 1963 riguardò soltanto la parte inclusa nel rettangolo marcato 1963 in figura, cioè il corpo centrale e la zona didattica, ma al termine del suo discorso inaugurale, Merlin rese noto che quello che all'inizio poteva sembrare un progetto faraonico era ora appena sufficiente alle aumentate esigenze e presentò al Rettore prof. Del Prete il progetto del primo ampliamento dell'Istituto! Questo fu portato a termine nel 1968 e da allora l'espansione è proseguita ininterrottamente: oggi il progetto iniziale è stato quasi del tutto completato (almeno nei primi due piani), con la sola eccezione dei due corpi di fabbrica "velati" in figura.



Fig. 8. Progetto dell'Istituto di Fisica. Modello tridimensionale.

Nell'edificio non vi era nulla di lussuoso, ma tutto era semplice ed essenziale; in compenso erano presenti soluzioni tecniche molto avanzate, valide ancora oggi; per esempio, un sistema di canalizzazioni verticali per le condutture di luce, acqua e gas, coperte da pannelli mobili, completato da una contro-soffittatura dei corridoi, anch'essa con pannelli mobili, tale da consentire la trasformazione di ogni studio in laboratorio e viceversa senza necessità di alcuna opera muraria. Queste trasformazioni si sono avute più volte nel corso degli anni ed è stato possibile, fra l'altro, il cablaggio informatico dell'intero edificio senza bisogno di interventi strutturali.

Nella figura qui sotto si vede l'aula grande (250 posti), rimasta invariata rispetto al giorno dell'inaugurazione, e uno dei lunghi corridoi. È stridente il contrasto con il vecchio Istituto.



Fig. 9. Il nuovo Istituto di Fisica: l'aula grande e un corridoio.

Esaminando la struttura con gli occhi di oggi, è sorprendente osservare quanto la visione di Merlin sia stata lungimirante ed abbia percorso i tempi: l'Istituto progettato da Merlin rispondeva ad una concezione dipartimentale molto prima che in ambito universitario si cominciasse a parlare di Dipartimenti. Era ancora, infatti, l'epoca degli Istituti mono-cattedra, formati da un professore ordinario (che ne era il Direttore) con un piccolo gruppo di assistenti, spesso "volontari", ed eventualmente di professori incaricati esterni (i ... precari dell'epoca!) per la didattica, più qualche unità di personale tecnico o ausiliario; ogni Istituto aveva le sue aule, la sua piccola Biblioteca, e – se di natura sperimentale - i suoi laboratori didattici o di ricerca. Sarebbe stato quindi normale concepire l'Istituto di Fisica come un insieme di piccoli Istituti (p. es., di Fisica sperimentale, di Fisica superiore, di Fisica teorica, ecc.), riuniti in un unico edificio ma di fatto indipendenti fra loro, esattamente come in quegli anni accadeva nella stessa Università di Bari per gli istituti Chimici o quelli Matematici. Invece Merlin progettò un Istituto poli-cattedra unico, senza separazione fra discipline, con una sola Biblioteca, una sola Officina meccanica, aule comuni per tutte le esigenze, e così via, e instillò in tutti i suoi allievi questa mentalità unitaria. Perciò, quando nel 1980 la legge istituì i Dipartimenti, la Fisica era già pronta, sia come struttura che come concezione, e poté passare da Istituto a Dipartimento senza alcun turbamento e senza alcuna modifica, a parte quelle di legge relative agli organi di governo.

Appena avviata la progettazione dell'edificio, Merlin cominciò subito a pensare a come "riempirlo" di studenti e di docenti-ricercatori, con il relativo personale tecnico, cioè a come risolvere i problemi B) e C) evidenziati all'inizio.

Da fonti locali egli aveva appreso che la società Montecatini stava costruendo un grosso stabilimento petrolchimico nella zona di Brindisi e che aveva notevoli difficoltà nel reperire personale locale laureato in materie chimiche e fisiche. Prese perciò contatto con dirigenti della Montecatini a Milano, proponendo l'istituzione di alcune borse di

studio per studenti di Fisica, naturalmente presso l'Istituto di Bari: le borse dovevano essere appetibili e quindi piuttosto sostanziose economicamente e della durata di 4 anni, come il corso di laurea. La proposta fu accettata e l'esito del concorso fu superiore ad ogni aspettativa, perché produsse un effetto di "trascinamento", inducendo parecchi dei partecipanti, oltre i quattro vincitori, ad iscriversi al corso di laurea in Fisica. Così, già dall'anno accademico 1958-59 gli iscritti in Fisica furono circa 30, passando a 40 l'anno successivo, 50 nel 1960-61, per arrivare a 180-200 verso la fine del decennio. Si ebbe poi un calo "fisiologico" con l'attivazione dell'Università di Lecce, dopo di che il numero di immatricolati si è stabilizzato sui 50-100 all'anno.



Fig. 10. La prima collaborazione internazionale dell'Istituto di Fisica di Bari.

Per quanto riguarda la formazione dei docenti, come prima cosa Merlin avviò i pochi fisici inizialmente presenti alla ricerca sui raggi cosmici, che egli ben padroneggiava, attrezzando un gruppo "lastre" che inserì in una collaborazione con Padova, Milano e Trieste. Dopo appena due anni, come frutto di questa collaborazione, compariva già su "Il Nuovo Cimento" la prima pubblicazione con il nome dell'Istituto di Fisica di Bari e

poco dopo un'altra pubblicazione, di cui è qui riprodotta la prima pagina, del gruppo di Bari nella sua *prima collaborazione internazionale* con il CERN di Ginevra.

Tuttavia, Merlin ebbe la lungimiranza e l'umiltà necessarie per rendersi conto che questa ricerca con questa tecnica aveva ormai dato il meglio di sé e non offriva più grandi prospettive: c'erano già i primi acceleratori di particelle e si stava diffondendo sempre più, per esempio, la tecnica della Camera a Bolle. D'altra parte, egli non voleva limitarsi ad avere un solo gruppo di ricerca, ancorché di alto livello, di cui avesse lui stesso l'esclusiva guida scientifica. Il suo progetto era quello di realizzare un "grande" Istituto con molte linee di ricerca inserite in contesti nazionali ed internazionali, anche al di fuori di quelle che erano le sue specifiche competenze, riservando a sé stesso il compito di promotore ed organizzatore di un tale insieme. A questo scopo, adottò la strategia che si può ritrovare nei grandi club sportivi, per esempio calcistici: allestire un "vivaio", dove allevare giovani capaci e volenterosi, e poi – dal momento che i giovani, per quanto brillanti, hanno bisogno di maestri per maturare ed esprimere al meglio le loro potenzialità – praticare un'oculata e continuativa "campagna acquisti".

La costruzione del vivaio era stata avviata con il reclutamento dei migliori studenti. Quanto alla campagna acquisti, Merlin si comportò proprio come fanno le grandi squadre di calcio metropolitane, che cominciano col cercare i migliori giovani nelle squadre di provincia a loro vicine, per poi acquistare i grandi campioni. Così, egli si procurò i nominativi dei più recenti laureati locali in Matematica e Fisica che insegnavano nelle scuole e li convocò per offrire loro l'opportunità di una carriera accademica a tempo pieno. Fra quelli che accettarono spicca il nome di Aldo Romano, ben noto per le sue importanti realizzazioni a Bari e fuori.

Per prima cosa Merlin lo inviò a Bologna, nel gruppo del prof. Puppi, ad imparare la tecnica delle Camere a Bolle e, dallo stesso gruppo, fece venire a Bari per qualche anno il prof. Pedro Waloschek, un geniale fisico tedesco-argentino, Libero Docente in Italia. A questi si deve, tra l'altro, la prima realizzazione in Italia di un tavolo semiautomatico per misure di fotogrammi di Camera a Bolle con acquisizione diretta su computer; lo chiamò *Giratesta*, perché l'elemento caratteristico era una "testa" di lettura digitale costituita da un disco che girava continuamente.

Così fu costituito a Bari il primo gruppo di ricerca con questa nuova tecnica, che si inserì ben presto in collaborazioni europee (Bari-Bologna-Saclay-Orsay e Bari-Bologna-Firenze-Orsay, per citare solo le prime) per ricerche sulle Interazioni Forti fra particelle elementari e in particolare sulle risonanze subnucleari.

Poco dopo Merlin ebbe l'opportunità di chiamare a Bari il prof. Sergio Natali, già suo laureando a Padova, che rientrava in Italia dopo un triennio di ricerche nelle Università americane di California e Wisconsin. Con queste Università, in particolare con i prof. William Fry ed Ugo Camerini, fu instaurato un proficuo programma di collaborazione, ampliando così le ricerche sulle particelle alle Interazioni Deboli, ulteriormente ampliate e diversificate in seguito con la chiamata del prof. Guerriero, esperto in tecniche di rivelazione elettroniche (camere a scintilla).

L'espansione delle linee di ricerca continuò con la Fisica Teorica, l'Astrofisica, la Fisica Nucleare, la Fisica della Materia. Accanto alle ricerche di carattere fondamentale, Merlin dette inizio anche a ricerche di carattere applicativo, in particolare nel campo

dell'Elettronica: con la chiamata di Guglielmo Giannelli, brillante elettronico del centro nucleare di Ispra divenuto poi ordinario a Bari, si costruì un nutrito gruppo di specialisti con i quali fu possibile istituire, già nel 1965, l'orientamento Elettronico dell'Indirizzo Applicativo del corso di laurea in Fisica.

Con l'istituzione a Bari prima di una sotto-Sezione (1963) e poi di una Sezione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) le attività di ricerca in fisica nucleare e subnucleare ebbero un fortissimo impulso, portando Bari a livello competitivo con le maggiori Istituzioni scientifiche italiane ed europee del campo. Attualmente gruppi del Dipartimento e della Sezione di Bari sono impegnati in ben quattro dei sei esperimenti al LHC del CERN, senza contare le collaborazioni internazionali e le ricerche teoriche in fisica del neutrino e in fisica astroparticellare.

Così, il corpo docente crebbe dalle 5 unità presenti all'arrivo di Merlin (inizio 1958) ad oltre 30 all'inaugurazione del nuovo Istituto, a circa 60 alla partenza di Merlin (1971), fino a più di 80 nel corso degli anni '90. In questi stessi anni, contando anche tutti i ricercatori dell'INFN, i titolari di borse di Dottorato di ricerca e di vari altri tipi di borse e assegni di ricerca, nonché il personale tecnico e amministrativo, il Dipartimento "ospitava" oltre 200 persone; poi è cominciata la decrescita dovuta ai pensionamenti e, purtroppo, ai decessi, senza possibilità di sostituzione!

Tornando agli inizi, Merlin era ben consapevole che non si può avere una ricerca sperimentale valida e ad alto livello senza un adeguato supporto tecnico, sia strumentale che umano. Perciò, già nel corpo centrale dell'Istituto fece allestire un'Officina meccanica, con annesso reparto di falegnameria, dotata di macchine moderne per lavorazioni di alta precisione, che nel corso degli anni ha realizzato numerose apparecchiature per ricerca e per didattica, e si adoperò per costruire un nucleo di personale tecnico specializzato. Di pari passo con la crescita del gruppo elettronico si formò anche un nucleo di bravi tecnici elettronici, che portò poi alla costituzione di un servizio detto "Officina elettronica".

Le necessità di calcolo della ricerca in Fisica delle Particelle cominciarono ben presto a porre l'esigenza di un elaboratore elettronico a Bari (quello più vicino era a Bologna). Cosa che il duo Merlin – Romano riuscì ad ottenere fin dal 1963, ponendo le basi per la creazione del CSATA (Centro Studi in Tecnologie Avanzate) e la costituzione a Bari del Corso di laurea in Scienza dell'Informazione, secondo in Italia dopo quello di Pisa.

6. Il Dipartimento di Fisica

Quando Merlin lasciò l'Istituto di Bari per trasferirsi a Venezia, lasciò come eredità morale ai suoi allievi soprattutto la mentalità di una comunità scientifica unitaria, improntata non a parcellizzazione né a chiusura su sé stessa, ma a grande apertura e spirito di collaborazione e con uno spirito libero, pronta a mettere tutto in discussione senza conformismo, anche in maniera animata, ma sempre costruttiva. E questo accadde quasi subito, a cavallo tra la fine del 1973 e l'inizio del 1974.

La turbolenza della società in quel periodo e il recente provvedimento di legge (n. 580 del 1973), che aveva stabilizzato molti professori incaricati e dato loro “voce” ammettendoli nei Consigli di Facoltà, fecero il resto: si innescò così in Istituto un profondo dibattito sui temi della ricerca pura e applicata e dei rapporti con gli Enti e con il territorio, dibattito che coinvolse tutte le componenti dell’Istituto, docenti, assistenti, borsisti, tecnici e amministrativi, in una serie di numerose e animate Assemblee. Va detto che non si trattava di “agitazioni” come quelle di qualche anno prima degli studenti e degli stessi assistenti, ma di dibattiti, talvolta anche aspri ma sempre ordinati, su temi concreti e di viva attualità. La conclusione fu l’elaborazione di uno schema di gestione dell’Istituto di tipo collegiale, che, per quanto rivoluzionaria per la tradizione universitaria, non faceva che prefigurare e anticipare di qualche anno – con qualche inevitabile cedimento alla demagogia – quella che la legge del 1980 (il famoso DPR n. 382) avrebbe stabilito per i Dipartimenti, e fu infatti definita “sperimentazione dipartimentale”: il Direttore, non necessariamente un professore ordinario, doveva essere eletto da tutti i membri dell’Istituto, incluso il personale tecnico e amministrativo in toto, con mandato biennale rinnovabile; accanto al Direttore si poneva, con funzioni esecutive, un “Consiglio di Istituto” composto in maniera paritetica da docenti o assistenti e da membri del personale tecnico-amministrativo, anch’essi eletti per due anni da tutto l’Istituto; l’organo decisionale e di indirizzo nella politica dell’Istituto (e dunque quello principale, che poi sarà il *Consiglio di Dipartimento*) era l’“Assemblea”, composta da tutti i membri dell’Istituto, ivi inclusi i dipendenti dell’INFN, visti come parte integrante delle attività di ricerca dell’Istituto, e, beninteso, il personale tecnico-amministrativo.

Dopo animate discussioni, lo schema fu approvato dal Consiglio di Facoltà e il responso delle elezioni fu accettato: risultò eletto Nicola Armenise, professore stabilizzato, che restò in carica dal 1974 al 1976. Gli succedettero prima Luciano Guerriero e poi Aldo Cingolani, che curò la transizione al Dipartimento. Transizione che fu molto facile perché la struttura edilizia e l’organizzazione dei servizi, così come concepite da Merlin, erano da sempre di tipo dipartimentale e ormai da otto anni si sperimentava una gestione molto prossima a quella stabilita dalla legge per i Dipartimenti. Così dal 1° novembre 1982 l’Istituto si trasformò in *Dipartimento di Fisica dell’Università di Bari* (primo Direttore, Vittorio Picciarelli), che comprendeva insegnamenti e docenti delle Facoltà di Scienze, Ingegneria, Farmacia, Medicina Veterinaria. La Fisica per Medicina era rimasta fuori e continuò a far capo al vecchio Istituto della Facoltà di Medicina e Chirurgia, peraltro ospitato ancora a lungo negli ambienti del Dipartimento.

Il 1° novembre 1991, con l’attivazione del Politecnico di Bari, la Facoltà di Ingegneria veniva scorporata dall’Università, e con essa tutti i suoi docenti. Per i fisici si prospettavano due possibilità: costituire un Dipartimento di Fisica del Politecnico o confluire in un altro Dipartimento. D’intesa con i colleghi dell’Università, con i quali si erano condivise fino a quel momento attività di ricerca ed esperienze didattiche, oltre che di vita accademica, si decise di cercare una terza via, innovativa anche se prevista dalla legge: la costituzione di un Dipartimento interuniversitario, cioè comune ai due Atenei. Gli ostacoli burocratici non furono pochi, ma la ferma volontà di mantenere l’unità dei fisici alla fine prevalse e si dette vita al *Dipartimento Interateneo di Fisica dell’Università e del Politecnico di Bari*. Il relativo atto convenzionale fra l’Università

e il Politecnico di Bari fu firmato l'8 settembre 1995 dai Magnifici Rettori, rispettivamente, Aldo Cossu e Umberto Ruggiero nella Sala Consiglio del Dipartimento stesso, auspice il Direttore pro-tempore Bruno Ghidini. L'attività come Dipartimento Interateneo cominciò formalmente il 1° gennaio 1996 e continua tuttora.

Infine, il 12 gennaio 2004, in una suggestiva cerimonia, il Dipartimento è stato intitolato a Michelangelo Merlin, che fu il fondatore non soltanto dell'edificio che lo ospita: Merlin può a giusto titolo essere considerato il "padre" della fisica barese e l'intitolazione del Dipartimento al suo nome testimonia del grande affetto che tutti i suoi allievi (anche quelli "di seconda generazione") continuano a nutrire per lui; affetto che egli ha sempre ricambiato, continuando ad incoraggiare con i suoi consigli ogni volta che poteva e a seguire le vicende del Dipartimento fino a poco prima della sua morte, avvenuta a Padova nel 2002.



Fig. 11. Ingresso esterno e atrio del Dipartimento di Fisica.

Bibliografia

An. (1904). "Guglielmo Marconi a Bari". *Corriere delle Puglie*, 26 luglio, p. 1.
Gazzetta Ufficiale (G.U.), n. 74, del 9-3-1948, D. L. n. 170, del 28-1-1948.

Ghidini B. (2013). “Michelangelo Merlin e gli studi di fisica nell’Università di Bari”.
Annali di Storia delle Università Italiane, CISUI, vol. 17. Bologna: CLUEB, pp. 273-295.

Fonti d’archivio

Bari:

Archivio Generale di Ateneo (AGAB),

- Verbali del Consiglio di Facoltà di Scienze, seduta del 28-1-1954.
- Corrispondenza varia 1944-1949, Carteggio dott. Predome (segreteria del Rettorato).
- Verbali del Consiglio di Facoltà di Scienze, prima seduta (22-7-1946).
- Verbali del Consiglio di Amministrazione, seduta del 2-4-1947.
- Verbali del Consiglio di Facoltà di Scienze, seduta del 22-10-1948.
- Verbali del Consiglio di Facoltà di Scienze, seduta del 22-10-1948.

Darwin and the others: the reception of Poli's *Testacea* outside Italy and other recent discoveries about the Molfetta scientist

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

Abstract: Contrary to what believed previously, Giuseppe Saverio Poli's *Testacea Utriusque Siciliae* experienced a wide (and appreciated) recognition already in the first half of the XIX century outside Italy, although the treatise had a limited circulation inside it. The reputation of Poli as the founding father of malacology came just from such recognition, counting – in addition to G. Cuvier and A. de Férussac – even Charles Darwin among Poli's admirers.

Recent discoveries about this and other Poli's works will be discussed, including some novel biographical news related to one of the most influential figures of the Enlightenment in the Kingdom of Naples.

Keywords: Giuseppe Saverio Poli, malacology, geology, Charles Darwin, Alexander von Humboldt.

1. Introduction

One of the most influential figures of the Kingdom of Naples between the end of the XVIII and the beginning of the XIX century was Giuseppe Saverio Poli, a well-renowned scientist from the Apulian town of Molfetta. As assessed in a previous work (Esposito 2017), it was just through the agency of Poli that the basic roots of the scientific thought penetrated effectively (and long-lasting) in the most important Kingdom of Italy (and one of the most important ones in Europe). This motivated a thorough study of the life and work (both strictly scientific and non-scientific) of this intriguing character, a preliminary part of it having been reported in the mentioned work. Here we give an account of further results achieved mainly (but not limited to) again in archival sources, regarding both Poli's biography and his scientific work, with particular reference to his masterpiece about malacology, that is *Testacea Utriusque Siciliae*. Further unexpected novelties will be in order.

2. Some novel biographical insights

Precious historical sources for the life of Giuseppe Saverio Poli have been – almost exclusively – biographical (and hagiographical) accounts written just after his death in

1825 by people who knew him personally,¹ so that a number of otherwise unknown facts and anecdotes have come to light about the Molfetta scientist. However, it is quite evident that, by relying “only” on those sources, some mistakes and misunderstandings are unavoidable, so that it is certainly preferable to complement information from those accounts with that coming from other written sources, mainly archival ones. In a previous work (Esposito 2017) we already documented about some results in this direction, and we certainly refer the reader to it for a solid starting point but, in the following, further interesting results will be highlighted.

Born in Molfetta in October 28, 1746 by Vitangelo Poli and Eleonora Corlè, after a study trip in Padua and elsewhere in Italy, Poli came to Naples in 1771, where he got the master degree (“dottorato”) in Medicine on November 3 at the Naples’ *Collegio dei Dottori* (see Fig. 1):

Testamur nos Sub.ptus Prior Almi Collegij Med.mo et unus ex duodecim d.ni Collegij examinasse in Ph.a et Med.ma Mag.no d. Iosephum Xaverium Poli Civit.s Melphicti Pro.e Bari, [?] reperisse aptum et idoneum ad gradu Doctoratus et in d.nis [?]btatibus ascendente et in fidem. Datum Neap. in edibus d.ni Almi Collegij hac die 3 M.s 9bris 1771.

Ricca Prior

Franciscus Cafasso unus ex duodecim (Naples, St. Arch., Coll. Dott., f. 156).

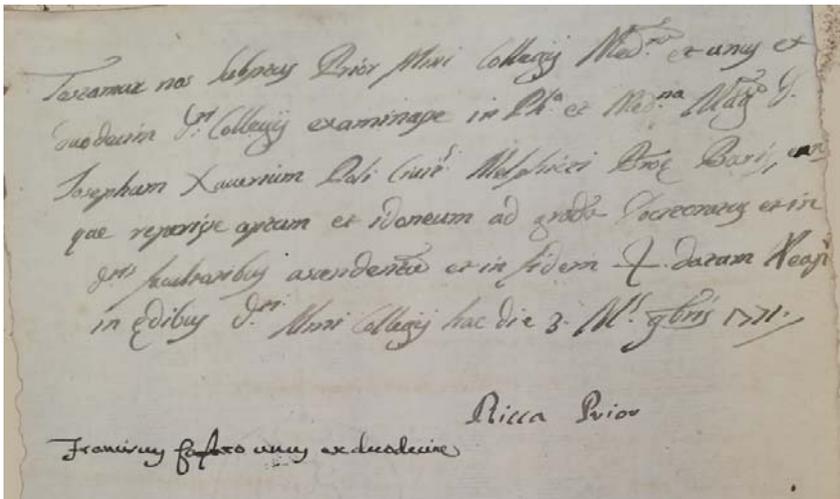


Fig. 1. The oldest document kept in Naples regarding Giuseppe Saverio Poli, i.e. the degree certificate for his doctorate in Medicine, dated November 3, 1771 (courtesy of the State Archive of Naples).

¹ See, for example, (Gatti 1825, Giampaolo 1825, Olivier Poli 1825, Morelli di Gregorio 1826).

2.1. Physicist in Naples and abroad

Despite this degree (and even before his accomplishment), his scientific interests were centered mainly about physics, with particular reference to the current debate about electricism. To those years, indeed, several works of him appeared in the literature about *La formazione del Tuono, della Folgore e di varie altre Meteore, spiegata giusta le idee del Signor Franklin* (Poli 1772), *Riflessioni intorno agli effetti di alcuni Fulmini* (Poli 1773), and *Continuazione delle riflessioni intorno agli effetti di alcuni Fulmini* (Poli 1774). The interest in these topics persisted for several years, even when Poli travelled abroad in 1779-1780, in Germany, Netherlands, France and England. Less known (to his “historical” biographers) papers of this period are those concerning *Congetture sulle tempeste che sogliono succedere alle Aurore Boreali* (Poli 1778) and *Su una straordinaria Aurora Boreale* (Poli 1799). It is probably just the recognition of the value of such works that opened to Poli the doors of the major scientific academies of Europe, including the election in 1779 to Fellow of the “Royal Society” of London: the honor to be a “home member” of such Society was reserved to very few non-British people. Later in those years, when coming back to Naples, Poli again disserted in 1784 upon electricism with the *Osservazioni fisiche concernenti l'elettricità, il magnetismo, e la folgore* (Poli 1788) at the “Neapolitan Royal Academy of Sciences and Belle Lettres”.

The main aim of his journey abroad was to acquire instruments on behalf of the King of Naples for the scientific cabinet of the “Royal Academy” of the King Ferdinand Battalion, so that Poli naturally came in contact with the major physics instrument makers, such as Dollond, Ramsden, etc. However, even in this case, he was not at all a passive “student”. In Esposito, Schettino (2014) it is recounted – for example – the intriguing story of the spreading of Atwood’s Machine with an “additional” device suggested by Poli, aimed at a better operation of the machine, which was always included in later copies of the machine, although with no reference to Poli.² Similar intrusions in the physics of instrument making are testified by a couple of published (but, again, not very well known to Poli’s “historical” biographers) letters *Sopra una correzione di Dollond all'Equatoriale* (Poli 1780a), addressed to Prince Francesco Pignatelli in Naples, and *Su di un nuovo Micrometro di riflessione* (Poli 1780b), addressed to the astronomer Joseph Jérôme de Lalande in Paris.

2.2. Collections and Museums

It probably dates back to his journey abroad also Poli’s interest in collections, not only strictly related to physics instruments, but even to all aspects of natural history. In this respect, it is quite interesting that, already in 1787, he opened to visitors in Naples his own Museum of Natural History, which then appeared in the official list of *Musei particolari* (private special museums) in the *Calendario e Notiziario della Corte*, i.e. the *Royal Almanac of the Kingdom of Naples*. It was the only Museum of Natural History

² Poli mentioned the “improvement” only in his *Elementi di Fisica Sperimentale* (Poli 1781) but, despite the amazing success of this textbook, that was not widely recognized, probably because – apart George Atwood and his circle – Atwood’s Machines employed throughout Europe did invariable contain Poli’s lever.

of the time in that Kingdom, in addition to that of the “Royal Military Academy” (“*Collegio della Nunziatella*”), to which Poli himself likely contributed, and that of Vesuvian rocks owned by Gaetano de Bottis (Calendario 1787). Later on, in 1804, when the Bourbons finally set up a Real Museo di Storia Naturale (which was, effectively, a mineralogical museum), they unhesitatingly chose Poli as its first Superintendent and Director:

Essendosi degnata la Maestà del Re di costituirmi Soprintendente e Direttore del Real Museo di Storia Naturale collocato per ora nell'Edificio del SS. Salvatore, mi ordinò con Real Carta in data de' 26 dello scaduto Settembre ch'io proponessi qualche soggetto idoneo, che mi servisse di ajuto sotto l'immediata mia dipendenza, avendo riguardo alle altre incombenze Sovranamente affidatemi, come altresì quegli'Inservienti al Real Museo che crederò necessarj; e nel tempo stesso le provvisioni che da me si giudicheranno convenienti sì per questi che per quello.

E siccome S.M. nel citato Real Dispaccio m'incarica inoltre ch'io proponga qual dote mensile possa essere necessaria al Real Museo, limitandola all'importo delle provvisioni, alle spese necessarie per l'ordinaria custodia e manutenzione del Museo, ed a piccoli acquisti che venga l'occasione di fare; così avendo io ponderato siffatte cose, ho rilevato che all'infuori di ducati settantadue mensuali occorrenti per le provvisioni del Custode, del sotto Custode e del Barandiere, potranno essere sufficienti per ora altri venticinque ducati il mese per gli oggetti testé indicati, tranne quelle spese che potrebbero occorrere per avventura in fatto di accomodi di fabbriche di qualunque genere. Sicché la dote mensile della parte del Real Museo attualmente esistente potrebbe ascendere in tutto a cento ducati il mese, riducendola a un numero intero; riserbandomi giusta l'ordine impostomi da S.M. nella detta Real Carta di proporre gli acquisti maggiori che si presenteranno, e di domandarne l'approvazione ed il corrispondente pagamento (Naples, St. Arch., Seg. St. Casa Reale, f. 1272).

Even other collections by Poli later converged in Bourbons State museums, giving way, for instance, to the establishment of the Botanical Garden and of the Zoological Museum. Here, however, we highlight the fate of the important numismatic collection of Poli that, after his death, in 1836 was incorporated in the “Real Medagliere” (“Royal Medal Collection”):

Per effetto di precedenti disposizioni di S.M. dee essere deportato nel Real Museo Borbonico il medagliere lasciato dal defunto Comm. Poli, giusta la descrizione fattane per comando delle M.L. dagli Abati Federici e Caterina.

A fin di completarsi il lavoro della classificazione di tutte le medaglie e monete esistenti nel R. Museo, a cui queste di Poli debbono essere aggiunte, e per potersi al più presto aprire al pubblico questa preziosa collezione è assolutamente necessario che si mandi subito ad effetto la consegna e il trasporto dell'indicato medagliere, tuttora esistente nel R. Palazzo (SAN, Ministero degli Affari Interni, Primo Inventario, f. 1011, p. 10).

Bari	
Giuseppe Saverio Poli	Letterato assai conosciuto. Istruttore di Sua Altezza Reale
Tommaso de' Azzo	Consigliere della Suprema Corte di Sicilia
Francesco Antonio Ruffa	Spedito in Parigi nel 1792 a causa della Rivoluzione, attualmente in Sicilia
Francesco Gaetano Spetti	Di nobili Affari in Anversa, ora in Sicilia, ora in Palermo, ora in Napoli, ora in Altamura, ora in Avigliano
Domènico Blazzo	3° anni solo
Luigi de' Azzo	Consigliere della Suprema Corte di Sicilia
Francesco de' Azzo	Consigliere della Suprema Corte di Sicilia
Giuseppe de' Azzo	Spedito alla Corsica nel 1792, ora in Sicilia, ora in Palermo, ora in Napoli, ora in Altamura, ora in Avigliano

Fig. 2. Results of the elections to the Constitutional Parliament of the Kingdom of the Two Sicilies for the district of Bari (1820): the first place is for Giuseppe Saverio Poli, “Letterato assai conosciuto. Istruttore di Sua Altezza Reale” (courtesy of the State Archive of Naples).

2.3. Serving the Kingdom of Naples

Political (in broad sense) activity carried out by Poli was not less important than his scientific involvement, as testified by all his “historical” biographers mentioned above. However, if it was well known to them that Poli was the preceptor of the Crown Prince Francis I, and that he was charged of a number of important court assignments, nevertheless the details of them were almost always unknown, as well as some equally relevant positions in the Bourbon Kingdom. In the following, we just enumerate few unrecognized or less known data of which we became aware in our archival studies.

Though a very appreciated person already in the last decades of 1700s, the fortune of our author increased without appreciable arrest after his return in Naples from Palermo, where he followed the Bourbon Court in its short exile in 1799 – due to the instauration of the Parthenopean Republic. Indeed, in 1803 Poli became Commander of the “Royal Military Academy” (*Nunziatella*) and, the subsequent year, auditor of the theatrical works in Naples (March 14, 1804) (SAN, Ministero della Polizia Generale, f. 40, p. 39).

Returning from the second exile (due to French domination) to Palermo with the Bourbons Court (1806-1815), in 1816 he was elected member of the “Reale Istituto d’Incoraggiamento alle Scienze Naturali” (becoming its President in 1819) (SAN, f. 939, p. 5), while in 1817 was honorary member of the “Accademia Ercolanese di Archeologia” and of the “Academy of Sciences” in Naples (SAN, f. 544).

In 1820, following the disorders in the Kingdom aimed at establishing a constitutional monarchy, the King Ferdinand I of the Two Sicilies was forced to grant the Constitution and create a Constitutional Parliament with democratically elected members. However, the King managed to have also trustworthy people in that assembly and, among the others (see Figure 2), on November 20 of that year Poli became State Councillor in the Constitutional Parliament (An. 1820).

Finally, just one year before his death, Poli was also charged (Almanacco 1824) as member of the “Giunta della Real Biblioteca Borbonica” (Council of the Royal Bourbon Library) and “Ufiziale alla immediatazione di Sua Altezza Reale Francis I” (Official to the immediacy of His Royal Highness), following his beloved Prince in his journeys throughout the Kingdom.

The fame, and even the affection, for Giuseppe Saverio Poli did not come to an end with his passing on April 7, 1825. The “Società Reale Borbonica” organized a commemoration for him on July 25, while a special commemoration session was delivered at the “Real Istituto d’Incoraggiamento” in Naples on September 25, with the reading of the praises by several authors (SAN, f. 2044, p. 184). Just the day after (September 26), a selection of books from the catalogue of the Poli library was entered in the private Royal Library of the King Francis I (who on January 1825 succeeded his father Ferdinand), to the order of the same King, who paid quite a large sum of money to Poli’s heirs (SAN, f. 320, p. 1276).

Still in 1858, a circular oil painting of Poli by the painter Francesco Salice was exported abroad upon commission of an unknown admirer (SAN, f. 369-II, p. 75).

3. *Molluscorum classis verus fundator*

Notwithstanding the striking success of the textbook *Elementi di Fisica Sperimentale* (Poli 1781), with its 23 new editions and reprints (Esposito 2017), likely the most important scientific contribution by Poli is its outstanding work *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata* on comparative anatomy and classification of mollusks in the Kingdom of Two Sicilies, in three volumes (Poli 1791, 1795, 1826). It is widely recognized to have effectively laid the foundations of malacology (Temkin 2012) but, as well, it is widely assumed that it had a quite limited circulation that prevented a full recognition by scholars at that time. However, this is apparently in sharp contrast with the fact that, as already pointed out (Esposito 2017), Poli’s *Testacea* was acknowledged by some of the major scientists of the XIX century, including Charles Darwin (1854). In the following we will show that the assumption of a limited circulation of the text is, indeed, not at all well founded, by reporting a num-

ber of quotations, summaries and even simple acknowledgments from different countries in Europe, covering the time period of the whole century.

3.1. *In Italy from abroad*

Apparently strange, it was just in Italy (outside the Kingdom of the Two Sicilies) that the recognition of Poli's *Testacea* took place a bit later with respect to the rest of Europe. Andres considered it as "one of the most perfect works" appeared in the specialized literature:

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 delle opere più perfette, che sieno in questo genere venute alla luce (Andres 1813).

The late recognition in Italy probably denotes that Poli's *Testacea* revealed itself to Italian scholars (partly) through the agency of non-Italian scientists. In his dissertation about the Italian malacological bibliography, Bonola indeed wrote that:

Per questo metodo il Poli guadagnossi il nome di "Molluscorum Classis verus fundator" tributatogli dal Meckel nella dissertazione sui Pteropodi; M. De Blainville giudica il libro: "Ouvrage remarquable et qui fait époque dans la science puisque c'est depuis son apparition que la classification générale des mollusques et celle des bivalves ont suivi une marche rationnelle" (Bonola 1839).

3.2. *Acknowledging Poli's Testacea in Germany, France and England*

The first quotation of *Testacea* (to the best of our knowledge) can be found in the famous Wiedemann's *Archiv für Zoologie und Zootomie* (Wiedemann 1800), where quite a large *Auszug des anatomischen und physiologischen Theils der Geschichte der Sicilianischen Schaalthiere von Poli* was reported. This abstract was later referenced in the *Catalogue of Scientific Papers* (1867) compiled by the "Royal Society" of London, thus contributing to disseminate Poli's work in the English-language world.

In 1816, a number of shellfishes described (exclusively or almost exclusively) by Poli were catalogued in the French *Dictionnaire des Sciences Naturelles* (1816, tome III; tome VIII) and, just one year later, the biologist Georges Cuvier largely acknowledged Poli's description of several *testacea* in his *Le regne animal*, even when referring to "his own" species:

Les Orbicules (*Orbicula*. Cuvier). Ont deux valves inégales, dont l'une ronde et conique ressemble, quand on la voit seule, à une coquille de patelle; l'autre est plate et fixée aux rochers. L'animal (*Criopus*. Poli) a les bras recourbes en spirales comme celui des lingules (Cuvier 1817).

Nos mers en produisent une petite espèce (*Patella anomala*, Müll. Zool. Dan. V, 2-6. *Anomia turbinata*. Poli. XXX, 15).

Still in 1818, the renowned *Isis, oder Encyclopädische Zeitung* edited by the German naturalist Lorenz Oken (1818) reported a 40 pages-length summary of Poli's *Testacea*, which was as well later referenced by the "Royal Society" of London.

The texts mentioned (in German and French) likely acted as "primary" sources for the impressive Poli's malacological work, whose relevance was easily recognized by a number of "secondary" authors. In the following we limit ourselves just to report a certainly incomplete list of textbooks and essays quoting Poli's *Testacea* during 1800s:

- Schweigger A.F. (1820). *Handbuch der Naturgeschichte der skelettlosen ungegliederten Thiere*. Leipzig: Dyk'schen.
- Babel F. (1829). *Ueber den Einfluß des Gefäß-Systems auf die Blutbewegung*. Wien: Bauer.
- Geiger P.L. (1829). *Handbuch der Pharmacie*. Heidelberg: Osswald.
- Burmeister H. (1836). *Handbuch der Naturgeschichte*. Berlin: Enslin.
- von Schubert G.H. (1837). *Die Geschichte der Natur*. Erlangen: Palm und Enke.
- Carus C.G. (1838). *Traité élémentaire d'Anatomie comparée*, tome I. Bruxelles: Meline.
- Brüggemann C. (1842). *Die Naturgeschichte in getreuen Abbildungen, mit ausführlicher Beschreibung derselben*. Burmer. Leipzig: E. Eisenach.
- Perty M. (1843). *Allgemeine Naturgeschichte als Philosophische und Humanitätswissenschaft für Naturforscher, Philosophen und das höher gebildete Publikum*. Bern: Fischer.
- Siebold C.T., Stannius H. (1850). *Nouveau manuel d'Anatomie comparée*, second part. Paris: Roret.
- Agassiz L. (1854). *A general catalogue of all books, tracts, and memoirs of Zoology and Geology*, vol. 4. London: The Ray Society.
- Bronn H.G. (1862). *Die Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs*. Leipzig: Winter'sche.
- Claus. C. (1868). *Grundzüge der Zoologie*. Marburg: Elwert'sche.

3.3. A mystery unveiled: *The Paper Nautilus*

Tough the documented success, *Testacea Utriusque Siciliae* was not the only naturalist work by Poli that was widely recognized outside Italy. Quite a similar sort was reserved to the last scientific work by the Neapolitan scientist, which was very promptly divulged abroad by the two French G. Cuvier and A.M.C. Duméril:

Le chevalier Poli, dans la séance du 14 décembre 1824, a lu à l'Académie des sciences de Naples, un Memoire sur le Nautile ou l'*Argonauta Argo* de Linné. Ce mollusque connu depuis la plus haute antiquité, et qu'Aristote a parfaitement décrit,

quant à la manière dont il navigue à la surface de la mer dans les temps calmes, a fixé l'attention des naturalistes de toutes les époques, et a été pour eux un problème bien difficile à comprendre, et qu'ils se sont essayé à l'envi de résoudre (Annales des Sciences Naturelles 1825).

The “attention of naturalists” rested, indeed, on Poli's work on the Paper Nautilus, to the point that the news of it was later relaunched³ by the Baron de Férussac in the *Bulletin des Sciences Naturelles et de Géologie* (1825), and finally reported in the *Catalogue of Scientific Papers* (1867) compiled by the “Royal Society” of London.

It is particularly interesting, also for biographical and historical reasons, to read the account of Poli's talk of December 1824 given in the minutes of the “Royal Academy of Sciences” of Naples:

Cotesto mollusco pescato presso alle rive di Posillipo dalla Maestà del Re nostro Signore [Francis I], fu trasmesso del tutto vivo all'autore [Poli], e l'istessa M.S. gli diede un largo campo non solo di esaminarlo accuratamente in tutte le sue parti, ma (avendolo conservato per qualche tempo nella R. Peschiera di Portici) di osservare le particolarità a tutti ignote riguardanti la sua generazione. Vide egli il meccanismo onde le uova cacciate dall'utero dell'animale attaccavasi mano mano al suo guscio, e lo sviluppo giornaliero dell'embrione in ciascun uovo, in cui ebbe anche la sorte di scorgere chiaramente per mezzo del microscopio abbozzata la sua navicella, ond'è che resta dimostrato ad evidenza che la conchiglia si genera nell'uovo insieme coll'animale. Quindi rendesi chiaro l'errore di coloro i quali pretendono che siffatta conchiglia non appartenga al mollusco dell'Argonauta, ma che sia da esso usurpata, non altrimenti che il *Cancer Bernardus* s'impatronisce e vive nelle conchiglie di altri molluschi. Quistione che viene risolta dall'autore anche con altri argomenti.

L'altra gran quistione che si agita grandemente tra i Naturalisti è quella se cotesto animale sia o no naturalmente attaccato alla sua conchiglia. Il Sig.r Poli assicura col fatto, che non ha veruna sorta di legame: e poichè in questa posizione non potrebbesi affatto produrre il successivo accrescimento della conchiglia, dimostra egli con validi argomenti come ciò possa addivenire.

In forza delle sue accurate e reiterate osservazioni, smentisce egli alcune bubbole che sonosi spacciate sul detto altrui intorno ad alcune parti che erroneamente sono state attribuite a cotesto animale, e sono in disamina altre particolarità di simigliante natura: ond'è che per tal modo la storia dell'Argonauta Argo non ha bisogno di ulteriore schiarimento (SAN, f. 2039, p. 176).

4. Geological influences

A certainly less known (if not at all unknown) aspect of Poli's scientific work concerned geology. His contribution to this branch of science was not limited to the known

³ “Ainsi l'histoire de l'Argonaute est complètement éclaircie, et l'opinion émise par M. de Férussac est confirmée par l'observation directe du célèbre Poli” (*Bulletin des Sciences Naturelles et de Géologie* 1825).

Memoria sul Tremuoto (Poli 1806) – written to detail the violent earthquake in Central and Southern Italy of July 25, 1805 –, where he also speculated about possible explanations of the seismic phenomena. Poli, indeed, did make several experiments and researches about the Mount Vesuvius that caught the attention of the famous German naturalist and explorer Alexander von Humboldt.

In the travel diary for his 1799-1804 journey, later published in different languages (Humboldt 1814), we find two references to Poli's observations. The first one just concerned the height of Vesuvius:

It was the eruption of 1794, which caused the great inequality of the two brinks of the crater; this unevenness was 71 toises in 1805. Mr. Poli found Vesuvius, a short time before, 606 toises in height (Humboldt 1814).

Instead, the second reference was more “geological” in nature, regarding the composition of lavas:

It is nevertheless asserted, that lavas including fragments of granite have been found on the elevated plain of Retama. M. Broussonet informed me, a short time before his death, that, on a hill above Guimar, fragments of mica-slate, containing beautiful plates of specular iron had been found. I can affirm nothing respecting the accuracy of this observation, which it would be so much the more important to verify, as Mr. Poli, of Naples, is in possession of a fragment of rock thrown out by Vesuvius, which I found to be a real mica-slate. Every thing that tends to enlighten us with respect to the site of the volcanic fire, and the position of rocks subject to its action, is highly interesting to geology (Humboldt 1814).

Interesting enough, in both cases the German naturalist – who, evidently, personally knew Poli – acknowledged his “accuracy” in doing science and, more importantly, adopted Poli's results.

Even more intriguing is the unexpected fact that Poli's results about *Testacea* had, as well, influenced geological studies. The President of the “Geological Society” of London, G.B. Greenough, already in 1819 recognized that:

Poli has found, in the bay of Naples, many shells, and Maratti, many zoophytes and madrepores, which are usually considered to be the productions only of distant seas. These discoveries, however, do not take away from the marvelous; they only keep it in the back-ground. The resemblance between the Sub-Appennine fossils and the recent shells of the Mediterranean and Adriatic, if established, is a coincidence, extraordinary indeed, but fortuitous; for it is evident, that these fossils were interred at the period in which strata were deposited, at a period when the relative positions of land and sea were different from what they are at present; when perhaps the Adriatic and Mediterranean were not in existence (Greenough 1819).

Poli did not, evidently, practice about geology (apart from the *Memoria sul Tremuoto*), but it is nevertheless interesting that his accurate experimental observations – practiced in different areas of science – did have a non-negligible influence in scholars through-

out Europe. Later in 1800, indeed, we still find (secondary) references to such “geological influences”:

- *Abhandlungen des Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt* (1870). Wien: K.K. Geologischen Reichsanstalt.
- Davidson T. (1886). *A monograph on the British fossil brachiopoda*, vol. VI. London: The Paleontological Society.

5. Conclusions

We continued the search for and study of possible archival sources concerning Poli's life and work. In the present contribution, in addition to novel, interesting biographical information, we have pointed out how the results obtained by Poli in his natural science investigations – not limited to mollusks, but including geological studies as well – were well received by scholars all over Europe, the influence of those results extending throughout the XIX century. The emerging picture about the Molfetta's scientist is then getting rid of apologetic (or anti-apologetic) encrustations, which for too much time has not allowed the appropriate recognition of one of the most influential scientific contributors in the Kingdom of Naples. The modernization of the most important Italian state in the course of XIX century was just a result of the scientific and – more in general – cultural substrate prepared by Giuseppe Saverio Poli.

References

- Almanacco della Real Casa e Corte* (1824). Napoli: Stamperia Reale.
- Annales des Sciences Naturelles*, tome 4. Paris: Béchét Jeune.
- An. (1820). *Giornale del Regno delle Due Sicilie*, November 21.
- Andres G. (1813). *Dell'origine, progressi e stato attuale di ogni letteratura*, 5. Rome: Mordacchini.
- Bonola G.B. (1839). *Della bibliografia malacologica italiana*. Milano: Guglielmini e Redaelli.
- Bullettin des Sciences Naturelles et de Géologie* (1825), 5. Paris: Bureau du Bulletin.
- Calendario e Notiziario della Corte* (1787). Napoli: Stamperia Reale.
- Catalogue of Scientific Papers (1800-1863) compiled by the Royal Society of London* (1867), vol. 1. London: Cambridge University Press.
- Cuvier G. (1817). *Le regne animal distribué d'après son organization*, 2. Paris: Deterville.
- Darwin C.R. (1854). *A monograph on the sub-class Cirripedia, with figures of all the species*, vol. 2. London: The Ray Society.
- Dictionnaire des Sciences Naturelles* (1816). Strasbourg: Levraut.
- Esposito S. (2017). “Enlightenment in the Kingdom of Naples: the legacy of Giuseppe Saverio Poli through archive documents”, 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.
- Esposito S., Schettino E. (2014). "Spreading scientific philosophies with instruments: the case of Atwood's machine". *Advances in Historical Studies*, 3, pp. 68-81.
- Gatti S. (1825). *Elogio del Cavaliere Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Agnello Nobile.
- Giampaolo P.N. (1825). *Elogio del Commendatore Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Gabinetto Bibliografico e Tipografico.
- Greenough G.B. (1819). *A critical examination of the first principles of Geology*. London: Strahan and Spottiswoode.
- Humboldt A. (1814). *Personal Narrative of travels to the equinoctial regions of the New Continent during the years 1799-1804*, vol. 1. London: Longman.
- Morelli di Gregorio N. (1826). *Cav. Giuseppe Saverio Poli*, in *Biografia degli Uomini Illustri del Regno di Napoli*. 11. Napoli: Nicola Gervasi.
- Oken L. (1818). *Isis, oder Encyclopädische Zeitung*. Jena: [s.n.t.].
- Olivier Poli G.M. (1825). *Cenno Biografico sul Cavalier Commendatore Giuseppe Saverio Poli*. Napoli: Marotta e Vanspandoch.
- 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. (1774). *Continuazione delle riflessioni intorno agli effetti di alcuni Fulmini*. Napoli: Donato Campo.
- Poli G.S. (1778). *Congetture sulle tempeste che sogliono succedere alle Aurore Boreali*, in C. Amoretti, F. Soave (a cura di), *Opuscoli Scelti sulle Scienze e sulle Arti*, 1. Milano: Marelli, pp. 191-195.
- Poli G.S. (1779). *Su una straordinaria Aurora Boreale*, in C. Amoretti, F. Soave (a cura di), *Opuscoli Scelti sulle Scienze e sulle Arti*, 2. Milano: Marelli, pp. 382-386.
- Poli G.S. (1780a). *Sopra una correzione di Dollond all'Equatoriale*, in C. Amoretti, F. Soave, G. Marelli, G. Galeazzi, A. Mainardi (a cura di), *Opuscoli Scelti sulle Scienze e sulle Arti*, 3. Milano: Marelli, pp. 107-111.
- Poli G.S. (1780b). *Su di un nuovo Micrometro di riflessione*, in C. Amoretti, F. Soave, G. Marelli, G. Galeazzi, A. Mainardi (a cura di), *Opuscoli Scelti sulle Scienze e sulle Arti*, 3. Milano: Marelli, pp. 111-118.
- Poli G.S. (1781). *Elementi di Fisica Sperimentale*. Napoli: Fratelli Raimondi.
- Poli G.S. (1788). *Osservazioni fisiche concernenti l'elettricità, il magnetismo, e la folgore*, in *Atti della Reale Accademia delle Scienze e Belle-Lettere di Napoli*. 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. (1806). *Memoria sul tremuoto de' 26 luglio del corrente anno 1805*. Napoli: Vincenzo Orsino.

- Poli G.S. (1826). *Testacea Utriusque Siciliae eorumque Historia et Anatome tabulis aeneis illustrata. Tomus Tertius. Pars Prima Posthuma*. Parma: Ex Ducali Typographeio.
- 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.
- Wiedemann C.R.W. (1800). *Archiv für Zoologie und Zootomie*. Berlin-Braunschweig: Reichard.

Archival sources

Naples:

State Archive of Naples (SAN)

- Collegio dei Dottori, folder 156, paper 60.
- Maggiordomia Maggiore, f. 320, p. 1276.
- Ministero degli Affari Interni, Primo Inventario, f. 1011, p. 10.
- Ministero degli Affari Interni, Primo Inventario, f. 939, p. 5.
- Ministero degli Affari Interni, Seconda appendice, f. 544.
- Ministero degli Affari Interni, Secondo Inventario, f. 2044, p. 184.
- Ministero degli Affari Interni, Secondo Inventario, f. 2044, p. 184.
- Ministero degli Affari Interni, Secondo Inventario, f. 2039, p. 176.
- Ministero della Polizia Generale, f. 40, p. 39.
- Ministero della Pubblica Istruzione, f. 369-II, p. 75.
- Segreteria di Stato di Casa Reale, f. 1272.

PHYSICS AND ASTRONOMY IN THE 20TH CENTURY

The Italian physicists and the Great War

Nadia Robotti – Dipartimento di Fisica, Università di Genova – Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, sezione di Genova – Centro di studi e ricerche “Enrico Fermi”, Roma – robotti@fisica.unige.it

Abstract: The study presented here is a part of the project recently approved by Centro di studi e ricerche “Enrico Fermi” (participants: E. Colombi, F. Guerra, M. Leone, NR.) on the scientific and political commitment of the physicists between 1848 (“Statuto Albertino”) and 1943 (fall of Fascism). Based on original material preserved in various archives and publications of the time, this study intends to deepen the analysis on the involvement in the events related to the First World War of Italian physicists. As is well known, the First World War accentuated, more than before, the role of the scientific-technological aspects, and some physicists invented new tools, developed new technologies and organized new services. The analysis highlights how Italian physicists contributed to a broad spectrum of technologies, sometimes with desk research, but often with “field” studies: from the creation of new radiotelegraphic facilities specially designed for the Army and Navy, to the ballistics studies in reference to issues related to aerial and counter-aircraft artillery; from sound studies with the creation of new devices for detecting the position of enemy artillery stations, to research aimed at the construction of hydrophones for the acoustic detection of submarines.

Keywords: fonotelemetria, radiotelegrafia, dirigibili, idrofoni, vetro ottico, radioattività.

1. Introduzione

Come è noto, il coinvolgimento dell’Italia nella prima guerra mondiale iniziò il 24 maggio 1915, a guerra già iniziata, e si concluse l’11 novembre 1918, con la fine del conflitto.

Sulla base di materiale originale proveniente da vari archivi e di pubblicazioni d’epoca, si cercherà di dare una prima risposta alla seguente domanda: che cosa hanno fatto i nostri fisici durante la Grande Guerra? Quale è stato il loro coinvolgimento e quali sono stati i loro contributi?

Questa ricerca¹ rientra nel progetto recentemente approvato dal Centro “Enrico Fermi”: L’impegno scientifico e politico dei fisici tra il 1848 e il 1943 (partecipanti F. Guerra, M. Leone, N. Robotti, E. Colombi).

Un aspetto emerso, che non stupisce se si pensa al senso patriottico già mostrato dalla comunità dei fisici durante il Risorgimento (Leone *et al.* 2011), è che all’entrata in Guerra dell’Italia, avvenuta circa dieci mesi dopo l’avvio del conflitto, quando ormai si era già manifestato il suo volto tecnologico, moltissimi furono i fisici, tra questi i più noti a livello nazionale e internazionale, che abbandonarono il loro campo di ricerca, per dedicarsi a ricerche e ad attività riguardanti la guerra, addirittura per arruolarsi come volontari.

Va tenuto presente, infatti, che la prima guerra mondiale non solo venne vista dall’Italia come una sorta di quarta guerra d’Indipendenza, ma che, con lo sviluppo di nuove tecnologie, soprattutto nelle comunicazioni (telegrafo senza fili e radio), e l’introduzione di nuovi mezzi quali quelli legati all’aeronautica, all’automobilismo e anche alla marina, era una guerra in cui, a differenza delle precedenti altre guerre, per la prima volta diventava determinante il contributo scientifico-tecnologico. Quindi il coinvolgimento dei fisici era naturale e, come vedremo, diventerà essenziale.

Infatti molti furono i nostri fisici coinvolti nella Grande Guerra. Tra coloro che si arruolarono come “volontari” vanno ricordati: Guglielmo Marconi (senatore del Regno), arruolato come volontario il 19 giugno 1915 con il grado di tenente del Genio militare; Vito Volterra (senatore del Regno), che entrò, anch’egli come volontario, il 18 luglio 1915, nel Regio esercito italiano, nel corpo del Genio militare, con il grado di tenente di complemento; Antonio Garbasso (futuro senatore), anch’egli arruolato come volontario, il 18 luglio 1915, con il grado di tenente del Genio; Pietro Cardani, (rettore dell’Università di Parma), arruolatosi come volontario, il 18 luglio 1915, con il grado di tenente del Genio; Antonino Lo Surdo, che si arruolò come volontario in Marina con il grado tenente.

A questi vanno aggiunti, tra gli altri, Augusto Occhialini, Orso Mario Corbino, Giorgio Abetti, Angelo Battelli, Pietro Blaserna, Michele Cantone, Michele La Rosa, Luigi Puccianti, Francesco Piola, Emilio Bianchi. Tra i fisici nominati senatori a vita ricordiamo anche Pasquale Leonardi-Cattolica, che era un militare di carriera (Marina) e quindi direttamente coinvolto (viceammiraglio dal 28 luglio 1911).

In quanto segue si cercherà di ricostruire alcuni dei loro contributi più importanti.

2. Antonio Garbasso e la “Fonotelemetria”

Un problema cruciale e di difficile soluzione, affrontato sin dall’inizio della guerra (ricordiamo che si trattava di una guerra di posizione), era quello di mettere a punto un metodo per stabilire la posizione di una postazione nemica (tipicamente un cannone)

¹ Una prima versione di questa ricerca è stata presentata al 102° Congresso S.I.F. (Padova, 26-30 settembre 2016) nella relazione a invito: N. Robotti, *I fisici e la grande guerra: 1915-1918*.

sulla base del suono che veniva emesso al momento dello sparo, il così detto “colpo di cannone”, senza vedere il bagliore emesso.

Su questo problema si cimentò Antonio Garbasso (1871-1933), inizialmente assieme a Pietro Cardani (1858-1924).



Fig. 1. Fotografia di Antonio Garbasso al fronte (Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Archivio A. Garbasso, per cortesia di Massimo Mazzoni).

Antonio Garbasso, professore di Fisica sperimentale e direttore del Regio istituto di studi superiori di Firenze, appena arruolatosi volontario, venne assegnato al deposito del 3° del Genio, dove si trovava anche Pietro Cardani, professore di Fisica sperimentale, direttore dell'istituto fisico e rettore della Regia università di Parma, anch'egli arruolatosi come volontario. Come ricorda Garbasso (1934, p. 405), quando vennero a conoscenza che «i Francesi tentavano di determinare la posizione delle batterie mascherate, con un metodo acustico» subito, assieme a qualche altro ufficiale, provarono a loro volta a realizzare questa impresa, utilizzando alcuni strumenti tolti dal laboratorio dello stesso Garbasso a Firenze.

I primi risultati ottenuti, usando colpi di pistola, furono incoraggianti tanto che il metodo fu considerato degno di interesse da parte del Ministero della guerra, e venne deciso che fosse perfezionato con esperimenti effettuati a Livorno, durante alcune esercitazioni di combattimento con colpi a salve, e, successivamente, al poligono di Nettuno, dove venivano sparati veri proiettili.

Il metodo messo a punto da Garbasso e Cardani, denominato in documenti militari dell'epoca "metodo Garbasso-Cardani" (Roma, Archivio Centrale dello Stato, U.I.R., B3), si basava sulla presenza, vicino alla linea nemica, di tre stazioni destinate all'ascolto del "colpo di cannone" e di una stazione centrale che raccoglieva ed elaborava i dati. Era prevista anche una postazione avanzata, la "vedetta acustica", che riceveva il suono del colpo di cannone alcuni secondi prima delle altre tre e le metteva in allerta con un segnale elettrico, la "cicala".

Gli osservatori nelle tre stazioni avanzate, "i segnalatori", segnalavano alla stazione centrale l'istante in cui percepivano il colpo, con un dispositivo elettrico (ad esempio chiudendo un circuito per mezzo di un tasto Morse).

Questi segnali venivano registrati dalla Stazione Centrale con un cronografo, abbinato a un pendolo, che, oltre a registrare il tempo, misurava gli intervalli tra le registrazioni delle diverse stazioni.

Sulla base di questi dati, cioè sulle differenze dei tempi di osservazione nelle tre stazioni, e usando un metodo analitico, fondato sulle "iperboli", si riusciva «a individuare un pezzo, anche se non si vede la vampa» (Garbasso 1934, p. 416).

L'efficacia del metodo, comunque, doveva essere verificata al fronte, cioè nel posto per il quale era stato concepito. Pertanto, il 27 dicembre 1915, Garbasso e Cardani, come Garbasso il giorno prima scriveva a Volterra (Roma, Accademia dei Lincei, Archivio Volterra, scat. 20), andarono al fronte per installare, per ordine del Comando supremo, nella zona di Monfalcone, a San Canziano (Basso Isonzo), un impianto completo per la individuazione delle batterie.

Il 27 gennaio del 1916, solo un mese dopo, l'impianto diede il suo primo risultato positivo con l'annientamento di una "batteria nemica".

Dopo questo primo successo, la Centrale di San Canziano fu subito visitata da S.A.R. il Duca d'Aosta e successivamente da S.M. il Re, oltre che da vari fisici, tra cui Volterra.

Il servizio fonotelemetrico fu via via esteso da Garbasso, che ne assunse il comando, su tutto il fronte, prima sull'Isonzo e poi sul Piave, e Garbasso rimarrà sulle trincee per l'intera durata del conflitto.

Nella primavera del 1918 le sezioni in linea erano 18 con 108 stazioni, 70 ufficiali e un migliaio di uomini, tutti al comando di Garbasso.

Scriverà Garbasso: «Dal Grappa al mare non vi era nelle nostre linee soluzione di continuità» (1934, p. 429). La rete costruita da Garbasso e fondata su questo metodo «tutto italiano» diede un importante contributo all'esito positivo del conflitto, e valse a Garbasso la Croce al merito di guerra.

3. Guglielmo Marconi e le onde corte

Un altro fisico fortemente coinvolto nelle vicende della guerra fu Guglielmo Marconi (1874-1937), premio Nobel per la Fisica nel 1909 con Carl Ferdinand Braun per il contributo dato allo sviluppo della telegrafia senza fili.

A distanza di pochi mesi dalla nomina a senatore del Regno,² avvenuta il 30 dicembre 1914 nella classe 20^a («Coloro che con servizi o meriti eminenti hanno illustrata la Patria»), Marconi, il 19 giugno 1915, si arruolò come volontario nel Regio esercito italiano con il grado di tenente di complemento del Genio. Il 27 luglio 1916 fu promosso capitano per meriti eccezionali di guerra. In seguito, sotto sua richiesta, passò al Ministero della marina (31 agosto 1916), da cui verrà congedato alla fine del 1919.

Appena arruolato, gli fu attribuito il compito di ispezionare sul fronte dell'Isonzo gli impianti radiotelegrafici dell'esercito e successivamente svolse attività presso gli Uffici radiotelegrafici di Treviso e Livorno.

Effettuò anche i primi esperimenti sulla trasmissione radio da aeromobili, al fine di applicare la radiotelegrafia anche nell'aviazione militare; come conclusione, nel settembre 1915 venne montata su un biplano militare biposto la prima apparecchiatura Marconi!

Successivamente Marconi svolse varie missioni tecnico-militari sia per l'esercito inglese che per quello francese in qualità di tecnico dell'Istituto radiotelegrafico della Regia marina (professione che lo vide anche imbarcato su varie navi da guerra).



Fig. 2. Marconi (al centro) sul fronte dell'Isonzo, dove fu inviato per ispezionare gli impianti radiotelegrafici dell'esercito ([Foglio matricolare di Guglielmo Marconi]).

² Approfondimenti sull'attività svolta dai fisici in Senato si potranno trovare in Leone M., Robotti N. (in corso di stampa). *I Fisici Senatori: 1845-1943*, Bologna, S.I.F.

Comunque, nonostante questi impegni, Marconi, durante la guerra, e spronato proprio dalle esigenze della guerra, proseguì le sue ricerche in radiotelegrafia, giungendo a risultati molto importanti e di grande impatto applicativo.

Al fine «di fornire all'Italia in tempo di guerra un sistema di Radiotelegrafia più rapido e più segreto possibile» invece di continuare ad interessarsi alle onde lunghe (5.000-30.000 metri), il cui utilizzo implicava «di dover irradiare l'energia ed i messaggi in tutte le direzioni, cioè anche in quelle non desiderate» (Marconi 1928), riprese alcuni suoi precedenti esperimenti del 1895 e del 1896 sulle onde corte (5-100 metri), con cui aveva ottenuto, su brevi distanze, promettenti risultati.

Infatti, «in accordo con la teoria, solo le onde corte potevano essere in pratica trasmesse a fasci e controllate mediante impiego di appositi proiettori e ricevitori».

A Genova, nel 1916, fece «costruire un primo minuscolo impianto radiotelegrafico basato su principi del tutto differenti da quelli sino allora usati, che impiegava onde cortissime, cioè di due o tre metri di lunghezza, e le proiettava nella direzione voluta in un fascio». Con questo apparecchio nello stesso anno, a Livorno, dove la Regia marina gli fornì ogni facilitazione, Marconi poté eseguire importanti prove attraverso distanze di parecchi chilometri.

Ebbe inizio così, con questo apparecchio, figlio della guerra, il sistema a fascio ad onde corte, che ben presto soppiantò gli antichi sistemi circolari ad onde lunghe.

Nell'aprile del 1919, essendo Marconi uno degli uomini più stimati e conosciuti in tutto il mondo, il governo italiano lo nominò plenipotenziario alla Conferenza di pace di Parigi, dove svolse un'intensa attività diplomatica senza, però, ottenere i risultati sperati.

Il 5 agosto 1919 venne promosso per meriti di guerra capitano di Fregata S.A.N. di complemento.

4. Vito Volterra: al fronte e a tavolino

Vito Volterra (1860-1940) entrò come volontario nel corpo del Genio militare come tenente di complemento, presso l'Istituto centrale aeronautico, che era una delle sedi in cui la ricerca tecnologica in campo militare era più attiva, e fu addetto alle esperienze sui dirigibili. In particolare si occupò di problemi relativi al tiro da cannoni montati su dirigibili, assistendo a varie prove a bordo ed elaborando un innovativo metodo di calcolo, poi pubblicato nei *Rendiconti dell'Istituto centrale aeronautico*. S'interessò, inoltre, alla fototelemetria, facendo studi ed esperienze, sempre a bordo di dirigibili, di ricezione acustica, di radiotelegrafica e di conversazione nei velivoli (che risultava molto difficoltosa a causa del rumore assordante presente). Si impegnò anche nella progettazione degli stessi dirigibili e dei palloni aerostatici, interessandosi in particolare alla sicurezza della navigazione aerea dei dirigibili, progettando ricerche sperimentali relative all'elettricità atmosferica.

A lui si deve l'idea di usare per questi aeromobili l'elio inerte, invece dell'idrogeno, che è un gas facilmente infiammabile.

Per queste attività Volterra verrà insignito della Croce al merito di guerra.



Fig. 3. Volterra (sulla sinistra) su un dirigibile, mentre assiste a prove di tiro da cannoni montati a bordo (Archivio privato della famiglia Volterra, per cortesia di Virginia Volterra).

Un altro grande apporto dato da Volterra alla guerra fu a livello organizzativo con la fondazione, il 17 marzo del 1917, presso il Sottosegretariato per le armi e munizioni del Ministero della guerra, dell'Ufficio invenzioni (U.I.), diventato poi, il 24 febbraio 1918, l'Ufficio invenzioni e ricerche (U.I.R.).

La direzione dell'Ufficio fu assunta dallo stesso Volterra, che la mantenne fino al 19 luglio 1919, quando l'Ufficio venne soppresso. L'U.I.R., sotto la guida di Volterra, svolse un enorme lavoro di grande importanza scientifica, oltre che militare.

L'U.I.R. era stato organizzato da Volterra sull'esempio di analoghe istituzioni sorte all'estero e nasceva come organo di consulenza tecnica dei vari ministeri.

Due erano i suoi obiettivi principali: «esaminare tutte le invenzioni aventi attinenza colla condotta della guerra» e «coordinare e promuovere le ricerche di guerra, in contatto con le Università interessate e con l'industria, lavorando alla sperimentazione e alla ricerca di nuovi ritrovati» (Roma, Archivio Centrale dello Stato, U.I.R., B1).

Il personale dell'Ufficio era costituito «da Professori delle Università Italiane e da Ufficiali». Molti furono i direttori di Gabinetti di Fisica delle «Università, Scuole superiori e Politecnici che offrirono la loro collaborazione all'Ufficio Invenzioni» sin dalla sua fondazione. Tra questi ricordiamo P. Blaserna, direttore dell'Istituto fisico della R. università di Roma; A. Pochettino, direttore dell'Istituto fisico della R. università di Genova; M. Cantone, direttore dell'Istituto fisico della R. università di Napoli; M. La Rosa, direttore dell'Istituto fisico della R. università di Palermo; P. Cardani, direttore dell'Istituto fisico della R. università di Parma; A. Occhialini, direttore dell'Istituto fisico della R. università di Pisa, sostituito poi da L. Puccianti; S. Lussana, direttore dell'Istituto fisico della R. università di Siena; C. Chistoni, direttore dell'Istituto di fisica terrestre della R. Università di Napoli.

L'U.I.R., così come pensato e realizzato da Volterra, era articolato in sei rami, cinque dei quali con il compito di «fornire un servizio tecnico per l'esame delle invenzioni» e uno, il "ramo scientifico", con il compito di «indirizzare i tecnici e gli scienziati a ricerche per risolvere i più gravi problemi della guerra ed anche dell'industria di guerra» (Roma, Archivio Centrale dello Stato, U.I.R., B1).

Il "ramo scientifico" era a sua volta suddiviso in cinque aree ("Matematica e Statistica"; "Fisica"; "Mineralogia"; "Ingegneria ed Elettrotecnica"; "Fisiologia") e all'interno di ciascuna area erano istituite specifiche "Commissioni di ricerca". Come riportato in un documento ufficiale (Roma, Archivio Centrale dello Stato, U.I.R., B1), i componenti dell'"area fisica" erano: "Vito Volterra (capo Ufficio, Università di Roma), Francesco Piola (R. università di Roma), Orso Mario Corbino (R. università di Roma), Antonino Lo Surdo (R. istituto di studi superiori di Firenze), Augusto Occhialini (R. università di Pisa), Giuseppe Vanni (Istituto centrale militare di radiotelegrafia ed elettrotecnica), Giorgio Abetti (R. università di Roma), Alfredo Pochettino (Università di Genova), consulente".

L'U.I.R., inoltre, aveva un delegato presso gli uffici analoghi esistenti in Francia, in Inghilterra e negli USA, con il compito di indirizzare i lavori delle varie "Commissioni di ricerca".

Delegato dell'U.I.R. negli USA era l'astronomo Giorgio Abetti (1882-1982). Libero docente dell'Università di Roma, arruolato come tenente del Battaglione dirigibili, Abetti rimase negli Stati Uniti, presso la Missione militare italiana a Washington, dal luglio del 1917 al gennaio del 1919.

Compito di Abetti, oltre che «rispondere a tutti i problemi che dall'Italia venivano proposti, o dall'Ufficio Invenzioni, o dai vari servizi tecnici dei Ministeri delle Armi e Munizioni, Guerra e Marina» (Firenze, Osservatorio astrofisico di Arcetri, Archivio Giorgio Abetti), era quello di mettere al corrente l'Ufficio invenzioni sui progressi e sulle nuove invenzioni, che stavano facendo gli americani riguardo «ai mezzi di difesa ed offesa in guerra, in mare e nell'aria». Sarà proprio Abetti a informare Volterra sui nuovi metodi messi a punto dagli americani nella «caccia ai sottomarini» e a suggerirgli quale tipo di apparato di «ascoltazione subacquea» realizzare in Italia: il così detto "tubo C".

5. Antonino Lo Surdo e il "tubo C"

Antonino Lo Surdo (1880-1949), fisico sperimentale, scopritore nel 1914 dell'"effetto Stark-Lo Surdo", professore presso il Regio istituto di studi superiori di Firenze, allo scoppio della guerra si arruolò come volontario nella Marina col grado di tenente. Il suo settore di ricerca sarà, per tutta la durata del conflitto, la caccia ai sommergibili, sia con mezzi acustici che ottici.

Venne inviato all'Arsenale di La Spezia, e qui avviò subito una serie di ricerche sull'"ascoltazione e comunicazione subacquea", a cui parteciparono anche i fisici Michele La Rosa e Francesco Piola e, successivamente, Augusto Occhialini.

In particolare si occupò di riflessione acustica subacquea, di trasparenza sonora dei solidi, di rifrazione sonora e di trasmissione dei suoni dall'acqua all'aria.

Queste competenze gli verranno utilissime nel 1918 quando si impegnerà nella costruzione in Italia del primo "apparecchio di ascoltazione subacquea".

Gli americani, come aveva riferito Giorgio Abetti a Vito Volterra (Firenze, Osservatorio astrofisico di Arcetri, Archivio Giorgio Abetti), avevano realizzato, nei laboratori della "General Electric", un dispositivo per l'ascoltazione subacquea, che a suo avviso, era di notevole efficacia per la caccia ai sommergibili: il tubo C (la lettera C era l'iniziale di *chaser* (inseguitore), termine con cui veniva chiamata una categoria di imbarcazioni piccole e agili, munite di bombe di profondità, impiegate per dare la caccia ai sommergibili).

Lo Surdo, sulla base delle poche informazioni date da Abetti, riuscì a progettare e realizzare presso l'"Arsenale di Spezia" vari tipi di tubi C, e a farne la sperimentazione in mare aperto a bordo di MAS (Motoscafi Armati Siluranti) e l'addestramento al loro uso nel porto di La Spezia e di Taranto (Roma, Archivio Centrale dello Stato, U.I.R., B3).

Tutta l'operazione fu portata avanti sotto la supervisione di Volterra, che più volte si recò a La Spezia a incontrare Lo Surdo.



Fig. 4. Antonino Lo Surdo (1880-1949).

Il tubo C era costituito da una lunga tubatura metallica collegata, a un'estremità, con una vescica di gomma a pareti molto spesse contenente una piccola quantità d'aria, e, all'altra estremità, con un auricolare. Da bordo veniva calata in mare l'estremità con la vescica piena d'aria, mentre l'altra estremità veniva sistemata alle orecchie di un operatore. Le pur minime vibrazioni trasmesse all'acqua dai motori di un sommergibile investivano la vescica sommersa e venivano trasformate, dall'aria racchiusa al suo interno (a causa delle forti variazioni del suo volume e quindi della pressione) in un suono, che si propagava lungo il tubo metallico e che veniva captato dall'operatore.

del bagaglio bellico e in quanto tali dovevano essere via via migliorati. Senza tener conto che molti di questi apparati venivano distrutti durante le operazioni di guerra e dovevano essere continuamente rimpiazzati.

Quindi era fortissima l'esigenza di avere un'industria ottica efficientissima e di avanguardia, mentre invece la situazione italiana era arretrata: le poche industrie nazionali si occupavano solamente della meccanica degli strumenti, comprando all'estero le parti ottiche, in particolare dalla Germania, leader nel settore. Si capisce quindi la grave situazione in cui si era venuta a trovare l'Italia con l'entrata in guerra: non era più possibile importare le parti ottiche dalla Germania e tanto meno si era capaci di «fabbricare neanche un grammo di vetro ottico, veramente vetro ottico [...] non si sapeva neppure quali caratteristiche doveva avere un vetro perché potesse dirsi ottico» (Milano, Dipartimento di Fisica, Università Statale, Archivio G. Occhialini).

Di fronte a una situazione così disastrosa, l'azione presa fu immediata e duplice e coinvolse i fisici. Al fine di promuovere in Italia un'industria degli strumenti ottici che fosse anche di alto livello e all'avanguardia, la prima mossa fu quella di cercare di fondare un "Laboratorio di Ottica pratica e di Meccanica di precisione" presso l'Istituto di studi superiori di Firenze. Questa idea fu promossa da un ingegnere (il gen. ing. Eugenio Righi, direttore del R. laboratorio di precisione dell'Esercito) e da due fisici (Luigi Pasquini, direttore generale delle "Officine Galileo" di Firenze e Antonio Garbasso, direttore dell'Istituto fisico di Arcetri, che con il suo laboratorio avrebbe garantito la competenza scientifica e l'impegno nella ricerca in ottica).

Volterra, come capo dell'Ufficio invenzioni, il 6 aprile 1918 non solo appoggiò immediatamente la costituzione di questo laboratorio, ma inviò, come delegato dell'U.I., Augusto Occhialini (1878-1951), fisico sperimentale, a quei tempi incaricato della direzione dell'Istituto di fisica di Pisa, negli U.S.A., dove resterà per parecchi mesi, per «studiare la produzione del vetro ottico», e «provvedere il vetro ottico immediatamente necessario agli usi di guerra» (Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Archivio A. Occhialini).



Fig. 6. Fotografia di Augusto Occhialini a bordo della Carnegie, a Washington, 14 luglio 1918 (Firenze, Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Archivio A. Occhialini).

Dopo aver visitato, accompagnato dal tenente Abetti, alcuni laboratori scientifici e militari, Occhialini si trasferì presso «la sezione del Bureau of Standards di Pittsburgh, specializzata nella produzione del vetro [ottico] e dove ora questo è fabbricato per conto della Marina Americana».

Come scrive a Volterra: «In questo laboratorio ho potuto seguire tutto il processo di fabbricazione, prendere parte alle varie operazioni ed avere nozione esatta di ciò che si è fatto per raggiungere l'attuale stato di cose» (Roma, Accademia dei Lincei, Archivio Vito Volterra). Come si vede dalla documentazione che ci è pervenuta: «Le osservazioni, i dati tecnici, i dettagli del processo e tutto ciò che può interessare questa industria» venivano riportati da Occhialini in un rapporto inviato a Volterra.

Insomma, l'Italia, grazie a questo viaggio di Occhialini negli USA, era diventata in grado di procedere da sola alla «fabbricazione del vetro ottico e portarlo a quell'alto grado di perfezione che è necessario per costruire gli strumenti d'ottica». Questa circostanza sarà essenziale per avviare in Italia una produzione di strumenti ottici in grande scala e di alto livello, attraverso il costituendo "Laboratorio di Ottica pratica e Meccanica di precisione" di Firenze.

Infatti, il primo settembre 1918 questo laboratorio veniva eretto in ente morale e ne veniva approvato lo statuto. Il 24 novembre, a guerra finita da pochissimi giorni, esso veniva inaugurato nel Palazzo Riccardi a Firenze, con il discorso d'apertura tenuto da Antonio Garbasso. Direttore del laboratorio veniva nominato Augusto Occhialini, che così trasferiva tutte le sue competenze nell'organizzazione di questa nuova struttura, che diventerà poi l'attuale "Istituto nazionale di ottica".

7. Altre ricerche dell'U.I.R. nell'"area fisica"

Guardando nel complesso, si può dire che l'U.I.R. ha rappresentato il "fulcro della mobilitazione scientifica in Italia durante la Grande Guerra".

Riguardo all'area fisica, molte altre linee di ricerca, oltre quelle sopra esposte, furono promosse da Vito Volterra nell'ambito dell'U.I.R., e per ognuna delle quali un'apposita commissione fu creata. Segnaliamo in particolare:

- 6.1. "Commissione per la correzione degli effetti del vento sulla traiettoria dei proiettili di artiglieria". Gli studi su questo argomento portarono a un forte incremento nel rendimento del tiro. Il problema venne affrontato anche a livello internazionale e un'apposita delegazione italiana venne inviata a Parigi per mettersi al corrente dei risultati raggiunti dai nostri alleati;
- 6.2. "Commissione per gli studi di carattere riservatissimo sulle nubi esplosive". Questi studi furono affidati al colonnello Palcani e ai professori Corbino e Mioletti. L'incarico a Corbino probabilmente derivava dalle sue precedenti ricerche sulle proprietà chimico-fisiche della nitroglicerina. Comunque erano ricerche di cui non è rimasta traccia, se non il loro titolo;
- 6.3. "Commissione per gli studi per l'utilizzazione di gas naturali". In particolare venne affrontata la questione della produzione dell'elio, in modo da garantire,

come suggerito da Volterra, il gonfiamento degli aerostati con un gas incombustibile;

- 6.4. “Commissione per le ricerche sui prodotti radioattivi”. Poiché con la guerra era aumentata la necessità di disporre di materiali radioattivi, sia per scopi sanitari, sia per uso militare (in particolare per fornire «vernici radifere fosforescenti di cui l’Aviazione fa un enorme consumo»), Volterra promosse una serie di studi e censimenti dei giacimenti uraniferi italiani, affidandoli al tenente Camillo Porlezza e al chimico Raffaello Nasini (dell’area chimica dell’U.I.R.). Per avallare i risultati raggiunti, Volterra invitò in Italia *madame* Curie, la quale visitò alcuni siti nella prima metà di agosto 1918, accompagnata da Porlezza e, a Lurisia, anche da Volterra, confermando i dati noti e valorizzando questo tipo di attività in corso.

In seguito a questi studi sui materiali radioattivi esistenti in Italia, avallati da *madame* Curie, fu proposta da Volterra la costituzione di una commissione per il radio «che dovesse occuparsi di tutte le questioni interessanti la produzione e l’utilizzazione dei composti del radio e della emanazione». Questa commissione fu istituita il 30 marzo 1919 (Ministero dell’agricoltura, ma con un finanziamento a parte). Da essa nascerà poi, nel 1924, dopo alterne vicende che videro contrapposti Corbino e Volterra, l’“Ufficio del radio” dell’“Istituto della sanità pubblica”. A partire dal 1934, questo ufficio, sotto la direzione di Giulio Cesare Trabacchi, avrà un’importanza strategica fondamentale nelle ricerche di Fermi sulla radioattività indotta da neutroni (premio Nobel 1938) in quanto le sorgenti di neutroni venivano fornite a Fermi proprio da questo ufficio.

8. Conclusioni

Da quanto si è visto, possiamo affermare che la classe degli scienziati in generale, e in particolare quella dei fisici, durante la prima guerra ha dato un grosso contributo alla “difesa della Patria”, impegnandosi anche in operazioni sul fronte e mettendo a repentaglio la propria sicurezza personale.

La “Fisica di guerra” in Italia, comunque, non è stata utile soltanto agli scopi bellici, ma ha portato alla nascita di nuove competenze importanti anche in tempo di pace. È il caso degli studi in ottica, oppure degli studi sulla radioattività, o ancora, dello studio delle onde radio corte e cortissime, che furono incentivati e accelerati proprio dalle esigenze di guerra.

Inoltre queste nuove competenze hanno permesso, a loro volta, la nascita di nuove istituzioni scientifiche, quali l’“Istituto nazionale di ottica” di Firenze, l’“Ufficio del radio” dell’“Istituto di sanità pubblica” e anche lo stesso C.N.R.

Sarà infatti l’esperienza maturata con l’“Ufficio Invenzioni e Ricerche” che, finita la guerra, spingerà Volterra a far rinascere questo ufficio in una nuova forma, sganciata dalle esigenze militari. Nel 1924, dopo alterne vicende, vedrà infatti la luce il C.N.R., con Vito Volterra come suo primo presidente.

Da sottolineare, infine, che l’“Ufficio Invenzioni e Ricerche”, sotto la guida di Volterra, ha compiuto un enorme lavoro di grande importanza sia scientifica che

militare, che «per necessità di cose è [stato] avvolto nel silenzio e quindi ignorato dai più» e che ora noi, grazie agli archivi, possiamo far riemergere.

Ad esempio, studiando l'opera svolta da Volterra all'interno dell'U.I.R. ci accorgiamo di quanto sia profondamente sbagliato considerare Volterra un "matematico", come troppo spesso viene fatto, nonostante la sua laurea in Fisica, i suoi lavori di carattere fisico applicativo e il suo ruolo di fondatore della S.I.F.

Volterra, come emerge chiaramente dal suo contributo dato alla Grande Guerra, è stato un grande fisico, oltre che un grande organizzatore della ricerca scientifica, e come tale va ricordato.

Bibliografia

Leone M., Paoletti A., Robotti N. (2011). "I Fisici e il Risorgimento". *Il Nuovo Saggiatore*, 27 (3), pp. 30-42.

Garbasso A. (1934). *Scienza e Poesia*. Firenze: Le Monnier.

Marconi G. (1928). *Le radiocomunicazioni a fascio*. Bologna: Zanichelli.

Fonti di archivio

Firenze:

Osservatorio astrofisico di Arcetri:

- Archivio Giorgio Abetti;
- Archivio Augusto Occhialini.

Milano:

Dipartimento di Fisica, Università Statale,

- Archivio Giuseppe Occhialini.

Roma:

Accademia dei Lincei,

- Archivio Vito Volterra, scat. 20.

Archivio Centrale dello Stato,

- Ministero del Tesoro, Sottosegretariato di Stato per la liquidazione dei servizi delle armi delle munizioni e dell'aeronautica, U.I.R. (Ufficio Invenzioni e Ricerche), B3;
- Ministero del Tesoro, Sottosegretariato di Stato per la liquidazione dei servizi delle armi delle munizioni e dell'aeronautica, U.I.R. (Ufficio Invenzioni e Ricerche), B1.

Sitografia

[Foglio matricolare di Guglielmo Marconi] URL: <<http://www.radiomarconi.com/marconi/matricolare/index.html>> [data di accesso: 18/02/2019].

Albert Einstein and the Marangoni family

Christian Bracco – SYRTE, Observatoire de Paris, Université PSL, CNRS, Sorbonne Université, LNE, 61 avenue de l’Observatoire 75014 Paris –
Christian.Bra cco@obspm.fr

Abstract: The sixteen years old Albert Einstein made friend with Ernestina Marangoni in the summer of 1895 in Pavia. We discuss in this article the unacknowledged link between Albert Einstein and the physicist and professor Carlo Marangoni, Ernestina’s uncle, a specialist of capillarity effects.

Keywords: Einstein, Marangoni, Capillarity, Brownian motion.

1. Ernestina’s family

Ernestina Marangoni (1876-1972) is friend with Albert Einstein and his younger sister Maja. The relation between Ernestina and Maja lasts all their life long and develops in Italy, where Maja and her husband Paul Winteler live from 1922 to 1938 (in Colonnata near Florence). The meeting between Ernestina and Albert took place in the summer of 1895 (Fregonese 2005, p. 13; Bracco 2018) or 1896 (Bernini 1994) on the banks of the Ticino river. The Pavia University Museum holds three letters from Albert to Ernestina, dated 16th August 1946, 7th October 1947 and 1st October 1952. They are reproduced in Fregonese (2005). These letters testify of their friendship and of the pleasant memories that Albert Einstein kept of his stays in Pavia, where his father and his uncle were managing the electrotechnical factory “Einstein, Garrone & C.” until 1896 (Sanesi 1982, Biscossa 2005), and in Casteggio with the Marangoni family, where he was spending some holidays. In 1946, he remembered “I mesi felici del mio soggiorno in Italia sono le più belle ricordanze”; and in 1952 “Che bel ricordo è Casteggio”.

Ernestina is born in Casteggio, a little town Southeast and in the vicinity of Pavia, on 29th November 1879. Her father is Giovanni Battista Giulio Luigi Marangoni, born in Pavia on 28th May 1843 (Pavia, bas. San Michele Maggiore, Bapt. Reg.); he died in Casteggio on 16th October 1918 (Casteggio, Mun. reg.). Child, he is already known by the surname Giulio, as established in the inhabitant’s register of the basilica San Michele Maggiore in Pavia where he had been christened (Pavia, Stato d’anime). Following Bernini (1994), Giulio was an expert in silkworms. Albert considered him in great respect and he compared him to a “Leonardo da Vinci” in his letters to Ernestina. Giulio married Rachel Venco, the daughter of a family of pharmacists in Casteggio, on 11th June 1872.

After her studies at the technical institute “Bordoni”, Ernestina graduated as a doctor in chemistry at the Pavia University in 1902. She married Edmondo Pelizza in 1903.

Musical afternoons gathered the two friends, Albert playing the violin when Ernestina was playing the pianoforte in Casteggio or in the music saloon of the villa in Pavia (Fregonese 2005, p. 10).¹ When the young Einstein visits the Marangoni family, from 1895 to 1900, he stays in a little house adjoining their splendid villa in Casteggio, built on the “Pistornile” at the beginning of the 19th century in the style of a Venetian palace. He remains there during the traditional celebration of the grape harvest, in September. The link between Albert Einstein and the Marangoni family not only gives evidence of the social and intellectual life of the Einstein family in Pavia, but it unveils a link unacknowledged by now: the link between Albert Einstein and the physicist Carlo Marangoni, Ernestina’s uncle (Bracco 2015, 2018).

2. Carlo Marangoni, physicist and professor

Luigi Carlo Giuseppe Marangoni (1840-1925), Giulio’s eldest brother, was born in Pavia on 29th April 1840. In his childhood, he used to live in Pavia at 853 via San Michele, with Giulio, their two eldest sisters Amalia and Luigia and their parents Matteo Marangoni, an accountant, and Ernesta Robecchi.

Carlo completes his third year of study in pure Mathematics at the Pavia University whose rector was Giovanni Cantoni, one of the major physicists of the time in Italy. He obtains his diploma on 18th December 1863. In his dissertation, entitled *Sull’ascesa della linfa nelle piante*, Marangoni confronted the theories of Jamin and Dutochet on the ascent of sap in relation with endosmose phenomena (Pavia, Archivio Università).

Then, he works in thesis with Cantoni, his supervisor, on *Sull’espansione delle gocce d’un liquido galleggiante sulla superficie di altro liquido*. He obtains his doctorate in 1865. His manuscript begins with the famous French proverb: “Ne cherchez pas midi à quatorze heures”. By the careful observation of a droplet of essential oil spreading on the surface of water, he refutes prior explanations calling for effects analogous to gravitation, gas expansion, electric action or even unknown forces. He establishes that the phenomenon is only related to surface tension (already known to account for capillarity phenomena), namely the difference in surface tension of the liquids in presence. He details the many experiences he has led on the great basin of the Tuileries in Paris to support this view.

Carlo becomes in 1865 Cantoni’s assistant and publishes Cantoni’s 1865-66 lectures (Marangoni 1866). Then he becomes Carlo Matteucci’s assistant, the famous professor at the Museum of physics in Florence, which is one of the three components, together with medicine and philology, of the technical Institute of the town. In 1870 he becomes a professor of physics at the liceo “Dante” until he retires in 1916. During his period of activity, he leads his researches at the technical Institute and publishes about eighty papers in

¹ Einstein’s family lived in a villa at 11 via Ugo Foscolo, the *Cornazzani* palace, where the famous poet Ugo Foscolo used to live in 1808. Luigi Doglia bought the villa in 1873. His sons Roberto and Goffredo inherited it in 1878 (Pavia, Archivio di Stato).

physics as well as several books. A detail account of his researches can be found in (Borghi 2008).

Following a private communication with Fabrizio Bernini (1949-2017), Carlo met his brother Giulio once a year in Casteggio, during the grape harvest:

Ernestina un giorno si soffermò sullo zio Carlo Marangoni, narrandomi una vicenda che direttamente lo interessava [...].

L'ingegner Carlo Marangoni, dalla Toscana, veniva a soggiornare in Casteggio presso il fratello una volta all'anno in tempo di vendemmia, rito atavico a festoso per l'Oltrepò che affascinava Einstein. Puntualmente dunque, ogni anno, anche tra il 1896 ed il 1900 circa, stringendo amicizia con il giovane futuro scienziato.

Mentre Einstein dormiva in villa, Carlo Marangoni, essendo la stessa troppo affollata in quel periodo, pernottava con la moglie ed il figlio presso il cascinale "Fontanone", posto tra i vigneti, quasi sperduto. Era una proprietà dell'ingegner Pasquale Pelizza, il futuro suocero di Ernestina (Extract of Bernini's letter, 17th March 2016).

During familial meetings, Carlo must have found much interest in discussing with the young Albert Einstein, who wanted to enter the federal polytechnic school in Zurich (ETHZ) to study physics - and who studied there until 1900. For his part, Carlo being a teacher, he was naturally inclined to pass on his knowledge: he had already written a textbook on experimental physics intended for teachers (Marangoni 1879), which was one of his well-known books (An. 1925). Let us examine a few possible consequences of these meetings on Einstein's early centres of interest.

3. From capillarity to Brownian motion

3.1. Capillarity effects

The name of Carlo Marangoni has remained attached in physics to the Gibbs-Marangoni effect, in line with his thesis results. This effect describes a flow of matter appearing when two liquids of different surface tension enter in contact. "Tears of wine" are a consequence of it: in the region of the meniscus, near the wall of the glass, wine rises by capillarity. In that region, alcohol evaporates easily leading to a gradient in surface tension. The liquid moves then towards regions of greater surface tension (surface tension of alcohol being less than water) before falling under gravity. It's tempting to imagine Carlo explaining tears of wine to the young Albert during grape harvest in Casteggio!

Such discussions may have also driven Albert's attention to Sir William Thomson (Lord Kelvin) *Popular conferences and addresses*, a collection of three books that can be found in their original printed edition in Einstein's personal library. The first volume is published in 1889 and is entitled *Constitution of Matter* (Thomson 1889). It begins with a 73 pages chapter dedicated to capillary forces. Thomson writes that his own brother James was the first to give an explanation of tears of wine in 1855. He even reproduces in an *Appendix* James' communication to the "British Association" at the Glasgow meeting entitled *On certain curious motions observable on the surfaces of wine and other alcohol-*

ic liquors. Carlo may well have given to the young Albert his own point of view concerning this priority dispute raised by Thomson.

Let us note that Carlo Marangoni also dealt with capillarity phenomena in his pedagogical book of 1879 already mentioned. He gives a table of molecular distances deduced from capillarity effects by many authors and attributes the best value of $1/250000$ mm to the French physicist Jules Violle. The latter was known to Einstein, who had read his textbook on general physics in 1895, a book bought in the library Hoepli in Milan. Let us emphasize that molecular dimensions have been a major subject of reflexion for Einstein: he first began by discarding their role in his study of molecular forces until 1902, before explaining how to measure them in his thesis in 1905.

Let us finally note that in his 1907 article on capillarity in the Sommerfeld's *Encyclopaedia*, Minkowski mentions Carlo Marangoni at three times, referring to him as a specialist of the subject (Minkowski 1907). Minkowski also gave a lecture on capillary forces at the ETHZ, to which Einstein attended with a great pleasure, following the memories of his classmate Louis Kollros. Maybe these lectures allowed Einstein understanding better what Marangoni already explained to him in a less formal way?

In December 1900, Albert submits to the *Annalen der Physik* his first paper, published in March 1901, entitled *Conclusions drawn from the phenomena of capillarity* (Einstein 1901). Aged 21, the young man had begun without any appointment, at the end of 1900, a thesis on molecular forces. Einstein makes in his article an original (although wrong) assumption: any chemical element could be characterized by a specific constant c_α , which plays with respect to molecular forces a role analogous to mass for gravitation. By combining two energetic methods, one issued from mechanics (Lagrange, Gauss) and the other issued from thermodynamics (Thomson, Gibbs), he obtains the c_α for the elements H, C, O, Cl, Br, I, by using data of about 40 organic molecules and by using the least mean square method (Bracco 2018 and references therein). He extends the subject of his thesis to molecular forces in gases in April 1901 (discarding the role of molecular dimensions), then he submits his dissertation to his supervisor Alfred Kleiner in November or early December 1901 and he finally abandons it in the beginning of 1902 (Bracco, Provost 2018a, 2018b).

3.2. Brownian motion

In 1913, Icilio Guareschi devotes an article on the history of the Brownian motion in the first issue of the journal *Isis*. He writes:

Un lavoro più importante sul movimento browniano si deve a Giovanni Cantoni; egli trovò la vera causa di questo movimento che sono precisamente quelle, o molto analoghe a quelle, emesse più recente. Il professore Giovanni Cantoni, il quale per molti anni fu professore di fisica sperimentale nella Università di Pavia, già sino dal 1867 aveva chiaramente ammesso che il movimento browniano dipende dal movimento delle molecole del liquido in cui si trova sospesa la sostanza (Guareschi 1913).

Cantoni had published in 1867 his article on Brownian motion in *Il Nuovo Cimento*. He concluded his study by:

Ora tutti gli esposti particolari concorrono alla deduzione, che la condizione fisica del moto browniano stia nella diversa velocità che hanno le molecole dei corpi differenti sotto una stessa temperatura. E di tal modo il moto browniano, così dichiarato, ci fornisce una delle più belle e dirette dimostrazioni sperimentali dei fondamentali principii della teoria meccanica del calore, manifestando quell'assiduo stato vibratorio che esser deve e nei liquidi e nei solidi ancor quando non si muta in essi la temperatura (Cantoni 1867, p. 167).

Note that the journal *Il nuovo Cimento* founded in Pisa, was at that time directed by the professors Matteucci and Piria, but also “e continuato dai professori di scienze fisiche e naturali di Pisa e del Museo di Firenze” as stamped on the front page of the volume. Among them, there must have been Carlo Marangoni, since he was Matteucci's assistant at the Florence Museum. Marangoni would not have missed Cantoni's paper on Brownian motion, a topic that in addition he probably discussed with him a few months before when he was his assistant. Therefore, Albert Einstein could well have been acquainted before 1900 with the kinetic explanation of the Brownian motion through discussions with Marangoni. In May 1905, after having completed his thesis, the explanation came to him suddenly as Einstein later remembered (Shankland 1952, p. 56).² Perhaps previous discussions were also resurfacing?

To conclude, let us remember that Ernestina Marangoni also said that Einstein had given her in 1896 an article entitled *On electricity and the electric current* that he asked her to return “because it was wrong” (Fregonese 2005, p. 17; Bevilacqua, Bordoni 2005, p. 279). Did he care about critics from Carlo?

References

- An. (1925). “Marangoni Obituary”. *Il Nuovo Cimento*, 2 (1).
- Bernini F. (1994). “*Que bel ricordo Casteggio ...*” *Albert e Maja Einstein ed il salotto letterario di Ernestina Pelizza Marangoni*. Casteggio: Modulo Tre di D. Dabusti & C.
- Bevilacqua F., Bordoni S. (2005). *L'articolo del Giovane Einstein scritto nel 1895*, in Bevilacqua F., Renn J., *Albert Einstein, Ingegnere dell'universo*. Milan: Skira, pp. 276-279.
- Biscossa S. (2005). *Gli Einstein imprenditori a Pavia (1894-1896)*. Mortara: Rotary Club di Vigevano.
- Borghi E. (2008). “L'attività scientifica e didattica di Carlo Marangoni nel R. Liceo Dante di Firenze”. *Atti della “Fondazione Giorgio Ronchi”*, 3, Firenze, pp. 287-332.
- Bracco C. (2015). “Un aperçu des liens d'Albert Einstein et de Michele Besso avec les universités et les écoles d'ingénieur italiennes”. *Annali per la storia delle università italiane*, 19 (2), pp. 129-152.

² Cantoni relied on the Dulong-Petit and Graham laws relatives to specific heat, which allowed him deducing that the kinetic molecular energy $mv^2/2$ only depends on temperature; then he applied this result to Brownian particles. In 1905, Einstein computes the mean free path of these particles as a function of their dimension, using results of his thesis concerning their diffusion coefficient (discussions with J.-P. Provost).

- Bracco C. (2018). *Quando Albert diventò Einstein. Gli anni italiani 1894-1902* (Prefazione e traduzione di Paolo Rossi). Pisa: Pisa University Press (Edizione originale 2017, *Quand Albert devient Einstein*. Paris: CNRS Editions).
- Bracco C., Provost J.-P. (2018). “Les années italiennes du jeune Einstein – la thèse oubliée sur les forces moléculaires”. *Reflets physique*, 56, pp. 31-34. URL: <<https://doi.org/10.1051/refdp/201856031>> [access date 12/3/2018].
- Bracco C., Provost J.-P. (2018). *Perspective on Einstein’s scientific works in Milan*, in Bianchi M., Jantzen R. T., Ruffini R. (eds.), *Proceedings of the 14th Marcel Grossmann meeting* (Rome, December 2017). Singapur: World Scientific, pp. 3337-3341. URL: <https://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/97898132266_09_04_27> [access date 14/2/2019].
- Cantoni G. (1867). “Su alcune condizioni fisiche dell’affinità, e sul moto browniano”. *Nuovo Cimento*, 27 (1), pp. 156-167; and (1868). *Rendiconti Regio Istituto Lombardo*, 2 (1), pp. 56-67.
- Einstein A. (1901). “Folgerungen aus den Capillaritätserscheinungen,„. *Annalen der Physik*, 3, pp. 513-523, in Stachel J. (ed.), *Collected Papers of Albert Einstein, vol. 2, The Swiss years: Writings, 1900-1909*. Princeton: Princeton University Press.
- Fregonese L. (2005). *Gioventù felice in terra pavese. Le lettere di Albert Einstein al Museo per la Storia dell’Università di Pavia*. Milano: Cisalpino-Istituto editoriale universitario.
- Guareschi I. (1913). “Nota sulla storia del movimento browniano”. *Isis*, 1, pp. 47-52.
- Marangoni C. (1866). *Sunto delle lezioni di fisica tenute nell’anno 1865-66 dal prof. G. Cantoni nella R. Università di Pavia*. Pavia: Grossi e comp.
- Marangoni C. (1879). *Saggio di nuove esperienze ed osservazioni a complemento dei manuali di Fisica*. Firenze: Tipografia dell’arte e della stampa.
- Minkowski H. (1907). *Kapillarität*, in Sommerfeld A. (ed.), *Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihre Anwendungen*, 5 (1), *Physik*. Leipzig: Teubner, pp. 558-613.
- Sanesi E. (1982). “L’impresa industriale di Hermann e Jacob Einstein a Pavia (1894-1896)”. *Bollettino della Società pavese di storia patria*, 34, pp. 198-210.
- Shankland R. (1963). “Conversations with Albert Einstein”. *American Journal of Physics*, 31, pp. 47-57.
- Thomson W. (1889). *Popular lectures and addresses*. London: Macmillan & Co.
- Violle J. (1892). *Lehrbuch der Physik*. Berlin: Springer.

Archival sources

Pavia:

Archivio dell’Università, folder *Carlo Marangoni*.

Basilica San Michele Maggiore,

- Baptismal register
- Stato d’anime.

Casteggio, Municipal register.

L'ora esatta: la prima applicazione scientifica delle comunicazioni radio

Mario Calamia – Università degli Studi di Firenze – mario.calamia@unifi.it

Monica Gherardelli – Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Firenze – monica.gherardelli@unifi.it

Abstract: Marconi's first experiment of signal transmission by means of Hertzian waves was carried out in 1895. In the following years, wireless telegraphy progressed steadily, and worldwide efforts were made to exploit the potential offered by new technologies. In those years Guido Alfani, a young Florentine Piarist teacher of promise in Seismology, came to the Ximeniano Observatory in Florence where he found the ideal environment for his experiments and his insights. He understood the importance of having the exact time in Seismology, to temporally characterize the telluric movements and therefore study them with more accuracy. In 1910 when the Paris radio station located at the *Tour Eiffel* began regular broadcasts of exact time, he laid down the issue of its reception. As far as pendulums and chronometers were concerned, no doubt his expertise as seismologist meant a lot, while problems arose when it came to the radio station, due to the novelty of such situation. For this reason, he arranged contacts and managed to set the first Italian radio station to be used in a weather station. Thus, on the night of March 16-17, 1912, he received for the first time the time signal for a particular scientific application. He wrote to Marconi and in 1912 Marconi expressed words of great appreciation and encouragement for such work. Father Guido Alfani's radio station is certainly the first one applied in Seismology and among the first radios made in Italy. It is an extremely important application which demonstrated that the new technique could provide solutions in different situations.

Keywords: Exact time, Radiocommunications, Osservatorio Ximeniano.

1. Introduzione

La seconda metà dell'Ottocento è stato un periodo di grande fervore scientifico. Importanti pagine di scoperte o comunque di importanti attività scientifiche sono state scritte e spesso ci si chiede come tutto questo si sia concentrato in quegli anni con risultati assolutamente sorprendenti.

Per restare al tema del nostro contributo, diremo che, nella seconda metà del diciannovesimo secolo, la sismologia diventò una scienza per merito di alcuni illustri scienziati fra i quali ricordiamo padre Giuseppe Mercalli (la scala Mercalli per la classifica-

zione dei terremoti è degli anni Ottanta dell'800) e in tutto il mondo si moltiplicarono i contatti per confrontare risultati ed esperienze.

Già dalla metà del '700 era operativo a Firenze l'Osservatorio ximeniano, un'istituzione scientifica fondata dal gesuita Padre Leonardo Ximenes e passata poi agli Scolopi. Nel 1872 diventò Direttore dell'Osservatorio ximeniano Padre Filippo Cecchi, valente meteorologo, che ha lasciato contributi importanti nel campo della meteorologia. Non rimase insensibile allo sviluppo della sismologia e i suoi contributi in questo campo sono stati di un valore incredibile. Ideò il primo "sismografo a tre componenti" e tanti altri strumenti, ancora oggi in esposizione nella sala a lui dedicata nell'Osservatorio ximeniano.

Siamo ormai agli ultimi anni dell'Ottocento, quando all'Osservatorio Ximeniano di Firenze giunse un giovane docente fiorentino di matematica e fisica, Padre Guido Alfani, scoliopio anche lui, che si impose subito per le sue capacità e diventò direttore dell'Osservatorio nel 1905 (Barsanti 1992). Nella scia di Padre Filippo Cecchi, si impose nel campo della sismologia, progettando nuovi strumenti sismografici, migliorando quelli esistenti e approfondendo lo studio degli strumenti elettrodinamici. I suoi contributi nel campo della sismologia sono stati fondamentali.

2. Padre Guido Alfani e il servizio dell'ora

Esponendo le esperienze di Padre Guido Alfani, si vuole rendere testimonianza a tanti Uomini di scienza che hanno capito l'interdipendenza dei settori scientifici.

Altri hanno illustrato con competenza l'attività di Padre Alfani nel campo della sismologia, nella quale ha dato contributi fondamentali che non sta a noi ricordare. Ciò che vogliamo qui illustrare è il lavoro di Padre Guido Alfani, matematico con interessi molto forti in campo sismologico, in un settore diverso ma che intuì potesse servire fortemente alla sismologia.

Intuì che il problema fondamentale per lo studio dei terremoti era quello di conoscere l'ora esatta in cui i vari fenomeni si manifestavano o venivano rilevati nei diversi siti. Quindi indirizzò i suoi studi a "determinare e conservare" l'ora mediante l'aiuto di cannocchiali per misurare la "culminazione" nel passaggio delle stelle e di pendoli per conservare la misura del tempo. Rileggiamo le sue parole:

Nelle stazioni sismologiche moderne la precisione dell'ora costituisce uno degli elementi più importanti, se non addirittura il più importante fra tutti, e non saranno perciò mai troppe le precauzioni per ottenerla e conservarla inalterata ed esatta. Poiché questo Osservatorio, come è noto, da molti anni si occupa in prevalenza di sismologia, ho avuto somma cura affinché la precisione dell'ora fosse inappuntabile ed ho, per questo scopo, disposto un impianto specialissimo che ne garantisce i risultati (Alfani 1928, p. 3).

Fino al 1912, (anno nel quale feci il primissimo impianto di una Stazione R.T. ricevente oraria), la determinazione dell'ora venne sempre e regolarmente eseguita quasi

ogni sera, ma almeno ogni due giorni mediante le culminazioni di stelle al cannocchiale meridiano (Alfani 1928, p. 4).

L’“impianto specialissimo” è proprio la prima Stazione radio da lui realizzata allo scopo in Italia.

Quando nel 1910 il *Bureau Central* di Parigi, l’Osservatorio francese situato nei pressi della Tour Eiffel, cominciò a trasmettere l’ora esatta, si rese conto che ciò poteva servire in maniera eccellente a integrare il metodo della culminazione delle stelle. Occorreva un ricevitore opportuno e, allora, completò la sua formazione, scrisse, si informò e mise a punto una stazione radiotelegrafica, con la quale nella notte fra il 16 e il 17 marzo ricevette per la prima volta l’ora esatta da Parigi.

In quel momento la sismologia ha compiuto un passo in avanti decisivo. Non dipendere più dalle osservazioni delle stelle ad un’ora determinata, ma dal segnale orario che con regolarità veniva trasmesso da Parigi, era un risultato assolutamente eccezionale. Padre Guido Alfani fu il primo a realizzare questa ricezione e lo indicò nella nota che scrisse in proposito, dedicata a Guglielmo Marconi: «A Guglielmo Marconi voglio dedicate queste pagine sulla prima stazione radiotelegrafica in un osservatorio italiano» (Alfani 1912, p. 2).

Naturalmente la prima stazione radio è il punto di partenza per Padre Alfani e per tanti altri sismologi che vollero seguire il suo esempio; la successione degli eventi di quegli anni è ricostruibile da quanto riportato nella nota citata dedicata a Guglielmo Marconi.

Componenti fondamentali della sua stazione radiotelegrafica sono il ricevitore vero e proprio e l’aereo (l’antenna). Per il ricevitore ricorre alla competenza e disponibilità della Società Ducretet & Roger, utilizzando “diodi elettrolitici” perché “molto più costanti dei cristalli”. Ci sono degli inconvenienti che segnala alla detta Società e arriva ad ottenere componenti affidabili. Continua però a lavorare per il miglioramento del sistema ricevente e nel ricevitore del 1923 adotta il *coherer* per passare poi all’utilizzo delle valvole termoioniche allorché la loro messa a punto è diventata assolutamente affidabile.

Tuttavia, è l’antenna che lo impegna in maniera particolare, perché si rende conto che la forma dell’antenna e la sua collocazione determinano in maniera significativa la qualità del segnale ricevuto, senza il quale c’è poco da rivelare.

Nella descrizione del tipo di “aerei” che ha realizzato all’Osservatorio ximeniano (Fig. 1 e Fig. 2) così dice:

Uno di essi, veramente magnifico, bifilare, ha il suo appoggio sulla Cupola del Duomo di Firenze ed è formato da due fili di bronzo fosforoso. La sua lunghezza è di circa 300 metri, e la sua massima altezza 110. Sull’Osservatorio è collocato un palo di ferro di 15 metri, all’estremo superiore del quale vi sono le pulegge che servono per alzare o abbassare, mediante cavi di acciaio, le campate dell’aereo (Alfani 1928, p. 11).

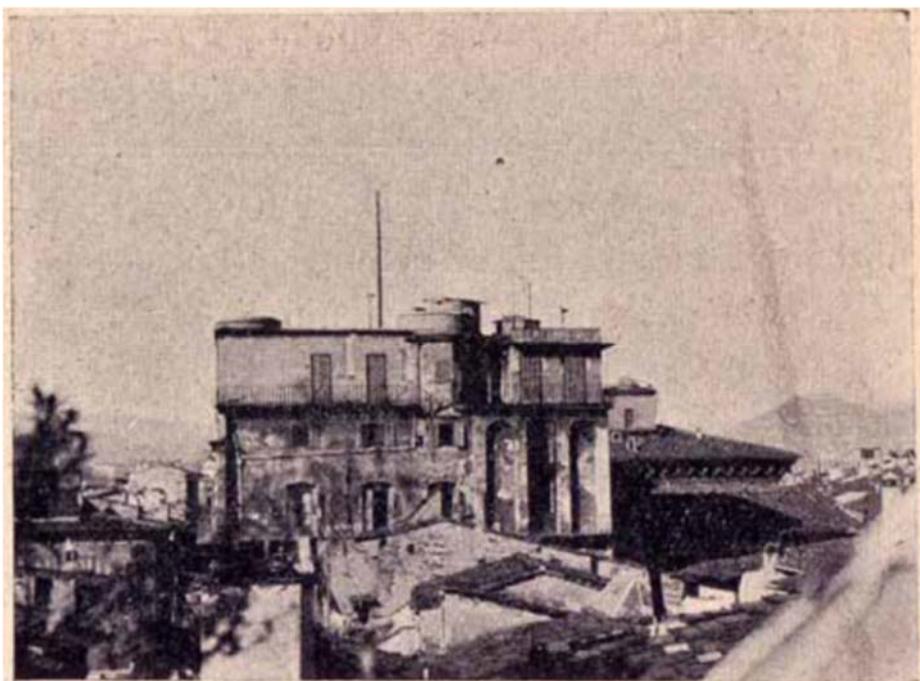


Fig. 1. L'Osservatorio ximeniano visto da Sud con l'antenna della stazione radiotelegrafica (Alfani 1912, p. 13).

Ma non tutto è così semplice come potrebbe apparire. Infatti, in previsione dell'entrata in guerra (1915-1918), viene imposta dal Governo la sospensione delle trasmissioni radio e quindi la rimozione delle antenne poste sul tetto dell'Osservatorio. Interessantissimo lo scambio di lettere, anche pesanti, di Padre Alfani con le Autorità di Governo per difendere la sua attività, certamente non spionistica, ma di ausilio ai suoi studi di sismologo. Ma qui viene fuori la grandezza dell'Uomo di scienza; non può essere una ingiustificata e incomprensibile imposizione a fermare il progresso della scienza. E allora costruisce e adotta l'antenna a telaio per il suo sistema ricevente; la capacità ricevente di tali antenne, una volta superati i problemi della loro messa a punto anche per l'interfaccia col ricevitore, è tale da consentirgli di continuare il suo lavoro.

Nella Figura 3 sono visibili le antenne a telaio, due a sezione rombica e una a sezione circolare.

Quanto scritto non è solo racconto recuperato dai libri, che pure ha il suo grande valore, ma è lavoro di ricostruzione e rimessa in funzione di pezzi ritrovati, che ha consentito negli ultimi dieci anni di recuperare un patrimonio inestimabile.

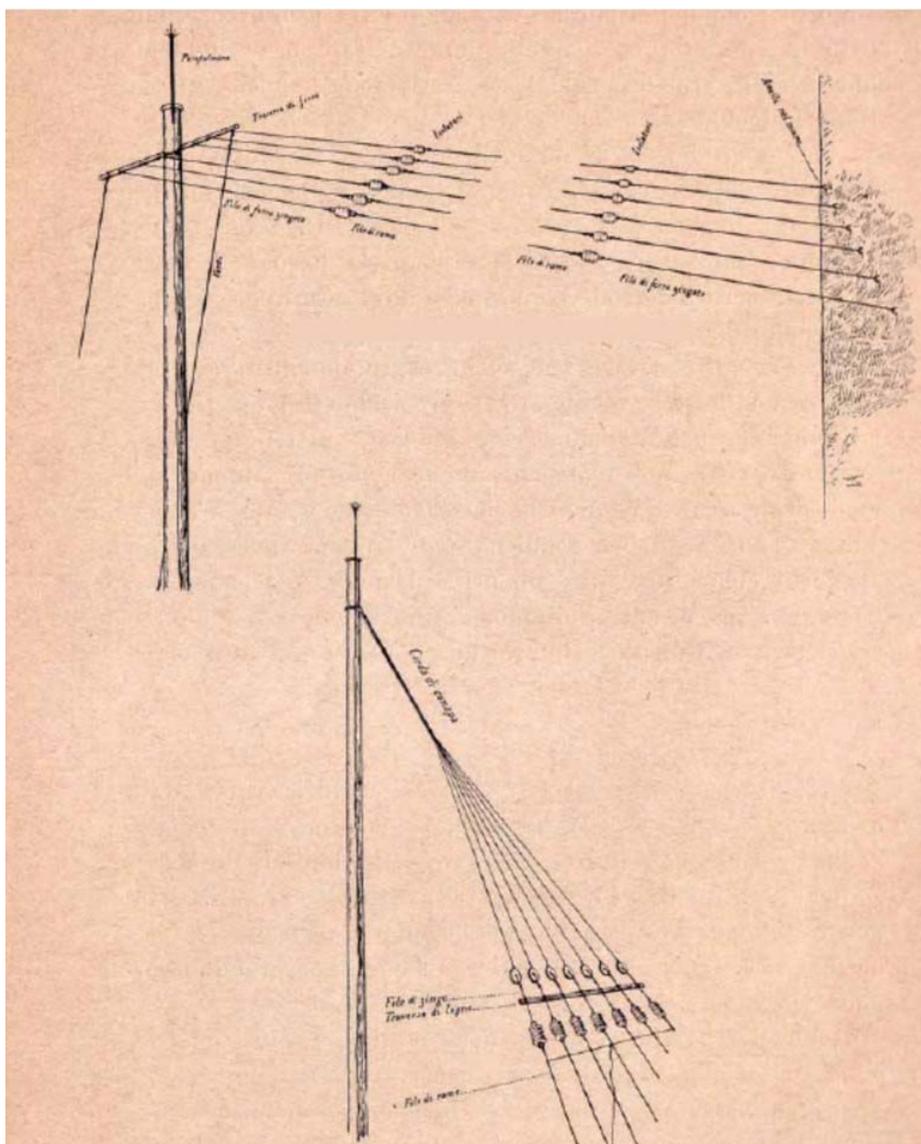


Fig. 2. Schemi del secondo (in alto) e del terzo impianto (in basso) dell'aereo (Alfani 1912, p. 23).



Fig. 3. La stazione radiotelegrafica di Padre Alfani presso l'Osservatorio ximeniano (Alfani 1928, p. 8).

Infatti, nei depositi dell'Osservatorio ximeniano giacevano vari componenti che potevano fare parte della Stazione Radio Telegrafica costruita da Padre Alfani di cui esiste la foto riportata nell'opuscolo *Il servizio dell'ora*, già citato. Uno degli autori di questa comunicazione, il professor Mario Calamia, fu sentito sull'ipotesi di un recupero almeno parziale; il lavoro apparve subito non semplice per la difficoltà di coinvolgere, per esempio, qualche studente. La soluzione fu trovata (siamo nel 2006/2007) nella disponibilità dell'ing. HC Giovanni Manneschi, Presidente della CEIA S.p.A di Arezzo, grande appassionato e profondo cultore di Radiotecnica. È cominciata, allora, una sistematica opera di recupero, restauro e messa in funzione di quel Laboratorio (Fig. 3). Nel giro di 6/7 anni il lavoro è stato completato; più del 95% del Laboratorio di Padre Guido Alfani è oggi esposto in una Sala della Fondazione Osservatorio ximeniano (Calamia, Manneschi 2011). Si tratta di 44 pezzi che vanno dalla stazione radiotelegrafica del 1912, mostrata in Fig. 4, ricostruita intorno al diodo elettrolitico originale della Ditta Ducretet & Roger, casualmente e fortunatamente ritrovato in un deposito dell'Osservatorio Ximeniano, e risintonizzata in modo da ricevere il programma nazionale di RAI 1 in modulazione di ampiezza, a vari apparati professionali fino al 1940, tutti perfettamente funzionanti. Di particolare interesse il radioricevitore del 1923 mostrato in Fig. 5, già citato all'inizio del capitolo per la presenza del *coherer*.



Fig. 4. Radioricevitore costruito nel 1912, il cui schema è nel libretto che Padre Alfani volle dedicare a Marconi, in occasione della sua visita nel 1912 (Calamia, Manneschi 2011, p. 27). Il diodo, la cuffia e il condensatore sono quelli originali.



Fig. 5. Radioricevitore costruito nel 1923 secondo lo schema del ricevitore di Marconi del 1895 (Calamia, Manneschi 2011, p. 29). Salvo la scatola delle batterie, gli altri pezzi, fra i quali il coherer (in basso a destra, vicino all'antenna), sono originali.

3. Conclusioni

Lo scopo della presentazione è certamente quello di fare conoscere eventi che possono apparire secondari, ma che hanno avuto un grande impatto scientifico e sociale. Ciò accade, in genere, in strutture nelle quali la Scienza ha guidato le loro attività.

L'Osservatorio ximeniano è stata una di queste, ma la sua fama è legata ai settori della Meteorologia e della Sismologia. Conserva anche una Sezione cartografica di grande rilievo, ed è noto anche per il lavoro di Padre Eugenio Barsanti nel campo del motore a scoppio, del quale è ormai riconosciuto l'inventore.

Ma poco o nulla si sapeva del lavoro in campo radiotecnico, di cui l'Osservatorio è stato protagonista nella prima metà del XX secolo. E ciò per merito di una persona, Padre Guido Alfani, che aveva acquistato fama per la sua attività svolta nei campi della meteorologia e della sismologia. Egli era convinto che il problema principale della sismologia fosse quello di correlare temporalmente i vari fenomeni tellurici rilevati in punti anche lontani, e ciò poteva succedere se tutti gli Osservatori avessero potuto disporre dell'ora esatta; alla notizia che da Parigi veniva emesso un segnale orario radio, intuì che questa possibilità esisteva. Non si è limitato ad acquistare un ricevitore (non era ancora possibile), ma ha acquisito quelle conoscenze in campo radio da consentirgli di definire i requisiti perché la ricezione fosse la più accurata possibile. Quanto scrive nelle sue brevi note, tutte regolarmente datate e pubblicate, indica chiaramente la sua professionalità. Guglielmo Marconi, invitato, corse a Firenze, all'Osservatorio ximeniano, incontrò Padre Alfani e ne restò ammirato. Oltre all'impiego nel campo delle comunicazioni, Padre Alfani aveva utilizzato la trasmissione radio a distanza in un settore scientifico di grande impatto anche sociale.

Per concludere, vorremmo osservare che non fu mai geloso dei suoi esperimenti e risultati; da grande uomo di scienza era convinto che la loro utilità sarebbe stata tanto maggiore quanto più Osservatori avessero adottato la soluzione proposta.

Le sue parole sono significative:

La prima recezione radiotelegrafica la potei ottenere la notte del 19 marzo 1912¹ coi segnali orari di Parigi. Poco dopo altri colleghi seguirono il mio esempio ed io stesso costrui e mi recai a impiantare i nuovi apparecchi. Fra i primi mi piace di ricordare l'Osservatorio di Montecassino dove feci l'impianto il giorno 26 luglio 1913 (Alfani 1928, nota p. 6).

Bibliografia

- Alfani G. (1912). *L'Osservatorio ximeniano e il suo materiale scientifico: La stazione radiotelegrafica. V*. Pubblicazioni dell'Osservatorio ximeniano dei PP. Scolopi, 115. Firenze: stabilimento tipografico S. Giuseppe.
- Alfani G. (1928). *L'Osservatorio ximeniano e il suo materiale scientifico: Il servizio dell'ora. IX*. Pubblicazioni dell'Osservatorio ximeniano dei PP. Scolopi, 136. Firenze: Barbera.
- Barsanti D. (1992). *Padre Guido Alfani (1876-1940)*. Firenze: Osservatorio Ximeniano dei PP. Scolopi.
- Calamia M., Manneschi G. (2011). "Il recupero degli apparati radio dell'Osservatorio Ximeniano: più che un restauro". *Kermes: la rivista del restauro*, 83, luglio-settembre, pp. 25-34.

¹ In effetti la prima ricezione è stata nella notte del 16 marzo 1912.

Il telescopio a tasselli di Guido Horn d'Arturo è stato realmente il progenitore dei moderni grandi telescopi *multi-mirror*?

Fabrizio Bònoli – Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Dipartimento di Fisica e Astronomia – fabrizio.bonoli@unibo.it; Valeria Picazzi – Liceo “M.G. Vida”, Cremona – valeriacpic14@gmail.com

Abstract: At the end of the Twenties the 5 m telescope on Mount Palomar was planning, with great difficulties involved in the optical workmanship of large surfaces made by single blocks of glass, regardless of the costs. Guido Horn d'Arturo – Director of the University Astronomical Observatory in Bologna from 1921 to 1954, with an interruption because of racial persecution due to his Jewish background – had the brilliant idea to build a telescope mirror made up of small mirrors (*tasselli*), instead of a large and heavy monolithic mirror. After a prototype of 1 m diameter, Horn assembled a 1.8 m compound telescope in 1952, inside the astronomical tower in Bologna. This telescope was made up of 61 hexagonal mirrors with converging focus in the same focal plane, using three screws under each mirror to adjust it: a pioneering “active optics”. In about five years Horn exposed more than 17.000 photographic plates, discovering new variable stars. In 1979, the *Multiple Mirror Telescope* in Arizona was the first of a series of large multi-mirror telescopes, till the *European Extremely Large Telescope*, planned for 2024 in Chile, with 798 hexagonal mirrors for a total aperture of 39.3 m, and the *James Webb Space Telescope*, with 18 mirrors for an aperture of 6.5 m, whose launch is scheduled for coming years. The Horn's tessellated telescope undoubtedly was the “forefather” of the new generation multi-mirror telescopes with active optics.

Keywords: History of Astronomy, Telescopes, Multi-mirror telescopes, Active optics, Guido Horn d'Arturo.

1. Guido Horn d'Arturo

Riteniamo necessario spendere alcune parole per presentare sommariamente la figura del protagonista di questo nostro intervento.¹

¹ Per notizie dettagliate sulla vita e le opere di Guido Horn d'Arturo (d'ora in avanti Hd'A), vedi Bònoli (2003) e Picazzi, Bònoli (2017), e le referenze all'interno. Manoscritti di Hd'A e parte del suo archivio personale, donato dagli eredi, sono conservati nell'Archivio storico del Dipartimento di Astronomia (d'ora in avanti AABo), presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Bologna.

Guido Horn nasce a Trieste il 13 febbraio 1879, in una famiglia ebrea. Il padre muore quando egli ha appena due anni e viene quindi educato dal nonno materno, Raffaele Sabato Melli, rabbino della città di Trieste.

Horn compie i suoi studi universitari in matematica, fisica e astronomia, prima a Graz, poi a Vienna, dove nel 1902 consegue il dottorato. Gli stimolanti ambienti culturali mitteleuropei, triestino e viennese, lasceranno una forte impronta sulla sua personalità, rendendolo un intellettuale dai molteplici interessi, aperti al nuovo e alle altre discipline, non solo scientifiche, come dimostrano le sue amicizie con Italo Svevo, Umberto Saba, Arturo Castiglioni, Enrico Morpurgo e, in seguito, con Giorgio Morandi.

Nel 1903, dopo il servizio militare nell'esercito austriaco, Horn viene assunto presso l'I.R. Osservatorio Marittimo di Trieste, ma il suo sentirsi italiano lo spinge, nel 1907, a chiedere di essere chiamato presso l'Osservatorio Astrofisico di Catania come primo assistente. Nel 1910 si trasferisce all'Osservatorio di Torino, passando l'anno successivo all'Osservatorio Astronomico della R. Università di Bologna, diretto da Michele Rajna, allievo di G. V. Schiaparelli, dove, nel 1913, consegue la libera docenza in Astronomia.

Con l'entrata in guerra dell'Italia, nel 1915, decide di arruolarsi come volontario nel Regio Esercito. Avendo già servito nell'esercito austriaco, per sfuggire alle rappresaglie in quanto "disertore", Horn sostituisce il suo cognome con quello di "d'Arturo", dal nome del padre: nel 1921, otterrà ufficialmente la possibilità d'aggiungere al proprio cognome "Horn" quello di "d'Arturo", divenendo così, ufficialmente, Guido Horn d'Arturo (AABo, Serie storica, busta 52, 1.27, 9/07/1921).

Al termine della guerra riprende servizio a Bologna, ma nel 1920 viene chiamato al R. Osservatorio Astronomico del Collegio Romano. Tuttavia, per la morte di Rajna, nel 1921 è richiamato a Bologna, dove ottiene la direzione dell'Osservatorio Universitario e l'insegnamento di Astronomia, occupandosi completamente della rinascita scientifica dell'istituzione astronomica bolognese, che dirigerà fino al dicembre 1938, allorquando sarà allontanato per le leggi razziali; nel 1945 riottiene la direzione e la cattedra.

Fra le altre numerose attività, Hd'A inizia la serie delle *Pubblicazioni dell'Osservatorio*, si occupa di astronomia di posizione e di astronomia statistica, di variabilità stellare e di distribuzione spaziale delle *nebulae*, di strumentazione e di ottica astronomica e fisiologia della visione, discipline queste ultime nelle quali, come vedremo, era particolarmente esperto. Organizza e dirige due spedizioni per le osservazioni di eclissi solari: nel 1926 in Oltregiuba e nel 1936 in Grecia.

Nel 1936, riuscirà a portare le osservazioni astronomiche lontane dal centro della città, realizzando, grazie alla donazione della vedova del matematico Adolfo Merlani, la Stazione osservativa di Loiano (a 40 km da Bologna), dotata di un eccellente telescopio riflettore delle officine Zeiss da 60 cm, il secondo in Italia all'epoca.

I già ricordati, vasti interessi culturali di Hd'A lo porteranno a dedicarsi con impegno all'aggiornamento della biblioteca e al suo arricchimento con un gran numero di testi storici nonché al primo riordino dell'archivio che raccoglie oltre 100.000 documenti con osservazioni, lettere e altro a partire dalla metà del Seicento.

Numerosi furono anche i suoi interventi nel campo della storia dell'astronomia, con, tra l'altro, la traduzione dal latino del *Poeticon Astronomicum* di Igino, la redazio-

ne della *Piccola Enciclopedia Astronomica e Vita e opere degli astronomi: dai primitivi al sec. XIX* e di numerose voci storiche sull'*Enciclopedia italiana*, compresa la voce “Copernico” e quella “Astrologia”. Quest’ultima, tuttavia, comparve come “anonima” (e lo è tuttora anche *online*) per sua espressa volontà, a seguito di un dissidio con lo stesso direttore dell'*Enciclopedia*, Giovanni Gentile, per alcune aggiunte, imposte dalla redazione, che tendevano a snaturare la netta condanna dell’astrologia, da parte di Hd’A, come disciplina assolutamente non scientifica, pur se storicamente importante (Bònoli 2015).

Nel 1931 fonda la rivista *Coelum* per la divulgazione dell’astronomia – un’alta divulgazione per sua stessa scelta – che ebbe grande diffusione anche all’estero e che cesserà le pubblicazioni nel 1986.

La morte lo raggiunge a Bologna il 1° aprile 1967.

2. Nasce il progetto del telescopio a tasselli

Nel 1928, la Rockefeller Foundation stanziava sei milioni di dollari per iniziare la costruzione del grande telescopio sul Monte Palomar in California, con uno specchio da 200 pollici (5 m). Il telescopio verrà completato solo nel 1949, avendo incontrato nella sua realizzazione enormi difficoltà, principalmente tecniche. Difficoltà che, da subito, Hd’A prevede consistano, essenzialmente, nella fusione del vetro (che infatti dovrà essere fatta due volte), nell’accurata levigazione della superficie parabolica a una frazione della lunghezza d’onda del visibile, nella complessità della movimentazione delle parti meccaniche per il peso dello strumento e, soprattutto, per gli enormi costi (Hd’A 1932a). Costi che certamente nell’Italia dell’epoca, sprofondata nella Grande depressione, erano del tutto impensabili.

Nasce così in Hd’A l’idea geniale: invece di costruire un grande specchio come superficie riflettente di un telescopio, perché non costruirne tanti piccoli? Costano di meno ed è più semplice realizzarli, metterli insieme come in un mosaico, posizionarli opportunamente e farli funzionare come se fosse uno specchio unico (Hd’A 1932b).

Ha così inizio, nel 1932, il progetto dello specchio a tasselli: 80 piccoli specchi trapezoidali, ca. 10x10 cm, con sezione di curvatura sferica, per un metro di diametro complessivo, posti in montatura azimutale fissa (Fig. 1). Sotto ad ogni tassello sono collocate tre viti per movimentarli e allinearli. Il progetto è accompagnato da un dettagliato e complesso studio di ottica sulla generazione delle immagini da parte di specchi composti, volto, tra l’altro, a dimostrare

Che la forma e le dimensioni delle immagini ottenute teoricamente con lo specchio a tasselli sono praticamente identiche a quelle generate da un paraboloide rotondo, quando il suo parametro sia uguale al raggio di curvatura dei tasselli sferici (Hd’A 1936, p. 49).

La possibilità di regolare i tasselli con le viti sottostanti per concentrare il fuoco di ognuno di essi nello stesso piano focale e ottenere così un’immagine composita, formata dalle immagini dei singoli specchi, è ciò che oggi si chiama *active optics*. Il sistema consente anche di modificare l’altezza dei singoli anelli di tasselli e in questo modo,

sollevando opportunamente gli anelli esterni, si elimina l'aberrazione sferica complessiva (Fig. 1); è anche possibile correggere, ma solo parzialmente, le aberrazioni di astigmatismo e di coma.

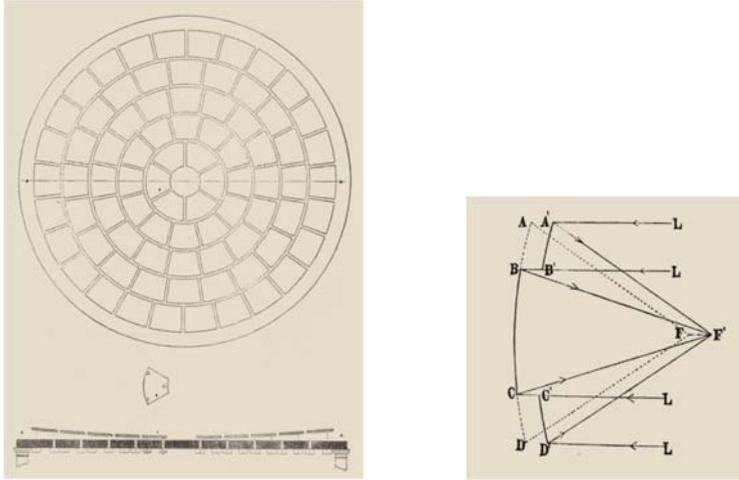


Fig. 1. A sinistra, schema del prototipo dello specchio a tasselli dalla domanda di brevetto del 1932; nella sezione in basso si vede la posizione dei tasselli con le viti di regolazione sottostanti al piano di marmo (AABo, Fondo Hd'A, *Specchio a tasselli*, Fh5.1.3, 21/06/1932). A destra, il disegno mostra il percorso dei raggi luminosi senza la correzione dell'aberrazione sferica (linee tratteggiate) e con la correzione dovuta all'innalzamento dei gironi esterni di tasselli, indicato dalle lettere con apice. CB rappresenta il tassello centrale, AB e CD i tasselli del primo girone, elevati in A'B' e C'D' per eliminare l'aberrazione (Hd'A 1935).

Per posizionare lo specchio, venne identificata la grande sala superiore della settecentesca torre della Specola che aveva un'altezza di 10,4 m, confrontabile con la lunghezza focale del sistema ottico, e che presentava già un'apertura utilizzata per osservazioni zenitali con gli antichi, lunghi telescopi aerei (Fig. 2).

I documenti raccolti nell'Archivio storico del Dipartimento di Astronomia permettono di seguire con grande dettaglio lo sviluppo e le problematiche realizzative del progetto, dalla sua nascita fino alle vere e proprie osservazioni astronomiche.

Il primo problema è procurarsi i tasselli opportunamente lavorati, con una sezione di curvatura sferica identica lungo i due assi dei trapezi e con le stesse lunghezze focali. Vengono contattati un ottico di Firenze, Angiolo Ciabilli, e l'ing. Angelo Salmoiraghi della Filotecnica di Milano, il quale però non si mostra interessato. Inoltre, approfittando di un viaggio a Jena, nel maggio del 1932, per discutere la realizzazione del telescopio per Loiano, Hd'A propone alla Zeiss la costruzione dei primi tasselli.

Le prime prove eseguite dalla ditta tedesca non forniscono risultati soddisfacenti, ma la testardaggine di Hd'A e, soprattutto, la sua grande preparazione in ottica convincono prima l'ing. Salmoiraghi e poi il direttore della sezione di strumenti astronomici

della Zeiss, Walter A. Villiger, a proseguire nella sperimentazione e nella realizzazione dei tasselli.

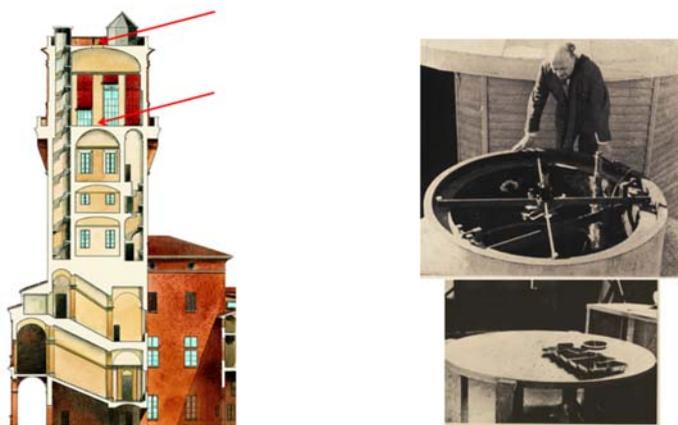


Fig. 2. A sinistra, sezione della torre della Specola di Bologna. La freccia inferiore indica la prevista posizione del prototipo dello specchio a tasselli; quella superiore il piano focale dello strumento. A destra: in basso, i primi dieci tasselli del '35 per il telescopio da 1 m, nella Sala della torretta della Specola; in alto: Hd'A sulla terrazza della Specola si affaccia all'apertura nel piano focale dello specchio a tasselli. Sulla crociera è montato il portalastre mobile e l'oculare per la guida durante l'esposizione; su una sbarra mobile, posta obliquamente all'apertura, si vede il collimatore che, opportunamente spostato, poteva controllare l'allineamento di ciascun tassello (Hd'A 1935).

Sempre nel 1932, Hd'A prende contatto con George Willis Ritchey, famoso astronomo americano costruttore di telescopi, per incontrarlo negli Stati Uniti alla IV Assemblea generale dell'International Astronomical Union che si deve tenere nel 1932 a Cambridge (MA) (AABo, Fondo Hd'A, Epistolario privato, Fh1, busta 7, lettera 188, 28/06/1932). In occasione di questo viaggio in USA, Hd'A si reca anche al Lick Observatory, dove, insieme al direttore Robert Aitken, esegue alcune prove con lo specchio del telescopio "Crossley" da 90 cm. «La mia idea ha trovato molto plauso in America» scrive entusiasticamente Hd'A al cavalier Carlo Gobessi, della Lehmann-Meccanoptica di Milano, rappresentante Zeiss in Italia, sperando addirittura di poter presentare «uno specchio di 5 metri di diametro (a tasselli) all'esposizione di Chicago dell'anno venturo!» (AABo, Fondo Hd'A, Epistolario privato, Fh1, busta 7, lettera 242, 09/10/1932).

Nel frattempo, Hd'A pensa di brevettare il suo progetto e nel giugno del 1932 invia una "domanda di privativa industriale" al Ministero delle Corporazioni a Roma: già dieci anni prima aveva ottenuto un brevetto per la sincronizzazione dei pendoli ad uso astronomico e due brevetti per accessori per macchine da scrivere. Riceverà una risposta solo un anno più tardi, nella quale gli si chiede di compilare la domanda su nuovi moduli, con modalità differenti e con disegni diversamente realizzati. Tempo pochi mesi e nel febbraio del 1934 Hd'A scrive al Ministero la sua volontà di ritirare la domanda. Non ci sono giustificazioni e dai documenti d'archivio non se ne sono comprese le

motivazioni. Sta di fatto che il mancato ottenimento del brevetto ha impedito che la geniale idea gli venisse pienamente riconosciuta nei decenni successivi.

In ogni modo, grazie ai primi 10 tasselli della Filotecnica, il progetto può andare avanti e il primo, parziale, specchio composito viene allestito e il 19 giugno 1935 si iniziano a fare delle prove in cielo sulla qualità delle ottiche e sulle complicate procedure di allineamento. Il tempo complessivo per mettere a posto lo strumento è addirittura di 3-4 ore, ma con soli 10 tasselli si raggiunge già la magnitudine 10,5 con un tempo di esposizione di 3^m35^s . Naturalmente, essendo il telescopio fisso su di un piano di marmo, è il portalastra fotografiche che deve muoversi con un motore che segua il moto apparente del cielo allo zenit (Fig. 2).

Tra il 1936 e il 1937 altri tasselli arriveranno dalla ditta tedesca e il telescopio può essere ampliato a 20 tasselli e iniziare ad essere usato per osservazioni astronomiche.

Ma nell'autunno del 1938 entrano in vigore le leggi contro la razza e Hd'A, di origini ebraiche, viene rimosso dalla direzione e dalla cattedra e allontanato (Bònoli, Mandrino 2015). Tenterà disperatamente, con vari espedienti, di proseguire il lavoro allo specchio a tasselli e alla sua amata rivista *Coelum*, ma il direttore che lo ha sostituito, Francesco Zagar, e il rettore dell'Università, Alessandro Ghigi, gli negheranno decisamente alcuna possibilità.

Per i primi tempi, Hd'A rimane a Bologna ma, con il peggioramento della situazione, è costretto a rifugiarsi a Faenza, grazie al supporto dell'amico e collega Giovanni Battista Lacchini; tornerà poi a Bologna nella primavera del 1945, a guerra finita.

3. Nasce il telescopio a tasselli da 1,80 m

Le condizioni che Hd'A trova al suo reinsediamento nel ruolo dopo la guerra sono disastrose, come del resto in tutt'Italia, e il lavoro degli anni precedenti va ripreso dall'inizio. La Stazione osservativa di Loiano è stata gravemente danneggiata dal passaggio del fronte, parzialmente bombardata, saccheggiate i locali e l'officina, trafugati i motori del telescopio (lo specchio era stato ricoverato a Bologna), manca l'energia elettrica. La rivista *Coelum* aveva interrotto le pubblicazioni nel 1943, la biblioteca è gravemente arretrato.

Ma nel frattempo Hd'A aveva maturato nuove idee per sviluppare il suo progetto: i tasselli devono essere più grandi ed esagonali, per meglio comporli (10 cm di apotema e $3,5 \text{ dm}^2$ ognuno, contro 1 dm^2 dei precedenti); inoltre, decide di lavorarli otticamente nelle officine dell'Osservatorio, grazie al valido tecnico Aldo Galazzi, avendo commissionato alla Società Anonima Italiana del Vetro d'Ottica di Firenze la sola levigatura esterna.

Cresciute le dimensioni, ora lo specchio composito non ci sta più nella torretta e così Hd'A ottiene fondi dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per perforare, nel 1950, quattro piani nello spigolo occidentale della torre.

Nel 1952, finalmente, il grande specchio è completato con 61 tasselli, per un diametro complessivo di 1,8 m (Hd'A 1955) (Fig. 3).



Fig. 3. Estate del 1952: Hd'A ammira il completato specchio a tasselli da 1,80 m (Hd'A 1955).

Sotto al marmo che sorregge lo specchio è stato ricavato un piccolo ambiente per movimentare le 183 viti di regolazione (Fig. 4). Hd'A ha ideato anche una nuova tecnica per la messa a fuoco di tutto il sistema (dal centro di curvatura dello specchio invece che dal piano focale, come avveniva in precedenza) che gli consente di essere a regime per le osservazioni in circa 45 minuti: operazione, però, che deve essere eseguita all'inizio di tutte le notti e spesso anche durante le osservazioni.

Il campo utile del telescopio è di $1,3^\circ$, la scala di $20''/\text{mm}$; il potere risolutivo di ogni singolo tassello è $0,5''/\text{mm}$, mentre quello totale, teorico, di $0,05''/\text{mm}$; la separazione angolare minima tra due stelle, misurata, è di circa 5 secondi d'arco, che corrisponde sulle lastre fotografiche a un quarto di millimetro. A causa del moto del cielo e del campo utile disponibile, l'esposizione massima che si può effettuare, su lastre Ferrania Cappelli blu (le Kodak erano ancora troppo costose), è di 6^m45^s , con la quale si riesce a raggiungere la diciottesima magnitudine, il che, se si pensa che ci si trova nel centro di Bologna con i conseguenti inquinamenti atmosferici e luminosi, è un risultato eccellente.

Si possono ora iniziare le osservazioni astronomiche e, nell'arco di sei anni, dal '52 al '57, viene eseguita la mappatura fotografica di tutto il cielo zenitale di Bologna su oltre 17.000 lastre, oggi conservate nel locale sotto il restaurato specchio a tasselli, nel Museo della Specola dell'Università di Bologna (Fig. 4).

Su questo materiale, Hd'A, insieme ad alcuni collaboratori e a Giovanni Battista Lacchini, scopre, tra l'altro, 11 nuove stelle variabili, dimostrando così l'efficienza dell'ingegnoso strumento.

La costruzione del nuovo telescopio è avvenuta in grande economia, grazie alla mano d'opera tecnica locale e senza gli strumenti di verifica e controllo, disponibili presso grandi industrie di ottica: solo con l'enorme competenza ottica e strumentale di Horn.



Fig. 4. A sinistra: lo specchio a tasselli oggi, ricollocato nella sua sede originaria e visitabile all'interno del percorso del Museo della Specola che occupa tutta l'antica torre. A destra: sul soffitto del piccolo locale, posto sotto allo specchio a tasselli da 1,80 m, si può vedere il complesso meccanismo di 183 viti che consentivano di regolare i 61 tasselli (foto: F. Bònoli).

Il limite maggiore del progetto di Hd'A consiste nell'immobilità orizzontale dello specchio, ma già negli anni Trenta egli aveva pensato a come superarla, mediante la disposizione in più luoghi di telescopi immobili, in grado di osservare zone di cielo diverse (Hd'A 1932b). Negli anni Cinquanta matura l'idea di posizionare una decina di telescopi a tasselli in tutt'Italia, da nord a sud, distanziati tra di loro di circa un grado di latitudine, riuscendo così a osservare tutto il cielo nazionale. Nella ricerca di luoghi già esistenti, idonei ad ospitarli, pensa, per esempio, al pozzo di San Patrizio a Orvieto o alla Torre dei Francesi a Brescia o alle Grotte di Castellana in Puglia, da poco scoperte. Per queste ultime, progetta addirittura uno strumento imponente, quello che lui chiama «la più grande superficie riflettente del mondo», con uno specchio composto da 217 tasselli e diametro complessivo di 5,10 m, superiore al telescopio del Monte Palomar (Hd'A *et al.* 1957). Nonostante l'appoggio delle istituzioni locali pugliesi, il progetto, tuttavia, non viene mai avviato, principalmente per motivi economici.

Non contento, con grande anticipazione sui tempi, considera anche di utilizzare due grandi tasselli, distanziati tra di loro di almeno 10 m, come interferometro stellare. E ancora, «l'impossibilità di ottenere immagini meglio definite, finché si rimane dentro l'atmosfera della Terra, spinge l'astronomo a portare i mezzi ottici fuori dell'atmosfera», quindi, cosa di meglio che risolvere il problema del peso dello strumento da inviare nello spazio se non «ricorrere allo specchio a tasselli relativamente poco pesante», scrive nel suo ultimo articolo su *Coelum*, pochi mesi prima della morte (Hd'A 1966).

4. Gli sviluppi moderni del telescopio a tasselli

Bisognerà attendere oltre vent'anni dalla realizzazione pratica dello specchio a tasselli da 1,8 m e quasi cinquanta dalla nascita del progetto, perché finalmente si costruisca un grande telescopio con la tecnica del mosaico di specchi: nel 1979 vede la luce il *Multiple Mirror Telescope* (MMT) sul Mount Hopkins in Arizona, uno strumento formato da sei specchi circolari da 1,8 m di diametro ciascuno.

Passa ancora del tempo e l'idea geniale di Hd'A – aumentare le dimensioni degli specchi primari sfruttando l'unione di superfici più piccole – diventa la tecnica costruttiva della maggior parte di tutti i grandi moderni telescopi *multi-mirror*. I telescopi gemelli *Keck I* e *Keck II* sorgono sul Mauna Kea alle Hawaii nel 1993-96, ognuno con uno specchio primario da 10 m di diametro, costituito da 36 esagoni. Nel '97 è attivo l'*Hobby Eberly Telescope* del McDonald Observatory, con diametro da 10 m e formato da ben 91 esagoni; simile a questo è in Sudafrica il *Southern African Large Telescope*, del 2005, con uno specchio formato da 91 tasselli esagonali per un diametro totale di 9,2 m. Qui ci limitiamo a ricordare ancora il *Gran Telescopio Canarias* a La Palma, del 2007, formato da 36 tasselli e con un'apertura di 10,4 m, e il *Large Sky Area Multi-Object Fibre Spectroscopic Telescope* dell'Accademia cinese delle scienze, composto da uno specchio primario con 24 esagoni per un totale di 5x4 m e un secondario con 37 segmenti per 6 m, a formare un'ottica molto complessa per osservazioni spettroscopiche.

Altri telescopi di questo tipo sono oggi in fase di costruzione o di progettazione: il *Thirty Meter Telescope*, con un diametro di 30 metri e con 492 tasselli esagonali e lo *European Extremely Large Telescope*, con un'importante partecipazione italiana, previsto per il 2024 in Cile, formato da 798 esagoni con un'apertura di 39,3 m (Fig. 5): sarà il più grande telescopio al mondo e sarà realizzato secondo il progetto sviluppato da Horn.

E come se tutto ciò non bastasse, l'ultimo dei sogni avveniristici di Hd'A – vedere un telescopio a tasselli operativo anche al di fuori dell'atmosfera terrestre – si vedrà realizzato con il lancio, previsto per i prossimi anni, del *James Webb Space Telescope*, costituito da 18 specchi esagonali, per un'apertura di 6,5 m (Fig. 5).

Hd'A impiegava poco meno di un'ora per mettere in funzione il suo telescopio, mentre ora la tecnologia moderna ha sviluppato dei sistemi di aggiustamento dei singoli specchi – ottica attiva – e, per alcuni, anche di adattamento alle distorsioni provocate nelle immagini dalla turbolenza dell'aria – ottica adattiva – che operano in micro- o nano-secondi.

Nel 1978, poco prima dell'entrata in funzione di MMT in Arizona, un allievo e amico di Hd'A, Luigi Jacchia – che era fuggito negli USA per le leggi razziali e che diventerà un importante astronomo presso lo Smithsonian Astrophysical Observatory – scrisse su «Sky and Telescope» un articolo dal titolo significativo, *Forefathers of the MMT*, in cui attribuiva, giustamente, a Hd'A la primogenitura dell'idea di uno specchio composito per i grandi telescopi.

Infatti, anche da un semplice confronto visivo con i vari specchi primari dei telescopi *multi-mirror* realizzati e in progettazione, è impossibile non constatare la diretta

discendenza dei nuovi strumenti da quello costruito e utilizzato scientificamente dall'astronomo triestino nella Specola bolognese.

È solo un grande peccato che l'astronomia italiana abbia finito per dimenticare il nome di Guido Horn d'Arturo e che la comunità astronomica nazionale non si sia attivata per dedicare il nuovo *European Extremely Large Telescope* (o almeno uno dei suoi strumenti di punta) a chi ne è realmente stato il progenitore.²



Fig. 5. A sinistra: ricostruzione simulata dello *European Extremely Large Telescope* dell'ESO, in costruzione in Cile, composto da 798 esagoni da 1,45 m ognuno, per un diametro totale di 39,3 m (foto: ESO). A destra: il *James Webb Space Telescope*, oramai praticamente terminato, è composto da 18 specchi esagonali per 6,5 m complessivi (foto: NASA/JPL). In entrambi i casi è impressionante la somiglianza con lo specchio a tasselli di Hd'A.

Bibliografia

- Bònoli F. (2015). “Caro, vecchio Maestro”. *La storiografia dell'astronomia: un caso bolognese*, in Angelini A., Beretta M., Olmi G., *Una scienza bolognese? Figure e percorsi della storiografia della scienza*. Bologna: Bononia University Press, pp. 71-84.
- Bònoli F. (2003). *Horn d'Arturo, Guido*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, vol. 61, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, pp. 729-730.
- Bònoli F., Mandrino A. (a cura di) (2015). *Atti del convegno “Sotto lo stesso cielo? Le leggi razziali e gli astronomi in Italia”* (Bologna 26 gennaio 2015). *Giornale di Astronomia*, 41 (2), pp. 1-60.
- Jacchia L. (1978). “Forefathers of the MMT”. *Sky and Telescope*, 55 (2), pp. 99-101.
- Horn d'Arturo G. (1966). “Applicazioni dello specchio a tasselli”. *Coelum*, 24 (11-12), pp. 164-167.

² Nota aggiunta in corso di stampa. Ci fa grande piacere aggiungere questa nota per informare che, mentre questo volume era in preparazione, la comunità astronomica nazionale ha finalmente deciso di dare il dovuto riconoscimento a Guido Horn d'Arturo, intitolandogli, il 10 novembre 2018, il moderno telescopio ASTRI – Astrofisica con specchi a Tecnologia Replicante Italiana, posto alle pendici dell'Etna (si veda Spiga R. (a cura di) (2019). “Atti del Convegno *Gli ASTRI di Horn. L'astronomo che ha progettato il futuro*” (Catania 9-10 novembre 2018). *Giornale di Astronomia*, 45 (2), pp. 1-75). Si tratta del prototipo di uno dei 120 telescopi che costituiscono il progetto internazionale *Cherenkov Telescope Array* (CTA), un osservatorio con sedi in Cile e alle Canarie per astronomia gamma ad altissime energie. ASTRI, realizzato con la tecnica dei tasselli esagonali, ha preso così il nome ASTRI-Horn.

- Horn d'Arturo G. (1955). "Il compiuto specchio a tasselli di metri 1,80 d'apertura collocato nella Torre dell'Osservatorio astronomico universitario di Bologna". *Coelum*, 23 (5-6), pp. 65-68.
- Horn d'Arturo G. (1936). "Immagine stellari extrassiali generate dagli specchi paraboloidici, sferici ed a tasselli". *Pubblicazioni dell'Osservatorio Astronomico della R. Università di Bologna*, 3 (5).
- Horn d'Arturo G. (1935). "Primi esperimenti con lo specchio a tasselli". *Memorie della Società Astronomica Italiana*, 9 (2), pp. 133-146.
- Horn d'Arturo G. (1932a). "Strumenti e progressi dell'astronomia". *Coelum*, 2 (2), pp. 25-27.
- Horn d'Arturo G. (1932b). "Telescopi dell'avvenire e specchi a tasselli". *Coelum*, 2 (3), pp. 49-52.
- Horn d'Arturo G., Rotolo N., Fantasia M., Giannoccaro G. (1957). *La più grande superficie riflettente del mondo nelle Grotte di Castellana, specchio a tasselli di 5,10 m di diametro*. Putignano: Edizioni del Comune di Castellana Grotte.
- Picazzi V., Bònoli F. (2017). "Perché non intitolare E-ELT a Guido Horn d'Arturo, *forefather of the multi-mirror telescopes*?". *Giornale di Astronomia*, 43 (2), pp. 2-23.

Fonti d'archivio

Bologna:

Archivio di Astronomia dell'Università di Bologna (AABO),

- Serie storica. URL: <<https://archivioistoricoastronomia.unibo.it/home>> [data di accesso: 18/02 /2019].

PHYSICS BETWEEN THE 17TH AND 19TH CENTURIES

All the planets are related to the Sun. Riccioli and his “spiralized” skies

Flavia Marcacci – Pontifical Lateran University – flaviamarcacci@gmail.com

Abstract: Planets describe orbits in the fluid heavens in Giovanni Battista Riccioli’s masterpiece. Many astronomers had explained the motion of planets by composing the motions of the First Motor and the skies below. However, a separate First Motor is a pointless hypothesis: even if it had different material nature, its motion would share the same celestial rules with planets. What astronomers needed was a conventional geometrical explanation for heavenly bodies. Riccioli searches for a celestial geometry that is able to describe the complexity of the planetary orbits. For this purpose, his three assumptions are: 1) all the planets are in strong relation with the Sun, thus this relation has to be quantified; 2) the determination of the solar parallax, that is the most important element in understanding celestial orbits (*inuictissimum argumētum à parallaxibus*), would be fundamental in describing the geometrical law of planets, albeit extremely difficult to obtain; 3) the quantification of the apparent planetary magnitude and its real variation cannot be explained through the topic of nature and substance of the skies. Based on these assumptions, Riccioli searches for the geometry of planetary motion, that he does not find directly in the eccentrics-epicycles doctrine. He uses a variable oscillation of the eccentric center and of the diameter of the epicycle, called epicepicycle model (*epicepicyclos*), that allows for planets to move on spiral orbits.

Keywords: Riccioli, planetary orbits, epicycle model.

1. Introduction

Giovanni Battista Riccioli (1598-1671) is known as the astronomer who invented a semitychonian system, a milestone in the transition age between Galileo and Newton. Riccioli’s “semi-geocentric” system, as he himself describes it in *Almagestum Novum* (1651), features an unmovable Earth at the center of the world; Mercury, Venus, and Mars swivel around the Sun, which in turn revolves around the Earth. Jupiter and Saturn, in turn, are in orbit around the Earth. Mars has similar motion both in comparison with Venus and Mercury, and with Saturn and Jupiter (though its motion is slightly similar to that of Venus and Mercury).

Riccioli does not hide the many philosophical issues that such system implies: the nature of celestial bodies, the nature of skies and the trajectories that cross them, the physical cause of the revolutions and the theological dimension of these same problems

are some of the themes addressed in book nine of *Almagestum novum* (especially *sectio* II, cap. II) (Marcacci 2018b). In *sectio* I of book IX, Riccioli investigates the nature of the visible sky and wonders whether the sky is pure body, an entity made of matter-form, or both at the same time. His aim is that of investigating the visible sky, not the unobservable Empyrean. The planetary skies are fluid, while the Eighth Sphere's sky is made of frozen water. *Stellis comatis* are particularly essential in indicating the corruptibility of the skies. However, in its entirety, the sky is incorruptible. Therefore, what is its nature? Riccioli solves the issue in an original manner: the visible skies are “*ab intrinseco corruptibiles, extrinseco incorruptibiles*”. In *sectio* II of book IX, he wonders what is it that gives skies their movement. Of course, the complex geometry of celestial motions makes believing in Angels as the cause and regulators of said motions quite implausible; the real reasons, he implies, will probably never be completely understood.

2. Only one law for the heavens

If that was the question from a philosophical point of view, Riccioli also insists on explaining celestial mechanisms from a geometrical point of view. He is aware of the fact that many astronomers explained the sky's motions by adding the movement of the *Primum Mobile* to the skies below. However, a separate *Primum Mobile* would be a pointless hypothesis: even if it had different material nature, its motion would share the same celestial rules as planets:

It is more likely that there is no body similar to what we conceive as the *Primum Mobile* and that there are not two simultaneous movements of the stars towards opposite regions of the world, but – instead – only one movement West-wards through helicoidal spirals.¹

The same rules and one law alone, that of the helicoidal spirals, are the general rules underlying all celestial motions. Thus, what astronomers need is a conventional geometrical explanation for heavenly bodies (*Almagestum Novum* VII, *sectio* I, cap. VIII). What instruments (*instrumenta*) can astronomers use to devise a single law for the skies? Some astronomers use concentric circles; others use eccentrics, other epicycles. All hypotheses consider observational data: undoubtedly, however, concentric orbits as described by homocentrists do not offer a definite explanation regarding what actually happens in the heavens. Riccioli is very critical of and radically rejects homocentrism. For his geometry of planetary motion, his reference points are Kepler and Bullialdus. Elliptical orbits are a novelty that Riccioli studies and understands very well. He analyses Keplerian data in painstaking detail. However, the Jesuit prefers to apply other types of geometry to the skies: neither made of perfect circles, nor ellipses. Neither

¹ “TERTIA CONCLUSIO. Probabilius est non dari corpus ullum, quod sit Primum Mobile, nec duos motus in stellis simul factos ad oppositas Mundi plagas, sed unicum versùs Occidentem per spiras helicoides, Fixarum quidem in caelo solido, Planetarum autem in fluido. Primi autem Mobilis vicem praestare tempus intelligibile, seu ideam diurni motùs menti cuiusvis Intelligentiae motricis infusam” (Riccioli 1651, p. 260).

does he find the solution in the classic eccentrics-epicycles doctrine. He uses a variable oscillation of the eccentric center and the diameter of the epicycle, and consequently deduces that planets move in spiral orbits. The astronomer writes:

Planets' motions are not made for concentric circles in the center of the world but for eccentric or circular circles, or equivalent to eccentric.²

Riccioli uses something similar to the epicycle doctrine, but the focal point is that his circles are just instruments aimed at obtaining spirals, and his “rings” are not perfect circles revolving around a central point, but rather eccentric loops oscillating along a line. An explanation of this will be given below. But first, let us illustrate the assumptions that act as basis of the geometrical reasoning:

1. All the planets are in substantial relation to the Sun, and this relation has to be quantified. Riccioli is well aware this is not a novelty. The connection with the Sun had always been studied and quantified in the past as the “second inequality”, precisely the appearance according to which planets seem to have a retrograde motion and go backwards (Evans 1998, p. 337). Both the Earth-to-planet and Sun-to-planet distance is necessary to determine the real place of the Planet:

Once the distance of the Sun from the Earth has been acquired, the distances of the other planets become known, since they have no minor connection with the sun, but their motion with the motion of the Sun. In fact, the true equations of the movements and the positions of the planets cannot be deduced except assuming a different distance of those from the Sun and the Earth.³

The point of reference equals 7327 terrestrial semi-diameters, a figure obtained by combining the diurnal parallax, calculating distances during the eclipses and considering the lunar parallax. In Riccioli's world-system, 7327 terrestrial semi-diameters is the exact median distance between Mercury and Venus, since this is the sum of the eccentric circle's radius and the distance from the center of the eccentric circle to the Earth, the center of the world.

The distance is also useful in determining the proportions between planetary distances. Riccioli recognizes the third keplerian law (the proportion between the square of the orbital period and the cube of the semi-major axis of its orbit). Even though he criticizes Kepler's *Mysterion*, he still accepts its proportions and harmonies.

² “Planetarum motus non fiunt per circulos concentricos mundi centro, sed per Excentricos circulos aut quasi circulos, aut per Excentricos aequivalentes” (Riccioli 1651, p. 253).

³ “Acquisitâ autem variâ Solis distantia à Terra, notae fiunt distantiae reliquorum Planetarum, quia non minorem habent connexionem cum Solis distantia, quàm motus eorum cum motu Solis [...] non possunt enim æquationes congruae motibus veris ac locis Planetarum obseruatis deduci, nisi supponendo in illorum hypothesi diversam distantiam à Sole & a Terra” (Riccioli 1651, p. 252).

2. The determination of the solar parallax, which is the most important asset in understanding celestial orbits (*inuictissimum argumētum à parallaxibus*), would be fundamental for describing the geometrical law of the planets, although this is very difficult to obtain. For this reason, we often have to use substitutive proof: for example, the lunar parallax.
3. The quantification of the apparent planetary magnitude and its real variation cannot be explained by analyzing the nature and substance of skies (for example, the fact that they are filled with substances such as vapors, or that their density differs in the various regions of the sky). This argument is inconsistent, since the variation of the planets' apparent magnitude depends on their different distances from Earth.

3. The Epicepicyclos method

Riccioli considers his method an extension of the ancient hypotheses. He names it “*per circulos Eccentricos, aut etiam Eccētrepicyclos, vel Epicepicyclos*” (Riccioli 1651, p. 681). In a word, *epicepicyclos* (Marcacci 2018a). Some important remarks:

1. The best figure one can use in the analyses of the planetary motion is not a straight line, circle, pentagon, hexagon or ellipse. The ellipse, as in Kepler's and Bullialdus' systems, does have some advantages, but also some useless complications. Kepler and Bullialdus decide to resort to the ellipse after splitting eccentricity in half, but with great effort and without achieving excellent results.
2. It is humanly preferable to reduce irregular motions to regular ones, and preferably around a center.
3. The apse line is conducted through the center of the Earth in the geocentric hypothesis.
4. The second inequality must be measured taking into account the real motion of the Sun rather than its average motion.
5. Eccentricity has to be varied. This method, in a way, is similar to the Keplerian approach, but according to Riccioli it is more exact and practical, it being identical to the classical approach astronomers were accustomed to.
6. If one prefers not to change eccentricity, then the semi-diameter of the epicycle must vary.

The aforementioned method is also similar to what Ptolemy and Regiomontanus implied a system with mobile eccentric. In Riccioli, the eccentric does not only move: it even changes (*Almagestum Novum* VII, section I, cap. V; VII, section II, cap. VI). Kepler is undoubtedly more present in Riccioli's mind than Ptolemy. The Jesuit uses eccentricity and the eccentric point moves along a line that defines the distance between Earth and the Sun. Kepler, too, had reasoned upon orbital eccentricity; however, he employed what Riccioli called “maximum eccentricity”, rather than average eccentricity.

ty (that would have been more correct). In the following image, the line that includes all possible values of eccentricity is Bz:

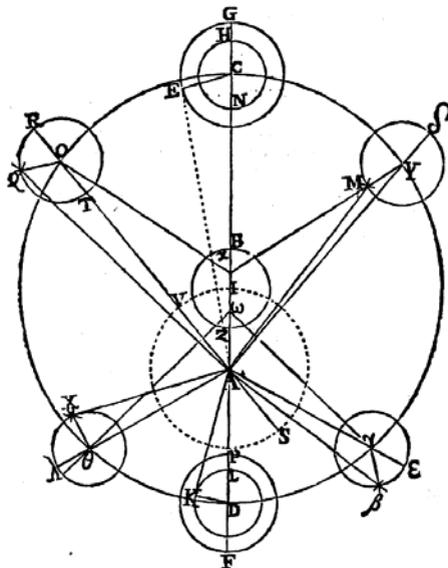


Fig. 1. Maximum eccentricity (Riccioli 1651, p. 538).

Of course, some astronomers, like Copernicus, Amici or Fracastoro, knew how to use two circular motions to obtain a linear one. Riccioli could have been inspired by these techniques. A suggestion could also have come from Peuerbach, who Riccioli read through other commentators.

So, he considers the case where the motion of the epicycle of the planet in H travels on a oval-like (*quasi-ovalem*) trajectory. Riccioli tries to minimize the use of circles to ensure that the spirals are the principal figure in his astronomy. Let's dive deeper into the subject.

Giving a detailed and thorough explanation of each passage in Riccioli's method is beyond the scope of this paper. Rather, we'll focus on a section of the image, with a superior planet in position Q and the center of the epicycle in O. The center of the eccentric is in x. AI is the average eccentricity. CxO is the average anomaly of the eccentric and the OAC angle is the real anomaly of the eccentric (*locum verum, anomalia coequata*). The small circle with its center in I (*circellus* – its diameter being Bz), is the line that contains the oscillation of the eccentric.

When the center of the epicycle is in C, the center of the eccentric is the apogee of the *circellus* in B, so we have AB as the maximum eccentricity. When the epicycle goes to point O, then the center of the eccentric is in I, and we thus have average eccentricity (AI). When the epicycle is in D, then the eccentric will be in its perigee (z) and the eccentricity will have the minimum value (AZ).

In this way, Riccioli wants to explain the first inequality, that is the variation of speed along the trajectory (Evans 1998, p. 340). By varying the eccentric, Riccioli is also able to “obtain” the spirals. By changing the epicycles, Riccioli captures the variability of the spirals (*spiraе varietatem*) and by employing this variability, he is capable of justifying the second inequality, namely the planets’ retrograde motion in the form of a bow. Apogee and perigee of the epicycle have to have a maximum and minimum value, included between CE and DK.

Riccioli describes how to calculate the different values for the eccentricities and then to derive the position of a planet (Riccioli 1651, pp. 537-539).

4. Conclusion

Step by step, the planet describes a portion of a curve that is very likely an ellipse. The final result could of course be a spiral and a variable spiral. Riccioli could have imagined something like curves on an ellipsoid, with the latter formed by the oscillation of the planetary orbit. He was convinced his geometry gave the best results for the description of the real planetary orbits, and did not believe a circle was the best figure for describing planets, but rather just the best instrument with a secondary role: indeed, the geometry of the circle is very well known and easily used, and even if the circles do not exist in heaven they are useful to obtain spirals. There is a single movement, somewhat of a single “law”, for all the planets. The center of the eccentric changes for Venus, Mercury, and Mars and for Moon, Jupiter and Saturn, for “likeness” reasons. Lastly, the single movement takes the form of spirals.

Not needing a First Mover, the existence of a single rule to describe all celestial movements and the use of a geometry specifically designed for its system: these are some of the most characteristic features in Riccioli’s astronomy, an original theory capable of explaining the data he acquired through the telescope. The Jesuit scientist was a rigorous example of astronomy in the latter’s shift between ancient and new traditions, an invaluable resource in understanding how complex the birth of modern science really was.

References

- Evans J. (1998). *The History and Practice of Ancient Astronomy*. New York-Oxford: Oxford University Press.
- Marcacci F. (2018a). *Cieli in contraddizione. Giovanni Battista Riccioli e il terzo sistema del mondo*. Perugia: Aguaplano.
- Marcacci F. (2018b). “Natura e moto dei cieli visibili secondo Giovanni Battista Riccioli. Analisi di *Almagestum Novum*, vol. II, lib. IX, sect. I e II”. *Rivista di filosofia neoscolastica*, 110 (1-2), pp. 301-321.
- Riccioli G.B. (1651). *Almagestum novum astronomiam veterem novamque complectens*. Bononiæ: ex Typographia hæredis Victorij Benatij.

Pietro Torquato Tasso (1765-1842), the inventor: stories of watches and various instruments between science and everyday life¹

Susanna Bertelli – Università di Ferrara – susanna.bertelli@unife.it; Grazia Zini – già docente di Fisica dell’Università di Ferrara – zini@fe.infn.it; Chiara Beatrice Vicentini – Università di Ferrara – chiara.vicentini@unife.it; Paolo Lenisa - Università di Ferrara – paolo.lenisa@unife.it

Abstract: In this contribution the life and the works of Pietro Torquato Tasso (1765-1842) are presented. He was an artisan, watchmaker, mechanic, armourer and inventor whose memory has been lost. According to recent archival researches, P. Torquato Tasso built masterly works for the University, for the city of Ferrara and for many famous Italian and foreign people. During the last years of the 18th century he designed and built two tower pendulum clocks, one for the Tower of the Estle Castle and one for the University, that worked until the end of the 19th century. Some of his works are presently hosted by the “Historical physics instruments collection”, section of the “University museum system” and will be presented during this contribution to unveil a piece of unknown story of the city and of the University of Ferrara.

Keywords: instruments, Physics, Ferrara, artisans.

1. Vita di Pietro Torquato Tasso

Pietro Torquato Tasso – che amava firmarsi Torquato Tasso – nacque a Massafiscaglia (Ferrara) nell’ottobre del 1765 da una famiglia di meccanici e orologiai (Colla 1842, p. 6; “Notizie del giorno” 1826; Muscardini 1996, p. 83; Zini 2005, p. 396). Il nonno Giuseppe era custode dell’orologio civico del paese e il padre Giovanni era proprietario di una bottega di meccanica e orologi a Lugo². All’età di quindici anni (1780), Torquato si spostò nella bottega del padre per apprendere l’arte della meccanica e della orologeria. Egli diventò, giovanissimo, molto noto per le sue abilità tanto che ben presto i clienti si rivolgevano a lui, e non a suo padre, per le committenze. Famosi furono gli orologi pubblici di Lugo e Comacchio che gli valsero anche la chiamata a Ferrara per costruire

¹ Questo articolo ha origine da una mostra scientifica *Torquato Tasso 1765-1842. Una strana omonimia per una storia dimenticata* che si è svolta a Ferrara tra ottobre e dicembre 2017, organizzata dal “Sistema museale d’Ateneo”. L’articolo trae spunto da alcuni lavori dedicati a Pietro Torquato Tasso (in particolare il catalogo della mostra *Torquato Tasso 1765-1842. Una strana omonimia per una storia dimenticata* 2018, Zini, Bertelli 2018, Carraro *et al.* 2019).

² Allora facente parte del territorio di Ferrara.

il nuovo meccanismo dell'Orologio del Castello Estense (1789) e, in seguito, quello della torretta dell'Università (1794), allora situata in palazzo Paradiso. Fatto curioso, la firma sui contratti di vendita dei due orologi degli anni '90 è quella del padre Giovanni (ASUNIFE, Univ. 1165) (forse perché le due opere furono costruite a Lugo). Però il vero ideatore fu di certo Torquato, come dimostrano vari documenti d'archivio recentemente ritrovati (BCAFE, Manoscritto 1788).

Nel 1790 Torquato fu nominato dal Maestrato dei Savi di Ferrara "Custode e regolatore degli orologi pubblici della città", in particolare quelli già sopra nominati e quello della torre in piazza delle Erbe, oggi piazza Trento Trieste. Da questo momento in poi Torquato organizzò quasi di certo una sua officina in Ferrara dato che le opere successive portano la firma: Torquato Tasso in Ferrara. Per lungo tempo egli abitò nella Torre Marchesana, nelle stanze sottostanti il meccanismo dell'orologio, cosa che gli spettava per contratto. Morì a Ferrara nel 1842 a 77 anni e fu sepolto, sembra, nel cimitero della città.

Alla morte di Torquato la gestione e regolazione degli orologi pubblici della città di Ferrara passò prima a suo fratello, poi ai suoi eredi Camillo e Pio (ASCFE, Cartella generale n. 1) (Fig. 1). Torquato visse in tempi di epocali cambiamenti per tutta Europa e di conseguenza per la città di Ferrara. Furono non solo cambiamenti politici ma anche cambiamenti nei commerci e nella vita quotidiana; le opere di Torquato rispecchiano questo stato di cose. Ad esempio, nel periodo napoleonico Tasso dovette sistemare "alla francese"³ il giorno 30 giugno 1796, sei giorni dopo l'entrata dei francesi in Ferrara, tutti gli orologi di cui era regolatore, per poi riportarli all'antico alla restaurazione del papato (1815). Fu anche attivo per facilitare il passaggio dalle antiche unità di misura al sistema metrico decimale⁴ sia per quanto riguarda le misure di lunghezza sia per quelle di peso.

Torquato partecipò alla vita cittadina anche come titolare di un caffè sulla piazza principale. La sua vita non fu certo facile, basti pensare alle scale che faceva per raggiungere gli orologi alla cima delle torri civiche, e a questo si aggiunga che molto spesso lo pagavano in ritardo (Fig. 1). Le sue opere furono apprezzate per originalità, precisione, sicurezza e durata: erano sempre lavori lodevoli e di ottima costruzione. Torquato visse modestamente per sua elezione, fu un uomo pio e grande lavoratore.

³ Nei quadranti le ore segnate "alla francese" simulano l'andamento diurno del sole con le ore 12 in alto.

⁴ La riforma dei sistemi di misura esistenti in Europa fu, come noto, voluta da Napoleone. Il passaggio al nuovo sistema fu molto difficile, anche per l'analfabetismo diffuso, e durò di certo fino all'Unità d'Italia e oltre.

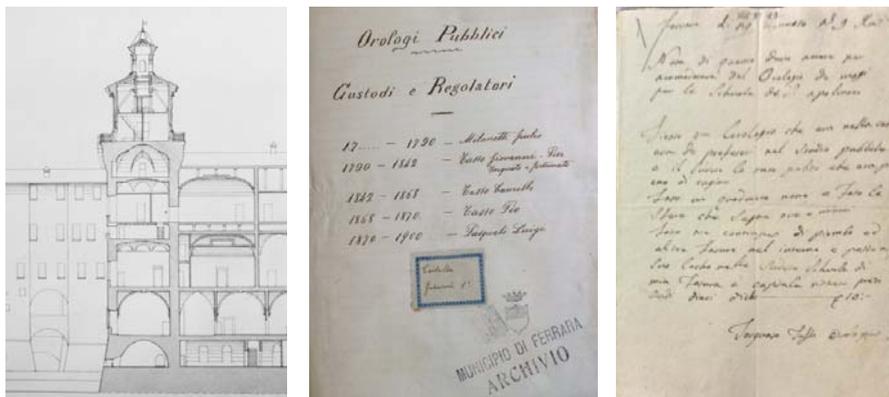


Fig. 1. Nell'immagine di sinistra viene mostrata la sezione della Torre Marchesana del Castello Estense di Ferrara dove sono illustrate le stanze in cui abitava Pietro Torquato Tasso e le scalette per raggiungere la cima della Torre che ospitava l'orologio da lui gestito. In centro si trova l'elenco degli orologiai della famiglia Tasso (ASCFE, Cartella generale n. 1) e a destra un manoscritto a firma Torquato Tasso che chiede di essere pagato per aver aggiustato l'orologio della Camera dei professori dell'Università (ASUNIFE, Reg. 3, 3651).

2. Le opere

Torquato era un inventore geniale e curioso di ogni meccanismo esistente all'epoca. In ogni lavoro metteva tutta la sua bravura intellettuale e manuale (Colla 1842, p. 9) e affrontava i problemi con atteggiamenti quasi da ricercatore moderno, partendo dallo studio del progetto e dei materiali⁵. I suoi successi erano dovuti non a scuole ma all'acutezza del suo ingegno, spirito di osservazione. La sua eclettica attività spaziò in campi molto diversi, dalla meccanica alla costruzione di armi e di violini. Le uniche opere concrete giunte a noi oggi sono quelle custodite nella Collezione Instrumentaria delle Scienze Fisiche dell'Università di Ferrara (Zini 2004). Altre opere sono testimoniate dai documenti recentemente ritrovati negli archivi cittadini. Di seguito vengono presentati i campi di attività di Torquato, i documenti d'archivio ritrovati nonché gli strumenti da lui firmati che sono sopravvissuti alle ingiurie del tempo.

2.1. Pietro Torquato Tasso orologiaio

Tasso realizzò, come sopra detto, gli orologi pubblici di Lugo (Ravenna) e Comacchio (Ferrara) e poi venne incaricato della realizzazione dell'orologio del Castello Estense (1789) e della torretta dell'Università (1790) (Fig. 2), il cui meccanismo rimase quello costruito da Tasso fino alla fine dell'Ottocento.

⁵ La metodologia di lavoro è evidenziata da alcuni scritti di Tasso in cui descrive dettagliatamente le sue realizzazioni.



Fig. 2. A sinistra la Torre Marchesana del Castello Estense, a destra la torretta di Palazzo Paradiso, al tempo sede dell'Università di Ferrara. In figura le torri mostrano orologi moderni, inseriti nello stesso posto di quelli settecenteschi, andati perduti.

Gli vennero poi commissionati orologi per professori universitari. Mise a punto orologi ad uso campanili di campagna, orologi da tasca, da tavolino e costruì anche un orologio che veniva tenuto continuamente in carica dall'azione del vento. Fin qui le testimonianze sono solo documentarie, ma a dimostrare la sua abilità nella costruzione di orologi c'è la pendola conservata nella Collezione Instrumentaria delle Scienze Fisiche (Fig. 3), che presenta soluzioni tecniche innovative e pulizia di realizzazione, unico orologio ritrovato di tanto lavoro.

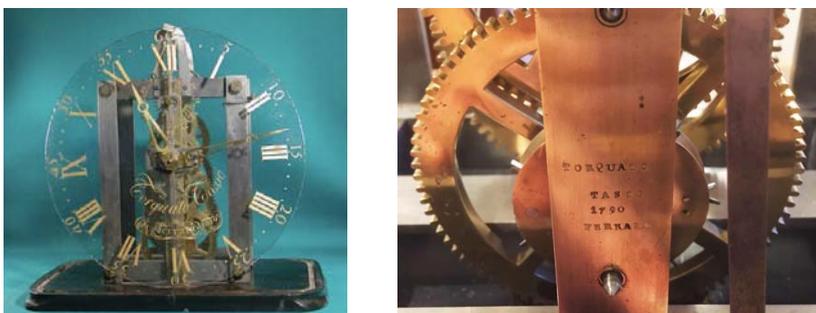


Fig. 3. Orologio a pendolo firmato da Pietro Torquato Tasso, a destra un particolare del meccanismo (Ferrara, Collezione instrumentaria delle scienze fisiche, Sistema museale d'Ateneo). Da notare che l'oggetto porta incise due date diverse, tutte e due insieme alla firma: una sul meccanismo (1790) e l'altra sul quadrante (1829).

2.2. Pietro Torquato Tasso inventore

Tasso ideò una macchina per dividere con grande precisione, ovvero per segnare le divisioni delle scale degli apparati di misura. Realizzò una macchina in legno che ricorda una moderna bicicletta e una macchina per “cavare lo zucchero dall’uva” (1811), ottenendo una medaglia con dedica dal Vicerè del Regno d’Italia napoleonico. Per la sua Bottega del Caffè progettò una macchina per *diacciare* in pochi minuti e così fare ottimi gelati (Colla 1842, p. 26; “Notizie del giorno” 1826). Mise a punto anche un distillatore di spiriti, e una macchina per produrre liquori e rosoli. Già settantenne si mise a costruire violini (Colla 1842, p. 21) in cui gli attriti erano ridotti al minimo, migliorandone così il suono, lavoro molto apprezzato da vari musicisti italiani.

2.3. Pietro Torquato Tasso campionista

Nei primi decenni dell’Ottocento Tasso s’impegnò come campionista – cioè costruttore di campioni di unità di misura. Di questa attività la Collezione Instrumentaria delle Scienze Fisiche conserva: una serie di pesi ferraresi dall’uncia alla libbra (ante 1812), una seconda libbra ferrarese, una libbra metrica campione⁶ (1812 ca) e un regolo di ottone, lungo mezzo metro e a sezione quadrata che permette misure di lunghezza (1832) in quattro sistemi di misura diversi (Fig. 4), tre sono quelli usati normalmente a Ferrara e il quarto è quello metrico decimale. Le scale dei vari sistemi sono incise sulle facce lunghe del regolo. Questo oggetto consente quindi di passare facilmente dalle misure antiche al sistema metrico decimale: si eseguiva la misura sulla scala antica, poi si ruotava il regolo e si leggeva il valore corrispondente espresso in centimetri e millimetri. La macchina a dividere descritta prima, fu da Tasso usata per realizzare le scale del suddetto regolo.



Fig. 4. A sinistra la libbra metrica campione (1812 ca) e a destra il mezzo metro regolo comparatore (1832, firmato Tasso).

2.4. Pietro Torquato Tasso meccanico

Tasso realizzò strumenti e oggetti per l’Ospedale Sant’Anna di Ferrara e per i Gabinetti scientifici dell’Università (da inizio Ottocento), collaborando con i professori

⁶ Unità di peso di Ferrara prima della riforma napoleonica: 1 libbra ferrarese è pari in peso “metrico” a kg 0,3451, 12 Once fanno 1 Libbra.

universitari coevi⁷. In particolare costruì protesi per amputati, ferri chirurgici, lancette, rasoi, forbici, una macchina per il laboratorio chimico dell'Ateneo e una per misurare con maggior esattezza la velocità dei corpi nella loro caduta (Colla 1842, p. 26; “Notizie del giorno” 1826). Possiamo ancora citare bilance e bilancette molto precise. Nella Collezione sono conservate due delle bilance del Tasso. La prima (30x12x31cm) firmata ma non datata, ha due piccole coppe, e serviva “per pesare i semi e corrispondere esattamente alle ricette mediche” (Cugusi Persi 1873, p. 40) ma anche per pesare oro e diamanti; la seconda è di dimensioni maggiori (76x42x80 cm) ed è datata Ferrara 1833 e firmata. Un documento manoscritto a firma Torquato Tasso precisa di aver costruito, insieme alla Bilancia, una serie di pesi ferraresi di cui dà la corrispondenza nel sistema metrico (CISFIS_UNIFE SMA, Sezione documenti, Manoscritto 1833).

2.5. Pietro Torquato Tasso armaiolo

Le opere di Torquato in questo campo riguardano pistole con lavori a bulino, due delle quali donò a papa Leone XII che lo volle a Roma per realizzare un'armeria, compensandolo con mille scudi e una rendita vitalizia. Egli costruì un fucile leggero, ma sicuro e potente, la cui canna era composta di filo di ferro e lavorata con la maggiore industria (Colla 1842, p. 18). Il lavoro è descritto nell'unico articolo a stampa da lui firmato intitolato: *Nuova maniera di fabbricare le canne da schioppo* (1820), da cui si deduce il suo metodo di lavoro veramente innovativo per il tempo. Ideò anche un cannone, di cui costruì un modello funzionante, molto più leggero e sicuro di quelli in uso all'epoca (“Notizie del giorno” 1826). Il cannone ideato era così avanzato per l'epoca che un francese lo prese in giro pubblicamente sullo stesso giornale e Torquato rispose nello stesso giornale impegnandosi a costruire il cannone “vero” a proprie spese e di farsi pagare solo dopo prove ripetute in campo.



Fig. 5. Bilancia di precisione con pinzette per raccogliere i piccoli pesi (inizio 1800), firmata sul giogo da P. Torquato Tasso (Antonio Campana, *Inventario delle macchine esistenti nel Gabinetto fisico della pontificia Università di Ferrara* in Zini 2006, pp. 225-237).

⁷ Ricordiamo qui i professori: Antonio Campana (1751-1832, fisica, chimica, botanica, farmaceutica), Giovanni Tumiati (1760-1804, anatomia) e Antonio Giuseppe Testa (1756-1814, medicina).

Ha inventata ancora una serratura, la cui chiave non si può contraffare ed ha inciso in ottone, in nuova foggia, una iscrizione in memoria della incoronazione della Madonna del Carmine, fatta in Ferrara dall'arcivescovo signor cardinal Odescalchi⁸ (“Notizie del giorno” 1826). La maggior parte degli strumenti costruiti da Pietro Torquato Tasso sono scomparsi, la loro memoria è affidata a documenti d'archivio e pagine di giornali. Le uniche opere giunte a noi sono quelle custodite nella Collezione Instrumentaria delle Scienze Fisiche dell'Università di Ferrara.

3. La Collezione Instrumentaria delle Scienze Fisiche

La Collezione Instrumentaria delle Scienze Fisiche, sezione del Sistema Museale d'Ateneo, raccoglie più di ottocento strumenti scientifici storici che documentano lo sviluppo della Fisica sperimentale nell'Università di Ferrara a partire dalla seconda metà del Settecento. Le storie che gli strumenti raccontano intrecciano l'aspetto scientifico-tecnologico e le vicende vissute dalle persone che li hanno ideati, costruiti o acquistati. La Collezione è frutto del lavoro iniziato nel 2000 e durato cinque anni, che ha portato al recupero di strumenti presenti, ma da tempo dimenticati, nella ex sede del Dipartimento di Fisica dell'Università di Ferrara, in via Paradiso,12 e oggi ubicata in via Saragat, 1.

Pietro Torquato Tasso è stato un artigiano-inventore molto attivo nella produzione di strumenti scientifici e beni per la vita quotidiana per la città e l'Università di Ferrara negli anni a cavallo tra fine Settecento e inizio Ottocento. Alcune sue opere sono conservate nel Sistema Museale d'Ateneo di Ferrara e sono spesso protagoniste di mostre scientifiche pensate per raccontare l'evoluzione della ricerca scientifica e i legami tra scienza e società.

Bibliografia

- Carraro S. *et al.* (2019). “Orologio a pendolo con indicazione di ore minuti e piccoli secondi marchiato Torquato Tasso 1790 Ferrara”. *La Voce di Hora*, in corso di stampa nel numero di dicembre.
- Colla A. (1842). *Memorie sopra a Pietro Torquato Tasso ferrarese*, ed. 2. Bologna: tip. governativa.
- Cugusi Persi E. (1873). *Notizie storiche sulla Università degli studi di Ferrara*. Ferrara: tip. dell'Eridano.
- Muscardini G. (1996). “Torquato Tasso orologiaio ferrarese: ricordato come il costruttore dell'Orologio del Castello Estense”. *Ferrara: storia, beni culturali e ambiente*, 1 (1), pp. 83-84.
- “Notizie del giorno” (1826). *Diario di Roma*, 5 gennaio.

⁸ Carlo Odescalco, ecclesiastico (1786-1841), cardinale e arcivescovo di Ferrara (1825), vicario di Roma dal 1826, nel 1838 depose la porpora per farsi gesuita a Verona.

- Tasso T.P. (1820). *Nuova maniera di fabbricare le canne da schioppo*. Ferrara: s.e.
- Torquato Tasso (1765-1842). *Una strana omonimia per una storia dimenticata. Catalogo della mostra* (Ferrara, 6 ottobre-3 dicembre 2017) (2018). Ferrara: Unifepress.
- 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.
- Zini G. (2005). “Notizie su costruttori ferraresi di strumenti”. *Annali dell’Università di Ferrara, Sezione Storia*, 2, pp. 396-413.
- Zini G. (2006). *La Nascita della Fisica sperimentale nell’Ateneo ferrarese*, in Bresadola M., Cardinali S., Zanardi P. (a cura di), *La Casa delle Scienze, Palazzo Paradiso e i luoghi del sapere nella Ferrara del Settecento*. Padova: Il Poligrafo, pp. 207-237.
- Zini G., Bertelli S. (2018). “Degli orologi pubblici della città di Ferrara. Rapporto di ricerca”. *La Voce di Hora*, 43, settembre.

Fonti d’archivio

Ferrara:

Archivio Storico Comunale di Ferrara (ASCFE):

Cartella generale n. 1, Orologi pubblici, custodi e regolatori.

Archivio Storico dell’Università degli Studi (ASUNIFE):

Univ. 1165, Contratto per la gestione dell’orologio sulla torretta di Palazzo Paradiso sede dell’Università, 1794.

Reg. 3, 3651, 19 marzo 1801, Richiesta di Torquato Tasso di ricevere il compenso aver aggiustato l’orologio della Camera dei professori dell’Università.

Biblioteca Comunale Ariostea (BCAFE):

Manoscritto 1788, Descrizione del costruendo orologio per il Castello di Ferrara.

Collezione Instrumentaria delle Scienze Fisiche, Sistema Museale d’Ateneo (CISFIS_UNIFE SMA):

Sezione documenti, Manoscritto 1833, Torquato Tasso precisa di aver costruito, insieme alla bilancia una serie di pesi ferraresi, inv. temp. n. 0010.

The kaleidoscopes applied to figurative arts: the genius of Paolo Anania de Luca

Azzurra Auteri - Associazione Naturalia - azzurra.auteri@gmail.com

Rosanna Del Monte - Museo di Fisica - Centro Musei delle Scienze Naturali e Fisiche - Università di Napoli Federico II - rdelmont@unina.it

Abstract: This work deals with a series of kaleidoscopes dating from the first half of the 19th century. They are preserved in the Museum of Physics of the University of Naples Federico II. The research began with their maker, Paolo Anania de Luca, who was not only a politician and a patriot but also a forgotten scientist, whose university education took place in Neapolitan athenaeum.

In Naples he grew up as a young man keen incredibly devoted to Science and, in particular, he cultivated his passion for Physics. Among the different studies he carried on, this work will focus on kaleidoscopes and their applications in craftsmanship.

Indeed, thanks to his work, the Kaleidoscopes became useful tools for the arts: infact all those who are devoted to the decoration used them to obtain an unfailling number of different and symmetrical sketches.

Based on the Kaleidoscope model thought up by Brewster, de Luca produced a series of them catalogued by orders, genres, species and varieties.

Following this study, he made a new instrument, called "Simmetrizzatore", apt to replicate the same effects of every genus, species and variety of "special kaleidoscopes".

Keywords: Kaleidoscope, Simmetrizzatore, de Luca Paolo Anania.

1. Paolo Anania de Luca

As a man who lived at the turn of the 18th century, Paolo Anania de Luca had a multifaceted personality who perfectly embodied the eclecticism of his time; over time he dealt with a multitude of different activities: he was a scholar, a scientist and a skilled mechanic as well as a political activist. Because of his political commitment in the Neapolitan Revolution in 1799, he was condemned to the *damnatio memoriae* at the behest of the Bourbons.

He was born in Montefusco Irpino in 1778 and later moved to Naples where, according to his family's wishes, he studied civil and canon law and followed the group led by Mario Pagano and Gaetano Filangieri. Firm supporter of freedom, he lived the fervour of the French Revolution which ultimately led to the expulsion of the Bourbons and the proclamation of the Parthenopean Republic. As a consequence of the defeat of

the revolutionary ideals and the restoration of the monarchy by King Ferdinand IV, de Luca was arrested and sentenced to life imprisonment: initially transferred to the prison of Ventotene, he was later moved to Montefusco, where he witnesses the death of his brother Giovanni Pirro.

In 1800 he obtained the grace ensuing the amnesty granted by the Bourbons. Hence he returned to Naples and became head of the Ministry of the Interior of Naples.

In spite of the sufferings, the mournings, the disappointments and the privations de Luca didn't give up on politics and the dream of freedom: as an undeterred veteran, although old and sick, he openly stood up against Ferdinand II during the revolts of 1848 and thereupon suffered a violent aggression (Di Nunno 2012, pp. 1-5).

In his Neapolitan period, de Luca pursued the scientific career, notably as a physicist. He designed and made several instruments such as the tonometer and a particular type of plummet sound that not only allowed to detect depths of the sea, unthinkable for that time, but also to evaluate the direction of the marine currents. Focusing his research activities in the field of Optics, he designed and created several models of kaleidoscopes. For his scientific activities he was appointed "honorary professor" from the Minister of Education Francesco de Sanctis. However, due to his advanced age and blindness, de Luca declined the title and in gratitude he donated all his instruments to the University's Cabinet of Physics (Imbriani 1864, pp. 1-14).

He died on 26 January 1864 and was buried in the monumental cemetery of Naples; his memorial stone is covered in bas-reliefs depicting his inventions.

De Luca's inventions are to be considered brilliant long-sighted and daring works for the time. Despite being a renown scholar in the international scientific community, his creative genius was overshadowed in the homeland (Imbriani 1864, pp. 1-14).

2. Kaleidoscopes by Paolo Anania de Luca

Data una superficie qualunque, abbellita con tratteggiamenti o rilievi, dati o non dati, in guisa che ne rimanga soddisfatto il gusto di chi la vede (de Luca 1837).

With these words de Luca expressed his conception of the art of decoration and he firmly believed that before performing any work, an artist should always sketch it out to verify that it complies with the aesthetic taste; he therefore claimed that an ideal automa would be an artist par excellence if it were able to provide an overview of all the sketches obtained from the infinite combinations of objects. De Luca envisaged the possibility for the kaleidoscope to become this "automa" and estimated its application in the arts and in the industry. He consequently undertook a scientific study and investigated a way to obtain sketches suitable for embellishing any kind of flat surface by the use of catoptric means; in 1837 he presented the first memory *Sul caleidoscopio e sua applicazione* to the "Accademia delle Scienze" in Naples where he thoroughly analysed the Brewster's kaleidoscope, represented as a cross-section in Fig. 1.

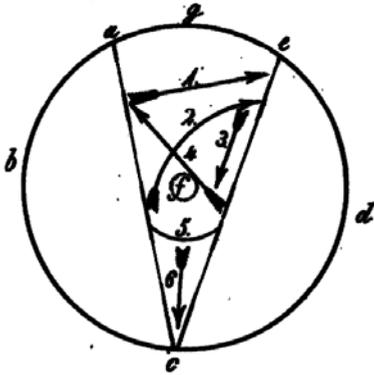


Fig. 1. Section of Brewster's Kaleidoscope.

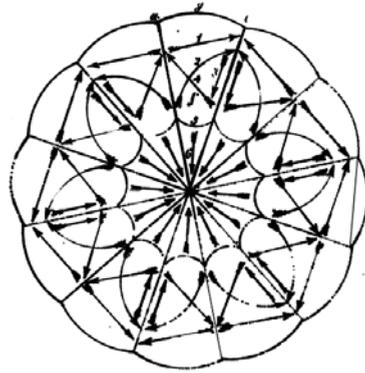


Fig. 2. Ornate images.

The figure shows the mirrors, forming a triangular mixtilinear based prismatic cavity *ace* and *f* indicates the point where the eyepiece hole falls, which “imprisons” the gaze in the prismatic cavity, and its extension, in which the object compartment is to be found. The numbers from 1 to 6 represent the images of the real objects placed in the kaleidoscope, observed in the prismatic cavity with the mirrors deprived of the reflecting power. By restoring mirrors’ reflecting power, the visual completely changes and an optical illusion takes over on the real vision, leading to the vision of 12 symmetrical arranged images and 12 “ornate” as shown in Fig. 2.

Analysing the symmetries obtained as the angle between the mirrors changes according with the formula $360: n$, de Luca identified Brewster's Kaleidoscope as one of many types of catoptric instruments, applicable to the arts. He indicated with the word “morphe” (form) the images and with “adelphos” (brother) the ornamentation obtained by reflection. If n is even, the kaleidoscope yields regular species characterized by a number of perfectly symmetrical images, so from $n = 2, 4, 6 \dots$ originate the species “bimorfa”, “tetramorfa”, “esamorfa”, etc. Whereas if $n = 3, 5, 7$, it generates an asymmetrical image since the number of images produced is uneven, therefore the species “trimorfa”, “pentamorfa”, “eptamorfa” etc. are all irregular. Lastly if n is a fractional value it generates even more irregular species “iperbimorfa”, “ipertetramorfa”, “iperesamorfa”, etc. inasmuch as fractions of non symmetrized images adds up to the whole not symmetrized image.

Depending upon the ways in which objects are presented to the mirrors, kaleidoscopes can be classified into three main genera: simple, compound and mechanical. With regard to the former, the objects are external to the kaleidoscope, which means they exist in the surrounding environment; in compound kaleidoscopes instead, tiny objects are placed in a small container enclosed in the instrument, whereas in mechanical kaleidoscopes a system consisting of two circles rotate in the same or the opposite direction via a system of pulleys. Once examined genera and species, de Luca investigated the varieties and their dependence on the geometry in which the symmetrical images are inscribed. From the law of symmetry he deduced that the only perfectly sym-

metrical figures are circular, elliptic or inscribed in such figures, as in the case of polygons and polypetals. The possible varieties are thus “circolari”, “ellittiche”, “poligone” and “polipetale”. In case the outline of these figures exhibits some mouldings, these moulding varieties should be taken into account and listed along with the already mentioned ones. As an element of variation in the figure and in the outline, de Luca introduced a “benderella”, namely a piece of cardboard (de Luca 1837, pp. 38-44; 101-106; 165-170).

Experimenting with the application of these kaleidoscopes to the arts, de Luca realized the factual impossibility of obtaining sketches to decorate hems and fabrics; he also understood that the exclusive attention he gave to the kaleidoscope of Brewster led him astray: consequently he revised and broadened his previous classification starting from a wide array of potential fields of application which he shall later use as classification criteria to design kaleidoscopes which could be usefully applied to the arts. The variables to which a field to be ornamented is subjected comprehend both the extension and the figure itself; therefore, according to the typology of the fields to be adorned de Luca identified three genera: the first genus, known as “determinato”, includes all the kaleidoscopes through which one can decorate a field circumscribed by a perimeter; the second genus or “semideterminato” is characterized by a field which can be inscribed between two indefinite parallel lines or between concentric circle portions. The third genus, known as “indeterminato” subsumes all the tools which allow to decorate fields without limits and therefore it is well suited to irregular surfaces. In the wake of the previous studies, de Luca analysed the modalities used by the artists to create symmetrical decorations within the fields and then deduced which species give rise to the symmetries. If a given field can be divided by an axis into two opposite but equal parts, it shall be regular, otherwise it shall be irregular. From this assumption, de Luca deduced that the only species that can be found in the genus “determinate” fields are those yielding symmetrical figures such as the “monadelfa”, the “diadelfa”, the “tetradelfa” etc. As regards the case of a “semideterminato” field, symmetry occurs in the repetition of the images inscribed between two parallel lines or between two concentric curves; in the first case rectangular shapes are obtained whilst in the second case the shapes are cuneiforms. As far as the “indeterminato” fields are concerned, symmetry can be attained exclusively by creating a sort of reticulation with rectangular or triangular meshes within which the ornaments are repeated.

In 1842 in a second memory *Sul caledoscopio e sua applicazione*, de Luca presented to the “Accademia delle scienze” a collection of self-built kaleidoscopes, characterized by the presence of two or more mirrors arranged in such a way as to obtain an apparent “determinate”, “semideterminato” and “indeterminato” field. The three orders corresponded to the genera of the first classification: simple, Brewster and mechanical. Each of these orders presents the three previously identified genera. The first is characterized by the presence of two plane mirrors arranged to form an $360:n$ angle, where n is an even number which determines the character of the species (e.g. $n = 2$: the species is “monodelfa”); the author made the first ten species. The distinctive traits of the second genus are two parallel mirrors or three mirrors arranged as the three sides of a rectangular prism, or two opposite non-parallel mirrors; in this case the species depend on

the number and position of the mirrors and are respectively “rettilenea monodelfa”, “rettilenea diadelfa” and “curvilinea”. The third order has a peculiarity that is the combination of three or four mirrors to form a prismatic cavity, whose base’s shape allows to discern the character of the: “diadelfa” (4 mirrors yielding a square or rectangular variety), “triadelfa” (3 mirrors arranged in equilateral triangle) “tetradelfa” (3 mirrors arranged as an isosceles triangle), “esadelfa” (3 mirrors arranged in a way to create an equilateral triangle at base; lacks variety). By using this classification, each genus admits a limited number of species and varieties which is however sufficient to adorn any kind of field presented to the artist (de Luca 1842, pp. 66-71).

Along these lines, de Luca defined the necessary conditions to be fulfilled by the universal kaleidoscope, which he already hypothesized in the first memory of 1837.

3. The Simmetrizzatore

On 5 March 1844, de Luca presented to the “Accademia delle scienze” a memory entitled *Del Simmetrizzatore considerato nella doppia qualità di Caleidoscopio universale e di strumento didascalico* with which he illustrated and described a new self-designed apparatus, the so called “Simmetrizzatore”, initially conceived as a sort of “Pancalidoscopio”, with a dual function: as a didactic tool, useful as a guide to manufacture kaleidoscopes applicable to the ornamental arts as well as an universal kaleidoscope apt to replicate the same effects of every genus, species and variety of special kaleidoscopes. The main element is represented by the quadrangular camera obscura which contains four rectangular flat mirrors supported by metal reinforcements. Two mirrors are hinged by the longest side and connected to a pulley mechanism which not only allows them to simultaneously rotate with respect to the union axis but also enables the transition from a horizontal to a vertical position. One of the two perpendicular side of the camera obscura exhibits the eyepiece which is located at half of the radius of a semicircle with a double gradation, placed at the mirrors’ union axis. Connected to the mirrors there are two indicators, called “vernieri”, which move on the graduated measuring scale and indicate the angle between the two mirrors. Two additional mirrors are to be found within the camera obscura: the first is constantly kept in a vertical position and is parallel to the rotation axis of the two joined mirrors, whereas the second one moves upwards and downwards in a vertical rectilinear motion, remaining opposite and parallel to the first mirror. The “Simmetrizzatore” is provided with a fifth removable mirror that can be used to create some particular species of the “indeterminato” genus. The opposite side to the eyepiece exhibits the opaque crystal and a horizontal shutter that functions both as a “benderella” and a container. In the first case, it outlines the apparent field of the objects’ images that are to be symmetrized and is called “benda”. In the second case it accommodates the objects to be symmetrized which can be held in place by a screw. Subsequent to the description of the instrument, de Luca went further, explaining that in the case of a “determinate” field, all the species can be obtained with a variation of the angle between the hinged mirrors; he however stated that only those yielding regular images and therefore with even values of n (monodelfa, diadelfa, tri-

adelfa, tetradelfa, etc.) are relevant to the purposes of the ornamentation art. In case that the field to be adorned is “semideterminato”, the different distance between the opposite and parallel mirrors along with the variability of the inclination of the two opposite and oblique mirrors, yield all the possible second genus varieties (“rettilinea monodelfa”, “rettilinea diadelfa” e “curvilinea”). With an “indeterminato” field, the square and rectangular varieties of the “diadelfe” species are obtained, after having arranged the four square mirrors, through the progressive movement of the third mirror. The “triadelfa” species in the equilateral triangular variety is obtained with the addition of a fifth mirror superimposed on the first and second ones inclined at 60° ; the two remaining mirrors are darkened. The other species of the third genus (“tetradelfa” and “esadelfa”) are attained by combining three mirrors respectively arranged as isosceles rectangular triangle and as equilateral triangle with 60° or 30° angles.

The “Simmetrizzatore” is therefore a versatile instrument, able to reproduce the species and varieties of each of the three kaleidoscope orders. In the case of the first order, the objects to be symmetrized are fixed to the “benda”; in the second order the position and the objects’ arrangement are left to chance through the use of a rotating box; in the third order the symmetry resulting from the moving objects is achieved by sliding the objects between the two sheets of the “benda” or by moving the “benda” itself along the grooves.

5. Conclusions

In his *Treatise on the Kaleidoscope*, Brewster (1819) didn’t think of a purely recreational use of the instrument; being an optimistic Victorian scientist, his inventions aimed to be useful and improve the everyday life, with a particular regard to the decorative arts. Despite its public acclaim and success, the kaleidoscope is still regarded as having a predominant amusing function (Correia 2016, pp. 1-7).

Reports revealing the application of the kaleidoscope to the figurative arts came from the “Accademia delle belle arti” in Bologna where the illustrious professor of “ornato architettonico” (architectural decoration) Antonio Basoli

Si avvide che, non che essere semplice trastullo, poteva detto Caleidoscopio tornare utilissimo per scompartimenti di soffitti e volte, per fregi da ricami, per intrecci d’inferriate da finestre, e servire non meno per la distribuzione di parterre o ajuole da giardino (Bosi 1834-36, pp. 103-108).

Basoli obtained five variants of the “Brewster kaleidoscope” using a black cardboard, varying the number of mirrors from a minimum of two to a maximum of four and changing their arrangement within the Kaleidoscope, alternately arranging them in parallel, perpendicularly or in such a way to form the angles of a pentagon or any other even-sided polygon. A study similar to the Basoli’s one was carried out in Naples by Paolo Anania de Luca, whose initial intention was the application of the tool to the visual arts and industry, undertook a meticulous and original scientific research as wit-

nessed by the words of the physicist and mathematician Ferdinando De Luca¹ in his report to the “Accademia delle scienze” on the work of the Irpinian scientist:

Il lavoro del sig. Paolo Anania de Luca è uno di quei capi d’opera che fanno conoscere nell’autore una mente chiara, una perfetta cognizione della catottrica, e una certa ostinazione a vincere ogni ostacolo. Non sapremmo se lodarlo per lo servizio reso alle arti, o per la severità matematica, e la esattezza del metodo con cui ha saputo ordinare una serie di novità da lui scoperte (Ferdinando De Luca 1843).

The originality of de Luca’s work is to be seen in the systematic classification of kaleidoscopes which, although partly harking back to the Brewster’s one, is enriched with the introduction of the varieties. A further distinction between the works of the two scientists can be drawn: one hand, the Scot restricts his study to the theory as he just assumed the existence of different genera and species but only commissioned the realisation of a single type of instrument; conversely, the skilled mechanic de Luca made different species of kaleidoscope belonging to different genera with the intent to solve the issues related to the ornamentation of heterogeneous surfaces.

Il caleidoscopio da semplice gioco ottico, diviene nelle mani di de Luca uno strumento utile a tutte le arti. Infatti tutti coloro che sono dediti alla decorazione, dal pittore al ferraio, dal ricamatore al gioielliere, possono servirsi di questi semplici strumenti per ottenere un numero inesauribile di bozzetti diversi e simmetrici (De Luca 1843, pp. 52-54).

Noteworthy is also the introduction of the “benderella”, which, although recalling Basoli’s black card, has a more complex function. Another innovative feature introduced by de Luca concerns the mechanical kaleidoscopes, formerly hypothesized by the Scottish physicist; here de Luca stands out for the non-random position of the moving objects allowing to obtain pre-established kaleidoscopic figures that can be used for the “fuochi cinesi” (fireworks).

The greatest merit of the Irpinian scientist is however, the condensation of all his researches and studies in a single instrument of his invention, the “simmetrizzatore”: an instrument with the dual function of universal kaleidoscope and didactic tool, useful to experimentally prove the laws of symmetry involved in the construction of kaleidoscopes applicable to the arts.

De Luca remaining kaleidoscopes series along with part of the “simmetrizzatore” (Fig. 3) are currently housed in the Museum of Physics of the Università di Napoli Federico II. They undeniably represent the inspiration and starting point for the present work which allowed to retrace the story of these unique instruments as well as to cast a new light on the ingenious scientist who Paolo Anania de Luca was.

¹ De Luca Ferdinando (Serracapriola 1783-Napoli 1869) wasn’t a relative of Paolo Anania de Luca.



Fig. 3. Caleidoscopi e Simmetrizzatore conservati nel Museo di Fisica.

References

- Bosi G. (1834-1836). “Il sig. prof. Basoli di Bologna applica a meraviglia il Caleidoscopio, onde ricavare scomparti per soffitti, fregi da ricamo ecc”. *Bollettino delle cognizioni industriali dilettevoli e scientifiche*, Bologna: Tip. Dall’Olmo e Tocchi, pp. 103-108.
- Brewster D. (1819). *A Treatise on the Kaleidoscope*. Edinburgh: Archibald Constable and Co.
- Correia D. (2016). “The Scientific Nature of the Kaleidoscope”. URL: <https://qzprod.files.wordpress.com/2017/06/f1520-bulletin_december_2016_correira.pdf> [access data: 07/03/2018].
- De Luca F. (1843). “Relazione alla Real Accademia delle Scienze intorno a’ sistemi di Caleidoscopi proposti dal chiarissimo sig. Paolo Anania de Luca, socio corrispondente della medesima”. *Rendiconto delle adunanze e dei lavori della Reale Accademia delle Scienze. Sezione della Società Reale Borbonica di Napoli*, 2, pp. 52-54.
- de Luca P.A. (1844). “Del Simmetrizzatore considerato nella doppia qualità di caleidoscopio universale e di strumento didascalico”. *Rendiconto delle adunanze e dei lavori della Reale Accademia delle Scienze. Sezione della Società Reale Borbonica di Napoli*, t. III, pp. 161-166.
- de Luca P.A. (1842). “Seconda Memoria sul caleidoscopio e sua applicazione alle arti ornamentali”. *Rendiconto delle adunanze e dei lavori della Reale Accademia delle Scienze. Sezione della Società Reale Borbonica di Napoli*, 2, pp. 66-71.
- de Luca P.A. (1837). “Il Caleidoscopio e sua applicazione”. *Giornale di farmacia-chimica e scienze accessorie o sia raccolta delle scoperte, ritrovati e miglioramenti fatti di farmacia e di chimica*, 14, pp. 38-44; 101-106; 165-170.
- Di Nunno A. (2012). “de Luca il patriota scienziato che onorò l’Irpinia”. URL: <<http://giornalelirpinia.it/index.php/component/content/article/3-cultura/1711-de-luca-il-patriota-scienziato-che-onoro-lirpinia?format=pdf>> [access data: 5/03/2018].
- Imbriani P.E. (1864). *Parole epicedie per Paolo Anania De Luca professore onorario della Università napoletana*. Napoli: Stamperia della Real Università.

Clockmakers, makers and collectors of scientific instruments in Verona in the first half of the 19th Century

Roberto Mantovani – Department of Pure and Applied Sciences (DiSPeA), Physics Laboratory: Urbino Museum of Science and Technology, University of Urbino Carlo Bo – roberto.mantovani@uniurb.it

Abstract: In the first half of the 19th century, a positive technical-scientific environment developed in Verona, thanks to the fortunate presence of the physicist Giuseppe Zamboni, designer of several and important scientific instruments, professor of experimental physics and member of the “Academy of Agriculture”. Zamboni was able to gather around his lively scientific activities a good deal of local people devoted most of all to precision mechanics and to the study of experimental sciences and their apparatuses. These people’s activities mainly revolved around two important institutions in the city of Verona: the “Imperial real Liceo Convitto” and the “Academy of Agriculture, Commerce and Arts”. Among these people, Gaetano Spandri’s work stands out: he was a friend and collaborator of Zamboni’s, an enthusiast of physical sciences, a private collector and a maker of scientific instruments. The paper will also consider other Veronese mechanics’ scientific activity, who worked with the “Academy of Agriculture” and with Zamboni, contributing to the creation of innovative scientific instruments.

Keywords: Scientific instruments, Giuseppe Zamboni, Gaetano Spandri, Carlo Streizig, Giacomo Bertoncetti, Antonio Camerlengo.

1. A scientific leader: Giuseppe Zamboni

In the first half of the 19th century, the city of Verona became a place of lively technical-scientific activity mainly thanks to the work of abbot Giuseppe Zamboni, a famous physicist who took advantage of the presence, in the city of Romeo and Juliet, of a great deal of skilled clockmakers, mechanics and makers of scientific instruments. In addition to these people, Zamboni was able to work together with an eclectic local scientist, Gaetano Spandri, defined by the physicist Francesco Zantedeschi as a “dedicated enthusiast of physical sciences” (Zantedeschi 1842, p. 74). Zamboni, as is known, practiced his didactic and technical-scientific activity mainly at the “Imperial reale Liceo Convitto” (today the “Scipione Maffei High School” in Verona) where, from 1805 to his death, he taught experimental physics. At the same time, he was also an influential member of the “Academy of Agriculture, Arts and Commerce”, a Verona in-

stitution since 1768 and which today is called “Accademia di agricoltura, scienze e lettere”. This institution played an essential role in promoting the technical-scientific culture in Verona, from its foundation through the 19th century. In fact, this diligent promoting activity involved not only the fields of Agriculture, Meteorology and Agricultural Engineering, but also the products of the technology of the time, which were then spreading in the fields of Mechanical Arts, Commerce and Industry. As a matter of fact, from the end of the 18th century until the 1870s, the Academy organised public industrial exhibitions every three years where inventors, engineers and mechanics presented their bright products. The worthiest were evaluated and awarded by a designated panel made up of some members of the Academy. Back to Zamboni, his name is linked mainly to the design and making of several and important scientific instruments. We will briefly illustrate only his most meaningful apparatuses (for a complete examination see Mantovani, Negrini 2012).

In 1812 he published a memoir on the dry pile (Zamboni 1812), a variation of Volta’s battery he had been working on since 1800, as proof a letter answering Luigi Sebastiano Alloy, sent by Zamboni on 4th July 1800, where he gave some advice for the making of a dry pile. His idea was to make a more powerful and, at the same time, more lasting apparatus than Volta’s column pile. The result was a pile capable of running on charge and working for a very long time, even several years. It did not have any acids or other liquids that could damage the metals, and it could result in very high potential differences (from hundred to thousand volts) supplying low-intensity currents, within the μA . By using this pile, the abbot from Verona made a couple of somewhat interesting scientific apparatuses. The first one, designed around 1812, was the “electromotive perpetual pendulum”, that is a spectacular electric pendulum for demonstration purposes only and in perpetual motion. This apparatus was made up of a thin metallic ring pivoted on a light pendular axis. The ring was attracted and repulsed alternately by the poles of a pair of Zamboni dry column piles, so that the pendular axis could keep its oscillations continuously for several years. In Italy we have very few existing examples of this electrostatic pendulum.¹ The oldest one is a model given by the grand duke of Tuscany, Ferdinand III, to the Sienese Athenaeum in 1816, and is kept at the Museum of physics instruments of the University of Siena (Fig. 1). The second apparatus was made in 1814 and came from the idea of changing the previous model. The main change concerned the mechanics of the pendulum axis, which could activate a cogged wheel.

This modification turned the electromotive perpetual pendulum into a verge escapement clock, but with an electric propulsion system, an apparatus Zamboni perfected in the following years. To produce, repair and improve his apparatuses, Zamboni took advantage of a lot of clockmakers, makers and mechanics from Verona, whose activities mainly gravitated between the “Imperial reale Liceo Convitto” and the Academy of Agriculture of Verona. But, he had the worthiest and most personal collabora-

¹ Three models are kept in the ancient cabinets of Physics of High Schools and, precisely, Liceo Classico “Scipione Maffei” of Verona, Liceo Classico “Virgilio” of Mantua and Liceo Classico “Marco Foscarini” of Venice (piece incomplete), today known as Museum of Physics “Antonio Maria Traversi”.

tion with the already mentioned Gaetano Spandri, a local scientist, well-off and holding no official task, with whom he was both friend and scientific partner for all his life. So, who was Spandri?



Fig. 1. Electromotive perpetual pendulum dated 1816. By courtesy of Physics Collection of Scientific Instruments, Department of Physical Sciences, Earth and Environment, University of Siena.

2. A physics outsider: the amateur scientist Gaetano Spandri

Spandri was born in Verona on 30th July 1796. We have very little information on this eclectic scientist, an enthusiast of Astronomy, Meteorology, Natural Sciences and, above all, Physical Sciences. He was interested in electricity, optics, geomagnetism and electroplating. He was one of Zamboni's friends and scientific partners and was appreciated by several Italian physicists of the time, such as Francesco Zantedeschi (1797-1873), Giuseppe Belli (1791-1860), Francesco Carlini (1783-1862) and father Giambattista Pianciani (1784-1862) who defined him a "very learned and diligent person in experimenting" (Pianciani 1844, vol. II, p. 71). As a matter of fact, he was a truly skilled experimenter, but he was appreciated most of all as a maker of sundials and scientific instruments², a skill everybody recognized. He owned a remarkable private collection of scientific apparatuses that he kept in a large room of his private flat in Verona; it can still be visited today in the old town, in *via Mazzini* (*via Nuova* at that time), on the corner of *Via Quattro Spade*. His father, a rich and very religious merchant, gave him a strict religious upbringing which was to mark his entire life. In Verona he attended the Catholic schools of the Stigmata and St. Sebastian's, standing out for his strong interest in the scientific subjects. He was a close and devoted friend of father Gaspare Bertoni (1777-1853), founder of the "Stimmatini" religious Order, who encouraged him to an intensely Christian life. When he was twenty-one, he married Virginia, the young and educated daughter of an aristocratic man from Verona, Domenico Monga, who gave him a son, Giuseppe (1819-1881)

² Anyway, we know that, for more complex works, Spandri relied on his own trusted instrument makers.

who became a rather unsuccessful poet and philosopher. Marriage improved Spandri's social status; without regard to the cost, he equipped his home with a fine library, an observatory and a large collection of scientific instruments, which he patiently increased for all his life. From 1838 on, he was a member of the "Accademia di agricoltura, arti e commercio" of Verona. Here he was appointed several offices, which he kept until his death. Among his responsibilities we should remember when, in 1848, the Academy asked him to regularly monitor the weather in Verona, which he did at his private observatory. Spandri also wrote several scientific memoirs for the Academy – almost all of them are unpublished and are now kept at the archive of the "Accademia di agricoltura, scienze e lettere" of Verona.

In 1847, by notary deed, Spandri gave his whole collection of scientific instruments to the Jesuit College in Verona. Anyway, the collection was in fact given only after his death, in February 1860. Spandri died on 30th September 1859. For his works of genius, he was buried, as an eminent citizen, at Verona monumental cemetery, in the central body of the "Pantheon Ingenio Claris" (Mantovani, Briganti 2017, p. 208).

2.1. Spandri's Cabinet of Physics

Giovanni Antonio De Campostrini (1792-1846), member and president (from 1842 to 1845) of the "Academy of agriculture, arts and commerce" of Verona, in outlining a brief profile of Spandri, underlined how he had spent gold and silver in creating his rich cabinet of physics:

Mr. Gaetano Spandri, an impeccable man, very clearly showed his love and study in the experimental disciplines, collecting at his house a rich cabinet of physics, not out of conceited vanity, but for the benefit of studies; because of the things they love the most, men are used giving gold and silver, and when they spend they reveal themselves better than in any other thing (De Campostrini 1840, p. 131).

From a handwritten source, we learn that Spandri started to collect scientific instruments in 1829. In a few years, he was able to buy apparatuses of physics and astronomy thanks partly to his wife's financial help and partly to his passion and talent. From a handwritten inventory, dated 1847, we learn that his collection consisted of 122 pieces, some of which equipped with numerous accessories (ASVR, IV.15.III-VIII).

Magnetism and static and dynamic electricity are the most represented fields. Among the most important pieces, there was an electroplating apparatus to make medals, a "Dal Negro temporary magnet", one Newman's magneto-electric machine commissioned by Zamboni to Spandri himself (for the building of this machine see Mantovani, Briganti 2017, pp. 209-210; pp. 213-216), an induction coil called Callan's machine (for its history see Mantovani 2015, pp. 88; 90) and some instruments designed and commissioned by Zamboni, such as the dynamical electroscope, the electromotive perpetual pendulum and the electric clock. As regards Optics, some microscopes by Giovanni Battista Amici and a telescope by the Viennese instrument-maker Plössl. For Meteorology, some instruments by the maker canon Angelo Bellani (1776-1852) from Monza. Lastly, for Pneumatics, at number 57 of the inventory, a double-barrelled air pump, with three accessories, stands out. Chronicles have it that Spandri used this pump for a curious religious purpose.

2.2. *The air pump and blessed Bertoni*

We have already hinted at the fact that Spandri was fascinated by blessed Gaspare Bertoni, founder of the “Stimmatini”. He loved and esteemed this person for all his life. When Bertoni died, in 1853, the chronicles of the time reported a curious episode regarding Spandri. Some followers of Bertoni’s – and particularly Spandri – demanded that the government buried the venerable Bertoni’s body in the Church of the Stigmata and not at the town cemetery. The request called for a long procedure before approval; so, in the meantime, the health authorities imposed a temporary burial according to the rules of the time. They wanted that a second zinc coffin closed the first one through tin welding. During this procedure, it was decided to put a parchment in Latin with biographical data on the saint’s “holy life” and “sublime virtues” in the entombment. Spandri himself carried out this task: between the two coffins he put the parchment inside a metal tube, about one meter long, and this, in turn, was closed inside a second glass tube from where he pulled out the air with the air pump (Giacobbe 1858, pp. 187-189; Dalle Vedove 1991, pp. 694, 700).

To this purpose Spandri almost certainly used the double-barrelled air pump described at n. 57 of the 1847 inventory of his machines. In this inventory the apparatus is referred to as a “pneumatic machine with professor Belli’s improvement, so that vacuum arrives at a pressure of just one-third of mercury line” (ASVR, IV.15.III-VIII). It was a typical double-barrel brass air pump having a “crystal plate (for the crystal bell) reinforced in brass with a pedestal and a tap, portable, for vacuum”. It had the following accessories: five crystal bell jars of the open, closed and reinforced type, the last one with a manipulator or a sliding brass rod to operate from the outside; some maintenance mechanical wrenches; an air-pump gauge; a couple of apparatuses for the experiments in vacuum, namely the expansive force of bladder (using an armed box with above double lead weights) and the fishes placed in water, both under an exhausted receiver.

From a mechanical point of view, the main innovation of this air pump was the presence of a special pneumatic air tap devised in 1827 by the physicist Giuseppe Belli (1791-1860) who, thanks to appropriate changes of the connections between the barrels and the plate, greatly improved the machine’s ability of rarefaction. With this machine, Spandri tried to experiment with the burning of phosphorous in contact with iodine in a vacuum. He came up with the idea while he was reading a memoir by Gazzaniga published in 1833 in the *Annals of Sciences of the Lombard-Venetian Kingdom* (Gazzaniga 1833). At the end of the memoir abstract, written to validate Gazzaniga’s entrance as an honorary member of the Academy, Spandri added:

Then, thanks to my pneumatic machine with Belli’s improvement, I tried to make this phenomenon also happen in a vacuum, whose remaining pressure was almost half a barometric line (AASLVR, 1839.08.283, synthesis of memory n. 4).

3. Other makers and mechanics from Verona

In Verona Zamboni and Spandri enjoyed a scientific environment, which was extremely lively and active, thanks to the presence of a good deal of mechanics and makers of scientific instruments. We mean Carlo Streizig, Antonio Pozzi,³ Domenico Zamboni and Giovanni Bianchi⁴. As regards the *Academy of Agriculture*, instead, we are referring to people like Giacomo Bertoncetti, Antonio Camerlengo, and the mechanical engineer Bartolomeo Avesani.⁵ Without claiming to be complete, I am going to introduce some short scientific profiles of some of them.

3.1. Carlo Streizig

We have very little information about this talented clockmaker and mechanic. He was a machinist at the Cabinet of Physics of the “Imperial reale Liceo Convitto” of Verona and worked with the physicist Giuseppe Zamboni for several years. At the same time, he ran a mechanical workshop in Verona, where he would sell apparatuses of Physics and Mechanics. Under Zamboni’s supervision, he made some models of the “electromotive perpetual pendulum”, at first for the “Liceo Convitto” Cabinet of Physics and then on his own to the benefit of his mechanical workshop. From an undated price list named *Catalogue of instruments that can be sold in the shop of the clockmaker and machinist Streizig in Verona* (Pieri 1950, p. 49), we learn that Streizig sold three models of the electromotive perpetual device: the basic model with the Zamboni piles, costing 5 Luigi (the Lombardo-Veneto currency); the clock model, marking hours and minutes, with an enamelled dial, decorated in gilded metal, costing 10 Luigi; an identical model but “with a fine gilded clock machinery”, costing 12 Luigi.

As Zamboni himself says, the first model of a clock obtained by modifying the electromotive perpetual pendulum was made by Streizig in 1814. At first, it only had the hour hand on its dial. A jointed lever pivoted on the vertical pendulum, swinging, pushed the tooth of one wheel every two oscillations (Zamboni 1822, p. 345). Starting from February 1815, thanks also to the evolution of the dry pile, Streizig improved the clock mechanics, developing a 2-wheel mechanism which marked hours and minutes (Zamboni 1816, pp. 32-36). A model signed “Streizig Verona”, the only surviving one, is preserved in Modena at the Civic museum of art, section “scientific instruments”. The design and construction of this electrostatic clock were claimed by Francis Ronalds in England and by the machinist of the “Royal academy of sciences” of Munich, Mr Ramis. Zamboni defended with many reasons the precedence of his apparatus.

Streizig proposed and also produced other scientific instruments. For instance, he simplified Read’s syringe to extract poison from the stomach (Zamboni 1831, p. 277) and

³ In 1817, this mechanical watchmaker applied the anchor escapement to the “electromotive perpetual pendulum”.

⁴ At the “Liceo Scipione Maffei” of Verona is still preserved a fine electric clock built and signed by G. Bianchi (1780-1858).

⁵ Avesani is mainly remembered for the invention of a new “simple and cheap” steam machine (Scopoli 1831), awarded with the gold medal and for this, he was appointed corresponding member of the Veronese Academy.

made for Giacomo Bertoncetti a new hypsographic scale for barometers (Bertoncelli 1817, pp. 16; 110).

At the Scales Museum in Campogalliano (Modena) there is a hydrostatic scale signed “Made by Streizig in Verona 1816”. Finally, at the “Scipione Maffei” High School in Verona there is a rare brass microtome for histological sections, which has engraved on the base: “Made by Streizig in Verona 1815” (Fig. 2).



Fig. 2. Microtome signed by C. Streizig. By courtesy of “Scipione Maffei High School” in Verona.

3.2. Giacomo Bertoncetti

The Veronese Giacomo (sometimes Jacopo) Bertoncetti (1783-1848), eclectic scientist and technician, was a pharmacist, botanist, chemist, physicist and meteorologist. At first, he was assistant in the Physics and Chemistry classes at the “Imperial reale Liceo Convitto” in Verona, then, until 1820, teacher of Chemistry, Botany and Drawing, and finally professor of Pharmaceutical chemistry at Verona civic hospital. In 1817 he published a work, that was somewhat criticised by the physicists of the time.⁶ It was divided into two parts: the first part was a compendium on theory and practice of barometric levelling; the second one described in practice the use of a new scale, invented by the author, called hypsographic (Bertoncelli 1817). This scale was adopted for barometers and allowed measuring the height of places without calculating or consulting the barometric and hypsometric tables.⁷ From a letter published by Dandolo (1819, pp. 266-272), we learn that, starting from 1818, he engaged in sericulture, an activity he practiced thanks to a silk-worm nursery placed in St. Anastasia in Verona; next to it there was a shop, called “Ber-

⁶ Specifically, the opinions dealt with the lack of corrections due to air humidity and to the capillary action of the barometric tube.

⁷ The value, then, had to be correct for air and mercury temperatures.

toncelli's spicery", where he even sold thermometers for silkworms.⁸ In August 1826, he became a member of the "Academy of agriculture, arts and commerce" of Verona where he made agrarian observations from 1831 to 1847. In 1841 he was officially appointed "meteorological observer" (Bertoncelli 1842) at the "Botanical-agrarian garden" of the Academy. In 1842, after De Campostrini's appointment to director of the Academy, Bertoncelli was appointed director of the "Botanical-agrarian garden"; his position of meteorological observer was given to Giuseppe Zamboni, who held it until the end of 1845, while still taking advantage of Bertoncelli's cooperation. With the death of Zamboni in 1846, the position of meteorological observer returned to Giacomo Bertoncelli who kept it until his death in August 1848.⁹ In 1842 and 1844, he joined the fourth and sixth meeting of Italian scientists, held in Padua and Milan (Cantù 1842, p. 40; Riunione degli scienziati italiani 1844, pp. 15; 26). Finally, in 1842, in cooperation with Gaetano Spandri, he became interested in Electroplating, a new electro-chemical technique invented some years earlier, which permitted the reproduction of small objects by depositing a thin layer of metal on a special non-conductive mold that acted as the cathode of an electrolytic cell. On this subject, Bertoncelli and Spandri presented a memoir that is still preserved today in the Academy's archives, and that was read in a public session on May 12, 1842 (AASLVR, b. III, 21).

3.3. Antonio Camerlengo

Clockmaker from Verona and a fine producer of scientific instruments, Antonio Camerlengo (1768-1836) mainly worked as mechanic for the "Academy of agriculture" of Verona. He submitted to the Academy some of his inventions, and collected several awards, deserving the high qualification of academic machinist since 1815 (Carli 1815, pp. 439-441). In 1802, Camerlengo presented the Academy a pendulum clock with a new escapement, followed, two years later, by a machine for making and shaping clocks' toothed wheels, both awarded by the Academy.¹⁰ In 1806, as suggested by Zamboni, he built, among the first in Italy, the Atwood machine, an apparatus to test the Newton's laws of motion (uniform and uniformly accelerated) that Zamboni used for several years when teaching at high school (Zamboni 1843). This machine, which is now kept in the Cabinet of Physics of "Scipione Maffei" High School in Verona, bears the signature "Made by Antonio Camerlengo in Verona, 1806" engraved on the low friction brass tribometer.¹¹

In 1808 he presented the "Macchina correzionale dell'argano" (Camerlengo 1808), namely a Corrective machine of the hoist. It was a hoist that multiplied the acting force,

⁸ Some of these thermometers were made by Bertoncelli, others were made by canon Angelo Bellani (famous maker of scientific instruments for Meteorology) who kept, at the "Bertoncelli's spicery", his own store of scientific instruments (Bertoncelli 1838, p. 242).

⁹ Giacomo's son, Bartolomeo Bertoncelli, also a member of the "Academy of agriculture" of Verona, carried on his father's activity and became a meteorological observer of the Academy in 1854, an office he kept without interruption until 1898 (Accademia di agricoltura, scienze e lettere di Verona 1971, p. 60).

¹⁰ The machine for toothed wheels was donated by the Academy to Napoleon I, emperor of the French and king of Italy, during his visit to Verona on 13th June 1805.

¹¹ A similar machine, but with a much simpler tribometer, signed "Made by Giuseppe Stefani in Padua in 1806", is now kept at the Museum of Physics "Antonio Maria Traversi" in Venice.

corrected some typical defects of its usage, and made it safer in the civil, military or nautical field. For instance, it safely blocked a load at a given height, or winched it up/down with no danger.

From 1820, Camerlengo stood out in the improvements to the electric clock. In 1821, he made one with two wheels: it operated with a drive power of about one third the power needed to operate the previous models (Stratico 1839, pp. 316-317). Then there was the invention, in 1823, of a pocket watch with a “perpetual” cord that kept the watch always charged by means of a weight and a counterweight, both powered by Zamboni’s electrostatic clock. The next improvement was to eliminate the cord and weights to keep it loaded. From this moment on, the electric clock entered the stage of its best perfection. Zamboni relied on Camerlengo’s technical-scientific skills to make a particularly innovative clock as regards its mechanics and power electric source. The mechanism was equipped with a gridiron pendulum (iron and brass system) to neutralize the thermal expansion and with a low-friction gear train to facilitate the motion of the pendulum. The brand-new pendulum regulator wall clock, called “royal”, was introduced by Camerlengo to the Academy in a letter of May 1827, which is now preserved in the archives of the “Academy of agriculture” of Verona (AASLVR, b. 1827). This sophisticated athermic “royal pendulum” was accurate to the second.

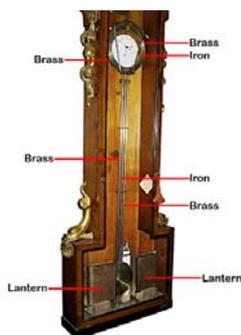


Fig. 3. The Royal Pendulum built by A. Camerlengo in 1827. By courtesy of “Accademia di agricoltura scienze e lettere” in Verona.

The clock was housed in a wooden and glass case about one meter long (Fig. 3) and the pendulum moved isochronously between the opposite poles of two Zamboni dry piles. Its propulsive mechanics was based on the oscillatory motion of the circular brass mass of the pendulum within two brass plates, both bent into a “U” shape, called “lanterns”. The mass controlled the movement of a three-wheeled gear train which marked the hours, minutes and seconds on the clock face. The most meaningful innovation were the lanterns themselves, which were charged with opposite electric charges by two Zamboni dry piles. When the pendular mass entered a lantern, it touched the curved plate, charged itself with the same electric charge and was repulsed towards the second lantern which, meanwhile, being charged with the opposite electric charge, attracted it to its side; the pendular mass

came into contact with the second lantern, was repulsed, and so on, cyclically powering the pendular motion.

This clock was tested in the “Liceo Convitto” Cabinet of Physics in Verona by Zamboni who, with satisfaction, in a letter dated May 29, 1827, certified for the Academy its very good structural quality and its undeniable mechanical advantages.

References

- Accademia di agricoltura, scienze e lettere di Verona (1971). *Celebrazione del secondo centenario, 1768-1968*. Verona: Stei.
- Bertoncelli G. (1842). “Osservazioni meteorologiche per l’anno 1841 scritte dal Sozio Giacomo Bertoncelli d’ordine dell’Accademia d’Agricoltura, arti e commercio in Verona”. *Memorie dell’Accademia d’agricoltura, commercio ed arti di Verona*, 20, pp. 157-173.
- Bertoncelli G. (1838). “Avviso”. *Foglio di Verona*, 55, p. 242.
- Bertoncelli J. (1817). *Descrizione ed uso di una nuova scala da applicarsi al barometro per conoscere le altezze dei luoghi senza calcolo, cui precede un compendio teorico-pratico su le livellazioni barometriche con tavola in rame*. Verona: Mainardi.
- Camerlengo A. (1808). *Descrizione della macchina correzionale dell’organo di Antonio Camerlengo dedicata al signor Leonardo Thiene*. Verona: Stamperia Ramanzini.
- Cantù I. (1842). *Sulla quarta riunione degli scienziati italiani in Padova. Lettera d’Ignazio Cantù membro di quel congresso al fratello Cesare*. Milano: Tip. Pirola.
- Carli A. (1815). “Storia dell’Accademia d’agricoltura, commercio ed arti di Verona dall’anno 1801 fino al 1809”. *Memorie dell’Accademia d’agricoltura, commercio ed arti di Verona*, 5, pp. 359-448.
- Dalle Vedove N. (1991). *San Gaspare Bertoni e l’istituto delle “Stimate” nella prima metà dell’800 veronese (1816-1855)*, parte III (1839-1855), vol. 6. Roma: Postulazione generale Stimmadini.
- Dandolo V. (1819). *Storia dei bachi da seta governati coi nuovi metodi nel 1818 nel regno Lombardo-Veneto e altrove con una quarta parte relativa alla malattia del segno o calcinaccio*. Milano: Sonzogno.
- De Campostrini G.A. (1840). “Storia degli anni 1836, 1837, 1838 compilata dal Socio Giovanni Antonio De Campostrini”. *Memorie dell’Accademia d’agricoltura, commercio ed arti di Verona*, 16, pp. 57-134.
- Gazzaniga C.L. (1833). “Circa lo sviluppo di calore e di luce anche a temperature molto basse nel contatto del fosforo coll’iodio. Con annotazione finale di A. Fusinieri”. *Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto*, 3, pp. 225-228.
- Giacobbe G. (1858). *Vita del servo di Dio Don Gaspare Bertoni sacerdote veronese fondatore della congregazione eretta alle Stimate de’ rr. pp. missionari apostolici scritta pel M. R. Parroco della ss. Trinità Don Gaetano Giacobbe*. Verona: Tip. Frizierio.
- Mantovani R. (2015). “An original Mid-Nineteenth Century scientific instrument in Italy: Vincenzo Vignola’s induction Coil”. *Advances in historical studies*, 4 (2), pp. 85-96.

- Mantovani R., Briganti G.M. (2017). “La corrispondenza scientifica tra il veronese Gaetano Spandri e il gesuita Giambattista PIANCIANI”. *Rendiconti dell’Accademia nazionale delle scienze detta dei XL. Memorie di scienze fisiche e naturali*, 41 (2), pp. 205-237.
- Mantovani R., Negrini F. (2012). *Zamboni e i suoi strumenti: le origini della collezione storica del Liceo Ginnasio “Scipione Maffei” di Verona*, in Mantovani R. (a cura di), *Atti del XXX congresso nazionale della Società italiana degli storici della fisica e dell’astronomia*. Urbino: Argalia, pp. 317-334.
- Pianciani G.B. (1844). *Elementi di Fisico-Chimica di G. B. Pianciani della Compagnia di Gesù*, III edizione ritoccata ed accresciuta dall’autore, Roma: Marini e Compagno.
- Pieri G. (1950). “L’abate Giuseppe Zamboni inventore della pila a secco e del primo orologio elettrico”. *La Clessidra*, 5, p. 49.
- Riunione degli scienziati italiani (1844). *Diario della sesta riunione degli scienziati italiani convocati in Milano nel settembre 1844*. Milano: Tip. Pirola.
- Scopoli G. (1831). “Rapporto della commissione incaricata di esaminare la macchina a vapore del signor ingegnere meccanico Bartolommeo Avesani”. *Memorie dell’Accademia d’agricoltura, commercio ed arti di Verona*, 13, pp. 4-12.
- Stratico S. (1839). *Galvanismo*, in *Nuovo dizionario universale tecnologico o di arti e mestieri e della economia industriale e commerciante*, vol. 24. Venezia: Giuseppe Antonelli, pp. 272-360.
- Zamboni G. (1843). “Nuova maniera di esperimenti sulla misura delle forze centrifughe”. *Memorie dell’I.R. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti*, 1, pp. 413-417.
- Zamboni G. (1831). “Storia negli anni 1827-28-29”. *Memorie dell’Accademia d’agricoltura, commercio ed arti di Verona*, 12, pp. 229-294.
- Zamboni G. (1822). *L’elettromotore perpetuo. Trattato dell’abate Giuseppe Zamboni uno de’ quaranta della Società italiana delle scienze, professore di Fisica sperimentale e Matematica applicata nell’I. R. Liceo di Verona e membro di varie accademie*. Parte II. Verona: Tip. Erede Merlo.
- Zamboni G. (1816). *All’Accademia reale delle scienze di Monaco. Lettera dell’ab. Giuseppe Zamboni prof. di Fisica nel C. R. Liceo-Convitto di Verona sopra i miglioramenti da lui fatti alla sua pila elettrica*. Verona: Ramanzini.
- Zamboni G. (1812). *Della pila elettrica a secco. Dissertazione dell’abate Giuseppe Zamboni professore di Fisica generale e particolare nel Regio Liceo-Convitto di Verona*. Verona: Ramanzini.
- Zantedeschi F. (1842), “Di alcune modificazioni fatte alla macchina magneto-elettrica di Newman e dei speciali esperimenti eseguiti con essa”. *Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto*, 12, pp. 73-82.

Archival sources

Verona:

Accademia di agricoltura, scienze e lettere (AASLVR),

- B. III, 21, cc. 1-14, Bertoncelli G., Spandri G. *Sopra la Galvanoplastica*, 1842.
- 1839.08.283, cc. 1r-8r, Spandri G. *Elenco delle memorie pubblicate dal dottor Cesare Leopoldo Gazzaniga di Pavia professore di fisica e storia naturale nell'Istituto filosofico di Desenzano, accompagnata ciascuna memoria da un breve sunto*, 1839.
- B. 1827, Antonio Camerlengo presenta il suo nuovo orologio, 29 maggio 1827.

Archivio di Stato (ASVR),

- IV.15.III-VIII, 10 marzo 1847. Istromento. Rogito 2338 del Notaio Giuseppe Donatelli di Verona.

Paolo Volpicelli: a scientist's career in papal Rome

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

Abstract: Paolo Volpicelli headed Roman Institute of Physics from 1847 to 1872. During the years of teaching, he was involved in the arrangement and expansion of the Physical Cabinet. Assisted by mechanics Luigi and Giacomo Luswergh, he invented several scientific instruments, useful for his researches. He studied mathematics, theoretical physics (straight motion, Newton's law) and experimental physics (acoustics, electricity). He wrote over 270 essays. He was particularly interested in meteorology. For several years, he made regular observations at the university observatory. In 1872, he left the teaching of Experimental Physics (Pietro Blaserna succeeded him) and he took the one of Mathematical Physics. The documents in the Sapienza archive allow us to understand many aspects concerning both his teaching activity and the management of the Physical Cabinet. In addition, his scientific correspondence testifies relations with other scientists in Italy and abroad.

Keywords: Paolo Volpicelli, Institute of Physics, University of Sapienza.

1. L'Istituto di Fisica di Roma prima di Blaserna

L'Istituto di Fisica dell'"Archiginnasio della Sapienza" di Roma fu diretto a partire dal 1847 da Paolo Volpicelli, che ebbe la cattedra di Fisica sperimentale alla morte di Saverio Barlocchi. Si hanno pochissime notizie su questo personaggio, che rappresentò il punto di riferimento accademico della ricerca fisica romana fino al 1872, quando, per disposizioni ministeriali (ASR, Archivio Università, b. 315), gli successe Pietro Blaserna e l'Istituto iniziò la sua nuova avventura nella sede di via Panisperna (Focaccia 2016).

Alcune informazioni sulla vita e l'attività professionale di Paolo Volpicelli si trovano nei necrologi (Ragona 1879; Sella 1879); altre specifiche sulla sua carriera universitaria emergono dai documenti d'archivio. Volpicelli nacque a Roma nel 1804, figlio di un medico. Si laureò *ad honorem* in filosofia nel 1827 all'"Archiginnasio della Sapienza" e due anni dopo concorse per la laurea in filosofia e matematica. I suoi maestri furono Domenico Morichini per la chimica, Giuseppe Settele per l'astronomia, Saverio Barlocchi per la fisica, Alessandro Pieri per il calcolo. Alla fine degli studi fu proposto per la carriera accademica. Nel 1832 fu nominato professore di geometria applicata alle arti nell'"Ospizio di San Michele"; quattro anni dopo entrò nel corpo docente del "Seminario romano", mentre era supplente di Barlocchi alla cattedra di Fisica sperimentale alla "Sapienza". Nel 1845 divenne titolare di quell'insegnamento, che mantenne fino al 1872,

quando passò alla cattedra di Fisica matematica, pur mantenendo la direzione del Museo di fisica e la disponibilità sulle macchine, che, a richiesta, era tenuto a prestare a Blaserna. È indubbio che nei numerosi anni d'insegnamento la cura e l'ampliamento della collezione di strumenti furono tra i suoi interessi prioritari (Battimelli, Ianniello 2012, pp. 55-75).



Fig. 1. Sala del Gabinetto di Fisica sperimentale della “Sapienza”.

Il Gabinetto di fisica era stato istituito nel 1748 e alla fine del XVIII secolo contava circa duecento oggetti, sistemati in quattro stanze al piano superiore dell’“Archiginnasio”. Nella prima metà del XIX secolo si era arricchito di due raccolte: una ricevuta nel 1840 per legato testamentario dal marchese Giuseppe Origo e l’altra acquistata l’anno successivo dall’abate Feliciano Scalpellini, docente di Fisica sacra nel “Collegio Romano”, che aveva realizzato una propria collezione di macchine, depositate nella sede dell’“Accademia dei Lincei” in Campidoglio (Ianniello 2003, pp. 11-13). Il 31 agosto del 1841 gli strumenti di Scalpellini furono trasferiti al Gabinetto di fisica dell’Università: nella nota di consegna risultano elencate duecentonove macchine (ASR, Archivio Università, b. 1078). Nonostante le recenti acquisizioni, il Gabinetto restava insufficiente per svolgere un’attività di ricerca di pari livello di quella praticata negli altri istituti scientifici romani. Negli anni 1850-56 nessuna spesa fu fatta dall’Università per l’ampliamento della dotazione del Museo. Volpicelli, però, come si apprende dai documenti d’archivio, sostenne nel periodo tra il 1853 e il ’56 spese per un ammontare di 37,26 ducati, procedendo ad acquisti non autorizzati di apparecchi ed accessori per il Gabinetto, di cui

gli fu negato il rimborso (ASR, Archivio Università, b. 310b). Solo nel 1857 la situazione iniziò a migliorare, grazie all'intervento di papa Pio IX, che volle destinare al Gabinetto di fisica altri locali più ampi, allestire un laboratorio, un osservatorio meteorologico ed un anfiteatro per le dimostrazioni pubbliche, che Volpicelli tenne con un calendario fit-tissimo il giovedì di ogni settimana per almeno due anni (Todesco 1995, p. 899), e nello stesso tempo arricchire la collezione esistente con nuovi acquisti di strumenti. Nel 1858, Volpicelli si recò a Parigi, dove comprò tutte le macchine moderne che potevano servirgli (BPUG, Ms. Fr. 2320, ff. 75-76).

Negli anni successivi richiese l'acquisto di nuovi apparecchi, il restauro di quelli esistenti e la cessione di materiale scovato in magazzini di vari uffici pubblici. Altri strumenti fece costruire dai suoi macchinisti, Luigi e Giacomo Luswergh. Con quest'ultimo ebbe un rapporto contrastato, perché quello mal tollerava i suoi continui richiami al dovere, tanto da essere multato più volte e sospeso per negligenza. Diversi apparecchi del Gabinetto portano, però, la firma dei Luswergh (Battimelli, Ianniello 2012, pp. 68-72). Durante la sua direzione Volpicelli fece compilare alcuni inventari: da questi si evince come la collezione di macchine si sia man mano ampliata. L'ultimo documento, conservato in due copie, una nel Museo di fisica e l'altra nell'Archivio dell'Università, risale al 1865; vi sono censiti mille e diciannove pezzi, divisi secondo le categorie di meccanica, idrostatica, idrodinamica, pirostatica, pneumatica, pneumatica ed acustica, meteorologia, ottica catottrica e diottrica, fisica chimica, astronomia fisica, elettrostatica, elettrodinamica, magnetismo, magnetismo ed elettrodinamica (ASR, Archivio Università, b. 769). Alle collezioni iniziali Volpicelli aveva aggiunto in vent'anni di attività circa quattrocento apparecchi.

2. Gli interessi scientifici di Volpicelli

L'attività scientifica di Volpicelli abbracciò diversi campi, dalla matematica (soluzione di equazioni algebriche, trigonometria, ecc.), alla fisica, teorica (analisi del moto rettilineo, legge di Newton) e sperimentale (acustica, elettricità). Si occupò con particolare interesse anche della meteorologia, realizzando per diversi anni delle serie complete di osservazioni nella specola universitaria. Il necrologio letto da Quintino Sella agli accademici dei Lincei conteneva, oltre alle scarse notizie biografiche, un elenco dei suoi lavori. Vi erano riportati duecentosessantotto titoli, in prevalenza apparsi negli «Atti dell'Accademia dei Lincei»; molti, però, anche nelle riviste scientifiche più accreditate in lingua inglese e francese (uno anche in «Nature» di Londra). La metà degli articoli – centotrentuno per la precisione – riguardava temi di elettricità o magnetismo; di questi noventanove erano relativi all'elettrostatica, con netta prevalenza di quelli concernenti lo studio dei condensatori e l'analisi dell'ipotesi dell'elettricità “dissimulata” di Macedonio Melloni.

Nel 1854 Melloni, al soldo del governo borbonico, che gli aveva dato la direzione dell'erigendo “Osservatorio vesuviano”, aveva trovato nelle osservazioni di Faraday sulle anomalie della trasmissione di corrente impulsata lungo cavi sottomarini lo spunto per approfondire alcune questioni di elettrostatica recentemente avviate. In realtà, quest'in-

teresse era nuovo per il fisico parmense, che fino ad allora si era dedicato allo studio del calore raggianti ed all'ottica. A Napoli, però, aveva realizzato una serie di esperienze per chiarire, sulla scorta delle ipotesi di Faraday, se l'elettricità potesse diffondersi come successione di modificazioni negli strati molecolari della materia. Melloni condivideva l'idea che «la force électrique rayonnante» si propagasse in tutte le direzioni in forma mediata, ossia procedendo «de couche en couche» (Melloni 1994, p. 476). Inoltre, riteneva, scostandosi dalla teoria di Coulomb, che l'azione di un corpo carico non generasse su quello indotto una separazione netta delle cariche. Un oggetto in presenza di una sorgente elettrica sembrava possedere un solo tipo di carica, quella omologa, tanto più sensibile quanto più la si misurava sulle appendici estreme e quanto meno ampi erano gli angoli di curvatura del corpo. L'elettricità di carica opposta, accumulata nella parte anteriore, era neutralizzata, cioè non possedeva tensione e risultava ferma nella sua posizione. Il vincolo tra le cariche, che si trovavano di fronte senza annullarsi sul corpo attuante e su quello attuato, era la condizione per cui le due parti potessero mantenere la loro elettrizzazione per un lungo intervallo di tempo (finché lentamente la carica non si disperdeva nell'aria). Tenendo conto di questi elementi, Melloni ideò un elettroscopio di grande sensibilità, capace di conservare la deviazione del suo indice per parecchio tempo, tanto da consentire all'osservatore di riconoscere agevolmente la carica anche più lieve (De Frenza 2002). Melloni morì per il colera poco prima di presentare l'apparecchio ai membri dell'«Accademia Reale delle Scienze» di Napoli, ma una descrizione autografa, anche se incompleta, fu ritrovata tra le sue carte e pubblicata postuma a cura dell'Accademia (Melloni 1854).

Faraday, a cui Melloni aveva esposto le sue idee, ritenne che si trattasse di un approccio ancora provvisorio. Dal suo punto di vista era del tutto escluso che si potesse ammettere l'esistenza di un elemento elettrico transitante da una fase di attività ad una di dissimulazione. Una carica che avesse inibito il suo potere induttivo, da cui non partissero linee di forza verso elementi esterni, era una contraddizione in termini essenziali.

La proposta di Melloni di ridefinire la dinamica dei rapporti di forze nell'esperienza fondamentale dell'influenza elettrica, espressa esplicitamente come un tentativo di correggere i teoremi di Coulomb e Poisson, generò subito una serie di commenti tra i fisici. Volpicelli fu tra i fautori più energici di quella ipotesi. Secondo lui, la teoria della dissimulazione rappresentava una soluzione validissima alla «contraddizione antica fra la teorica della influenza elettrica in distanza, e quella dei coibenti armati, di cui certo uno è il condensatore», che si trovava nei libri di testo e nella trattatistica del tempo (Volpicelli 1862-3, pp. 657-658). Nella spiegazione dell'azione induttiva di una carica i fisici separavano generalmente l'esperienza dell'induzione attraverso l'aria da quella che avveniva in un coibente. In quest'ultimo caso, la reciprocità dell'azione, garantita dalla vicinanza tra la superficie elettrizzata e quella indotta, produceva, concordando con Melloni, una relazione stretta tra le cariche, da definire come dissimulazione. Questo concetto era introdotto in ogni caso per giustificare l'apparente neutralizzazione delle elettricità – inducente ed indotta – che consentiva l'accumulo sui corpi di una quantità maggiore di fluido, rispetto a quello che potevano contenere isolatamente: l'influenza reciproca aumentava, in termini più chiari, la capacità dei conduttori.

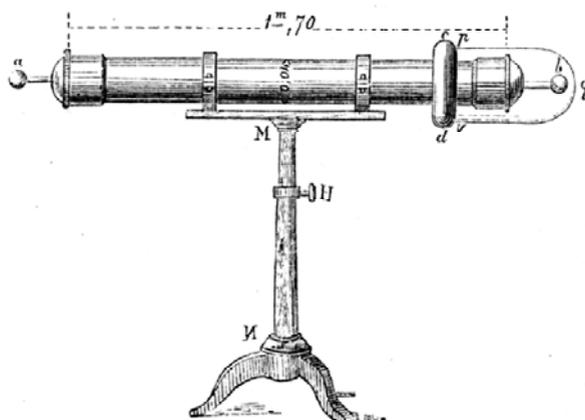


Fig. 2. Induttore costante di Volpicelli per le esperienze sull'elettricità indotta (1876).

Paolo Volpicelli, lavorò sull'ipotesi di Melloni per venticinque anni, sia accumulando prove sperimentali, sia reinterpretando osservazioni condotte da altri. Egli meditò una vera e propria strategia, e non sempre utilizzando armi lecite, perché fosse riconosciuta la validità della proposta di Melloni ed intorno a questo obiettivo costruì la sua carriera di scienziato. Il suo impegno a favore della teoria della dissimulazione fu intenso e dispendioso, sia dal punto di vista sperimentale che concettuale, e lo mise molto spesso in condizione di subire le critiche accese degli altri fisici in Italia e all'estero.

3. Conflitti nell'ambiente romano

Volpicelli non godeva di grande stima nell'ambiente universitario. Secondo il matematico Battaglini era «un copiatore instancabile, senza fondo od originalità» (Castellana, Palladino 1996, p. 138). Gli studiosi che a Roma si occupavano di fisica gli fecero guerra, attaccando la teoria della dissimulazione. Giambattista Pianciani, anziano gesuita che ormai da mezzo secolo coltivava questi studi, autore anche di una ventina di contributi sull'elettricità, alcuni a commento delle più recenti scoperte di Faraday, giudicò inconsistente il tentativo di modificare la teoria dell'induzione a distanza tramite le osservazioni di Melloni, perché le esperienze portate dai riformatori potevano essere spiegate anche con i principi classici. Non aveva scritto nulla per rendere pubblico il suo parere, limitandosi, come insinuò Volpicelli, «ad intendersela sul soggetto in questione col prof. Belli» (Volpicelli 1862-63, p. 498). Francesco Regnani, professore di fisica nel "Liceo pontificio del Seminario romano" e nel "Ginnasio di Filosofia di S. Maria della Pace", pubblicò, invece, una serie di articoli, in cui analizzò i risultati di Melloni, concludendo che la sua opinione era indimostrabile. Dalle esperienze di Melloni sugli schermi aveva ricavato, però, utili riscontri per avvalorare un'ipotesi sulla trasmissione dell'elettricità per raggiamento, secondo le stesse modalità della diffusione della luce e del calore. Le idee di Regnani avevano suscitato perplessità: il veronese Francesco Zantedeschi le aveva

criticate nella presentazione all'“Istituto Veneto”, Volpicelli in quella letta all'“Accademia dei Lincei”.



Fig. 3. Paolo Volpicelli (1804-1879).

L'agguerrito professore non si aspettava da questi avversari critiche davvero insidiose. Diverso fu il confronto con Angelo Secchi, direttore dell'Osservatorio e titolare della cattedra di Astronomia del “Collegio Romano”. Nella sua crociata a favore di un'elettricità dissimulata Volpicelli cercò di coinvolgere tutti gli studiosi da lui conosciuti e si aspettava di portare dalla sua parte anche l'abate Secchi. L'astronomo gesuita, pur non condividendo l'opinione dell'altro, si mantenne all'inizio ai margini della discussione, dichiarando di non essere in grado di decidere quale teoria preferire. Volpicelli, invece, non gli dette tregua e finì con l'inimicarselo. Al di là delle ragioni scientifiche, nacque tra i due un astio che fu alimentato soprattutto da risentimenti e invidie personali.

Nel 1861 Volpicelli aveva chiesto che le osservazioni di meteorologia elettrica, realizzate nel Gabinetto fisico dell'Università, fossero pubblicate nel «Giornale di Roma», a fianco di quelle trasmesse dal “Collegio romano” e dall'“Osservatorio astronomico” dell'Archiginnasio. Il carteggio tra l'arcicancelliere Altieri, camerlengo di santa romana Chiesa, il ministro degli interni Pila e il direttore del «Giornale di Roma» Monti mostra come il rifiuto di acconsentire alla richiesta di Volpicelli derivasse da un pregiudizio sull'attendibilità delle indagini di quest'ultimo (ASR, Archivio Università, b. 310a). Monti dichiarava, in particolare, che i dati sulla variazione dell'elettricismo atmosferico ottenuti con l'impiego dell'asta frankliniana non avrebbero incontrato l'interesse del pubblico più ampio e nello stesso tempo che il metodo di Volpicelli era contestato da esperti dello stesso settore. Altieri cercò di fugare le perplessità di Monti, inviando una comunicazione di chiarimento al ministro Pila, nella quale ribadì che i metodi usati da Volpicelli erano gli stessi di Franklin, Volta, Peltier, Airy e Palmieri ed invitò il «fornitore delle

speciali notizie» contro il professore della “Sapienza” a farsi avanti. Anche il papa intervenne. Esaminò la pratica e cercò una soluzione che accontentasse i richiedenti. Il caso si chiuse senza che l’autorizzazione alla pubblicazione dei dati fosse concessa.

Il «fornitore di speciali notizie» era padre Secchi. Interpellato informalmente, forse da funzionari del Ministero, sul valore delle osservazioni di Volpicelli, il suo parere era stato negativo. Quest’ultimo lo attaccò pubblicamente in una seduta dell’“Accademia dei Lincei”, accusandolo di aver tramato ai suoi danni (AUGR, Vertenza Volpicelli, ff. 38-39). Ovviamente le ragioni personali del risentimento furono sublimite, poi, nelle obiezioni ai metodi usati per le osservazioni alla Specola meteorologica del “Collegio romano” e nelle critiche rivolte ad alcune osservazioni di Secchi sul concetto di forza elettrica e alla posizione assunta nella polemica sull’ipotesi di Melloni (Volpicelli 1863-64).

Su questo punto le idee di Secchi si erano fatte sempre più chiare. Questi sosteneva che le osservazioni condotte da Melloni con l’utilizzo degli schermi non fossero conclusive, perché, modificando le condizioni sperimentali, non consentivano di appurare quali effetti si producessero realmente durante l’induzione. Inoltre, avendo Secchi rappresentato lo stato di tensione come un’esaltazione del movimento della materia eterea nei corpi e avendo associato l’elettrizzazione a questa vibrazione, non poteva, poi, concordare con l’ipotesi che l’elettricità fosse temporaneamente congelata, perché assenza di tensione significava assenza di movimento, quindi stato neutro dei corpi.

Tuttavia, il gesuita era consapevole che le critiche di Volpicelli tentavano innanzitutto di gettare discredito sulla sua dirittura morale, sia in quanto uomo di scienza stimato, descritto, invece, come un invidioso che voleva approfittare della sua posizione per ostacolare il lavoro del collega o sminuire l’approvazione che altri gli accordavano, sia in quanto studioso, dipinto come un impostore che cercava di rubare il merito delle ricerche condotte da altri nel campo dell’elettricità. L’insofferenza di Secchi per la situazione proruppe nelle espressioni accese adoperate in un documento presente tra le sue carte:

esso mi vitupera nei modi più indegni e villani che siano usciti mai dalla penna di un giornalista de’ più sfrenati, non mai di uno scienziato, del che tutto il suo scritto è una prova che ha mosso a schifo per la petulanza chiunque l’ha letto. La critica anche scientifica deve esser modesta e non scendere come lui ai termini di trivio e di diletteggio (AUGR, Vertenza Volpicelli, ff. 46-49).

Secchi lo accusava di ordire una vera e propria azione premeditata di danneggiamento della sua reputazione, addirittura con l’aiuto di una consorte di amici e «scrittori mercenari», che, sperando di farsi un nome nell’ambiente scientifico, attaccavano ogni suo scritto. Inoltre, Secchi disapprovava il fatto che Volpicelli, in qualità di segretario dell’“Accademia dei Lincei”, avesse piena facoltà di decidere quali pubblicazioni stampare negli «Atti» e quali ristampare, senza lettura pubblica e approvazione della censura. L’abate era molto caustico:

Per lui l’Accademia è ridotta a un centro di pettegolezzi e d’intrighi, e da cui sono escluse persone degnissime, solo perché non sono di suo genio. Per lui si deve spendere in polemiche e in difese il tempo che si dovrebbe consacrare allo studio. Io non sono la prima vittima di tali porcherie, e perciò parlo liberamente; esso dichiara

pubblicamente che mi vuol cacciato dall'accademia e che ne farà tante finché io mi ritiri o sia espulso come si fece col Prof. Ratti. Queste sono enormità appena credibili, ma pur vere (AUGR, Vertenza Volpicelli, ff. 47v-48r).

Le accuse al comportamento tenuto da Volpicelli in qualità di segretario nascondevano una realtà non tanto celata ai membri dell'Accademia. È vero, ad esempio, che ogni volume degli «Atti» conteneva più pagine scritte da Volpicelli che da qualsiasi altro socio, che questi potesse stabilire l'ordine delle pubblicazioni, ecc.

C'era poi la questione di Francesco Ratti, docente di chimica alla "Sapienza", che nel 1855 aveva aspramente criticato il lavoro di Volpicelli sulla polarità elettrostatica e sul principio di dissimulazione (Ratti 1855; Ratti 1855-56). A suo parere, gli esperimenti descritti dall'altro non erano interessanti né tanto meno era necessario, per spiegarli, tirare in ballo definizioni diverse da quelle già conosciute. Di conseguenza, le sue asserzioni dovevano essere affossate come idee inutili alla scienza. Dietro queste accuse c'era, come sostennero alcuni accademici, una volontà sotterranea di minare la stabilità dell'istituzione, per cui si fece in modo da rendere inoffensivo il sobillatore, declassandolo, con autorità papale, da socio ordinario ad onorario. Anche in questo caso, al di là delle ragioni scientifiche, emersero dissensi personali o di parte (BCOR, Archivio Linceo, b. 113).

3. La rete dei collaboratori

Nonostante avesse iniziato ad insegnare nel 1832, Volpicelli non ebbe una cerchia nutrita di allievi. Per un certo periodo gli si affiancò Ruggero Fabri, blasonato rampollo di una famiglia di Ravenna. Laureatosi nel 1853, il giovane fu nominato l'anno successivo sostituto alla cattedra di Fisica sperimentale (ASR, Archivio Università, b. 299). Volpicelli avrebbe voluto averlo come assistente. Il concorso si tenne due anni dopo, ma per qualche motivo non chiaro, Fabri, che pur aveva fatto domanda, non espletò la prova (ASR, Archivio Università, b. 303). Il vincitore fu Tito Armellini, che sembra abbia coltivato interessi diversi da quelli per l'elettrostatica. Fabri, sfumata la possibilità di una carriera accademica, tornò a Ravenna, da dove mantenne frequenti contatti epistolari col maestro. Questa separazione giovò alla causa elettrostatica. All'inizio, almeno, Volpicelli e Fabri sembrarono quasi seguire un disegno concordato, dividendosi le aree d'azione: al primo spettò il compito di convincere gli studiosi romani e gli stranieri, al secondo quelli emiliani e fiorentini. Fabri scrisse al maestro:

Un'altra ragione per la quale ho tardato moltissimo a scriverle è il non poterle dar conto delle esperienze che dovevo mostrare a Cavalli e al prof. Corradi. È già un pezzo che ho pronto l'elettroscopio, ma mi è stato impossibile trovare una verga di vetro, giacché le nostre fabbriche non lavorano ancora; oltre a ciò il M. Cavalli è in campagna. [...] Ed Ella ha continuato in questo tempo a sperimentare? Ha trovato null'altro di nuovo? E de la Rive ha detto altro? Sull'opinione di Matteucci già le scrissi; ora ne abbiamo riparlato, ed egli pure si è mostrato dispiaciuto che Ella non fosse qui presente, come lo avevamo lusingato (BCAR, Cod. 6258/56).

Oppure:

Le sono quindi gratissimo di avermi avvisato di ciò, e specialmente del avermi fatto sapere che questo fisico [de La Rive] è della di lei opinione, e critico con gli scritti di Ratti, Regnani, ecc. giacché de la Rive è senza dubbio un autorità [sic] di riguardo. Ebbi quelle copie delle note di de la Rive e del Nobile che ho già dispensate al Prof. Corradi, a Cavalli, e le darò anche al rettore Rivalta, ed a Callegari, i quali tutti convengono pienamente con lei (BCAR, cod. 6258/61).

Fabri teneva sotto controllo ciò che si diceva a Bologna sulla questione di Melloni, mentre si occupava dell'acquisto di strumenti per conto del Gabinetto romano. Aveva parlato con Alessandro Palagi, il vice reggente dell'Università, il quale appoggiava l'opinione di Lorenzo Della Casa, professore di Fisica sperimentale, secondo il quale era inconcepibile un'elettricità senza tensione (Della Casa 1858-59). Fabri s'incaricò di prendere visione della nota da lui scritta e di commentarla in un articolo (Fabri 1860-61).

S'interessava anche a ciò che scriveva Matteucci:

Avrà letto l'ultimo articolo di Matteucci sull'elettrostatica inserito nel fascicolo di Aprile del Cimento. A me sembra che possa farsi qualche grave reazione al modo col quale applica al fenomeno le formule sui moti oscillatori. Prima però di affermare questo con certezza voglio esaminare meglio la cosa dal punto di vista meccanico (BCAR, cod. 6258/70).

In realtà, Carlo Matteucci respingeva l'ipotesi di Melloni e non aveva alcuna considerazione del lavoro sperimentale che Volpicelli stava conducendo per dimostrarla.

Fabri esaminò le critiche di Giuseppe Belli e ne riferì in due memorie, nelle quali interpretò le esperienze descritte dall'altro con il linguaggio suggerito dalla nuova ipotesi (Fabri 1857; Id. 1858). È curioso leggere nelle lettere come l'allievo stabilisse col maestro la strategia editoriale migliore per smontare le obiezioni degli avversari. Mentre le repliche di questi ultimi furono occasionali, le cose scritte da Volpicelli e dai suoi collaboratori rispondevano ad un piano ben preciso: essi non si lasciavano sfuggire nessuna possibilità d'intervento e soprattutto cercavano di avere sempre l'ultima parola. Volpicelli appare da questo punto di vista uno scrittore intransigente e scaltro.

Dopo il 1862 Fabri, nominato professore di Fisica all'istituto tecnico di Forlì e impegnato in iniziative civili e politiche, lasciò cadere la crociata melloniana, continuando a discutere col maestro delle sue letture, senza impegnarsi a realizzare nuove esperienze. Con gli anni la corrispondenza diventò anche più sporadica e formale.

Volpicelli ebbe altri giovani aiutanti nella campagna in favore della teoria di Melloni: molto spesso questi fecero solo da bravi ripetitori della lezione appresa dal maestro. Della Casa, infatti, rammaricandosi con Secchi degli attacchi di cui era vittima, scherniva la «turpe guerra» che gli avevano intentato Volpicelli e «le marionette volpicelliane» (AUGR, APUG 13). Tra questi ci fu Giuseppe Serra-Carpi, che aveva appena concluso gli studi filosofico-matematici e conseguito la patente da ingegnere. Avendo un particolare interesse per le ricerche fisiche, dal 1859 frequentò assiduamente il Gabinetto di Volpicelli, coadiuvandolo nelle esperienze. Sotto suo consiglio, nel 1866 presentò istanza per

essere nominato assistente onorario del Gabinetto, ma l'arcicancelliere dell'Università respinse la richiesta. Serra-Carpi continuò a frequentare il Gabinetto universitario, come attesta il fatto che siglò la nota di consegna delle revisioni eseguite all'inventario degli apparecchi di fisica (ASR, Archivio Università, b. 769). In favore della teoria della dissimulazione scrisse un solo articolo, in cui prese di mira Secchi per l'omissione contenuta nel suo libro, *L'Unità delle forze fisiche*, della discussione sull'ipotesi di Melloni (Serra-Carpi 1864). Oltre Serra-Carpi, nel 1859, Volpicelli ebbe un altro assistente privato, Filippo Keller, che solo nel 1872 con la statalizzazione dell'Università poté avere la nomina di assistente del Gabinetto ed essere inquadrato nei ruoli; nel '76 Blaserna lo volle presso la sua cattedra e lo fece diventare vicedirettore della Scuola pratica (Battimelli, Ianniello 2012, pp. 90-93).

Nel 1878 Francesco Paporozzi, ingegnere, fu assistente di Volpicelli e scrisse anche lui delle memorie in difesa della teoria di Melloni. Probabilmente allievo del vecchio professore fu anche Angelo De Andreis, che scrisse sulla nota questione negli stessi termini.

4. Contatti con gli scienziati d'Oltralpe

La strategia messa in atto da Volpicelli per dare sostegno alla teoria di Melloni puntò innanzitutto a superare le resistenze degli studiosi con il loro coinvolgimento nell'esecuzione delle prove. Questo fatto non stupisce, poiché un fisico, che si occupava a quel tempo di elettricità, difficilmente poteva sperare che le sue esperienze fossero ripetute con gli stessi risultati dagli altri studiosi: le unità di misura potevano differire, gli strumenti di rilevazione non erano del tutto comparabili, le condizioni sperimentali, cioè prima di tutto i valori ambientali di umidità, temperatura, pressione, ecc., erano difficilmente riproducibili anche in due prove consecutive realizzate nello stesso luogo. Pertanto, le dimostrazioni, per essere efficaci, dovevano essere ripetute dai loro artefici in pubblico. Effettivamente gli unici studiosi che concordarono con Volpicelli furono quelli che assistettero alle sue esperienze.

La credibilità della teoria aumentava, se essa riceveva il plauso di scienziati stranieri. Volpicelli adottò anche questa strategia, cercando di portare dalla sua parte *in primis* il ginevrino August de La Rive. Volpicelli non mirava solo a guadagnarsi l'approvazione di un collega stimato, ma a ricevere un riconoscimento scientifico, che andasse al di là dell'ambito locale. Conobbe de La Rive nell'inverno del 1857, quando quello si fermò a Roma con la famiglia per un lungo soggiorno. S'instaurò tra i due un legame di stima ed amicizia, attestato da una frequentazione epistolare durata dal 1857 al 1872. Il carteggio, purtroppo, non si è conservato per intero. Delle lettere inviate da Volpicelli ne risultano a Ginevra solo otto, mentre a Roma si conservano trentadue di de La Rive. Non si tratta di una corrispondenza particolarmente interessante, poiché le lettere, delle quali molte sono semplici biglietti, servirono più che altro ad accompagnare l'invio delle comunicazioni scientifiche o a trasmettere informazioni personali.

Nel 1857 Volpicelli mostrò a de La Rive gli esperimenti sull'induzione elettrostatica. Quello stesso anno il ginevrino riferì nella «Bibliothèque Universelle» le sue impressioni e dichiarò che i risultati sembravano incontestabili. In realtà, nonostante elogiava la peri-

zia sperimentale del romano, mantenne un atteggiamento di attesa nei confronti delle opinioni che si affastellavano intorno all'ipotesi di Melloni; le obiezioni del berlinese Théophile Riess, in particolare, alimentavano le sue perplessità, tanto che, in conclusione, l'unico suggerimento che dava all'amico era quello di applicarsi ancora su questo ramo d'indagine. Nel 1859 assunse già una posizione più critica. Riess lo incitava ad abbandonare la propria fiducia verso «votre protégé romain», come definiva Volpicelli, e gli confidava che «je l'aurais laissé paisiblement se divertir en électricité» (BPUG, Ms. Fr. 2319, f. 38), se non si fosse sentito in dovere di smascherare le sue mistificazioni di sperimentatore. De La Rive, invece, conosceva il soggetto della disputa solo per quello che ne aveva letto o aveva appreso dai suoi interlocutori e alla fine non era disposto a mettere in discussione le leggi di Coulomb e Poisson per appoggiare le conclusioni di Volpicelli: accordava, quindi, il suo favore alla maniera con cui Riess, in accordo con i principi noti, aveva spiegato il fenomeno dell'induzione elettrostatica. Volpicelli commentò pubblicamente questo voltafaccia di de La Rive, dichiarando di non essere disposto ad abbandonare le sue ricerche (Volpicelli 1862-63, p. 496). De La Rive non tornò sull'argomento, ma sembra che questo screzio non avesse incrinato la loro amicizia.

Il ginevrino invitò Volpicelli in Svizzera tre volte. Nell'ottobre del 1858 lo ospitò nella sua villa di campagna, a Presinge, e lo introdusse nei salotti colti della città (fu invitato, per esempio, in casa degli Staël). Gli presentò alcuni studiosi prestigiosi: Alphonse Favre, professore di geologia, con cui Volpicelli restò in contatto per lo scambio di informazioni su minerali, Jean Daniel Colladon, professore di meccanica e studioso di fenomeni meteorologici, François Marcet, professore di fisica, Emile Plantamour, docente di astronomia. L'ambiente ginevrino era sicuramente più stimolante di quello romano.

Il soggiorno era stato concertato l'anno prima, quando de La Rive gli aveva suggerito d'incontrare i membri della “Société de physique et de histoire naturelle” e sottoporre personalmente la sua richiesta d'associazione. La nomina a membro onorario gli fu comunicata in via personale nel marzo 1859 (BCOR, busta 114a); il ginevrino quell'anno era stato presidente e aveva potuto appoggiare la sua candidatura.

Nel 1865 de La Rive propose a Volpicelli la nomina a socio onorario della “Société helvétique des sciences naturelles” a condizione di presenziare alla riunione per il cinquantenario della nascita dell'istituzione. Anche questa volta l'italiano non si lasciò sfuggire l'occasione di farsi strada nella comunità scientifica internazionale. Infine, nel 1872 de La Rive lo invitò a partecipare a Friburgo alla cinquantacinquesima riunione della “Société”. Dopo la riunione si fermò a Ginevra. L'anno successivo de La Rive moriva.

L'amico straniero ebbe un ruolo anche nel tentativo di entrare all'“Institut” di Parigi. Questa faccenda, però, si rivelò più complicata. Volpicelli nel 1866 voleva approfittare della vacanza creatasi nella sezione di fisica generale dalla morte di Stefano Marianini. Sapeva di contare sull'appoggio di alcuni accademici (BAV, Autografi Ferrajoli, n. 13256). Nel luglio scrisse a de La Rive per sollecitare Pouillet, Becquerel, Babinet, Duhamel e Fizeau (BPUG, Ms. Fr. 2320, ff. 87-88). In realtà, il ginevrino non aveva fiducia che potesse essere nominato così presto, perché c'erano altri nomi nella lista, come quello di Kirchoff, a cui sarebbe stata data precedenza (BCOR, busta 114b). Nel novembre dell'anno successivo non era stata ancora espletata la procedura per l'elezione del nuovo corrispondente. De La Rive aveva, però, parlato con Becquerel e questi gli era sembrato

favorevole. Le speranze di Volpicelli furono deluse. Il romano tentò in seguito di ottenere la nomina in altre sezioni dell'“Académie des Sciences” senza successo.

Nell'autunno del 1874 si recò a Parigi. Nella seduta del 7 settembre all'“Académie” chiese che fosse costituita una commissione di verifica degli esperimenti sulla teoria della dissimulazione. Furono nominati Becquerel padre, Faye, Fremy, Edm e Becquerel Jamin. Nel 1877 a questi si aggiunse du Moncel. Questa commissione, che visionò le memorie che Volpicelli aveva già consegnato e quelle che presentò nel frattempo all'accademia, non riuscì ad accordarsi. Pertanto, non fu mai formalizzato un responso ufficiale a nome dell'“Académie des Sciences” né a favore né contro l'ipotesi di Melloni.

In sintesi, gran parte dell'attività di ricerca di Paolo Volpicelli fu indirizzata alla difesa della teoria della dissimulazione dell'elettricità indotta. Gli sforzi compiuti sia in ambito nazionale che internazionale per sostenere questo lavoro, tuttavia, non l'avrebbero premiato con un successo, perché, se non ebbe torto a sostenere che solo la morte avrebbe chiuso la partita, non fu quella dei suoi avversari, come si auspicava, ma la sua, infine, a stroncare questo tentativo solitario d'incrinare l'accordo riconosciuto dalla maggioranza dei fisici alla teoria coulombiana dell'influenza elettrica.

Bibliografia

- Ianniello M.G. (2003). *La storia dell'Istituto di fisica della Sapienza attraverso le sue collezioni di strumenti*. Roma: s.n.
- Battimelli G., Ianniello M.G. (2012). *Fermi e dintorni. Due secoli di fisica a Roma (1748-1960)*. Milano: Mondadori Università.
- Castellana M., Palladino F. (a cura di) (1996). *Giuseppe Battaglini. Raccolta di lettere (1854-1891) di un matematico al tempo del Risorgimento d'Italia*. Bari: Levante.
- De Frenza L. (2002). “Le ricerche di Faraday sull'induzione elettrostatica: un confronto a più voci”. *Physis*, 29 (1), pp. 249-275.
- Della Casa L. (1858-59). “Nuove osservazioni sull'induzione elettrostatica”. *Rendiconto dell'accademia delle scienze r. istituto di Bologna*, pp. 75-76.
- Fabri R. (1860-61). “Considerazioni intorno alla teorica dell'induzione elettrostatica”. *Atti accademia pontificia de' Nuovi Lincei*, XIV, pp. 325-327.
- Fabri R. (1858). “Sulla induzione elettrostatica”. *Atti dell'accademia pontificia de' Nuovi Lincei*, XI, pp. 405-410.
- Fabri R. (1857). “Brevi osservazioni sugli esperimenti, riportati contro la nuova teorica del Melloni sulla induzione elettrostatica”. *Atti dell'accademia pontificia de' Nuovi Lincei*, X, pp. 331-336.
- Focaccia M. (2016). *Uno scienziato galantuomo a Via Panisperna. Pietro Blaserna e la nascita dell'Istituto fisico di Roma*. Firenze: Olschki.
- Melloni M. (1994). *Carteggio (1819-1854)*, Schettino E. (a cura di). Firenze: Olschki.
- Melloni M. (1854). “Descrizione dell'Elettroscopio d'invenzione del cav. Melloni”. *Rendiconto della r. accademia delle scienze*, III, pp. 82-90.
- Ragona D. (1879). *Paolo Volpicelli. Cenno biografico*. Modena: Soc. tip. Soliani.

- Ratti F. (1855-56). “Sulla seconda lettera del prof. Volpicelli al sig. V. Regnault; Riflessioni del prof. F. Ratti”. *Atti accademia pontificia de’ Nuovi Lincei*, IX, pp. 8-18.
- Ratti F. (1855). “Sulla polarità elettrostatica ottenuta dal professore Volpicelli nelle aste coibenti, o metalliche ricoperte di coibenti nelle estremità”. *Nuovo cimento*, pp. 244-249.
- Sella Q. (1878-79). “Cenno necrologico di Paolo Volpicelli”. *Atti della r. accademia dei Lincei*, III (3), pp. 160-68.
- Serra-Carpi G. (1864). *Sulla induzione elettrostatica trattata nell’opera L’Unità delle forze fisiche*. Roma: Tipografia delle Belle Arti.
- Todesco P. (1965). “La famiglia Lusverg dal ’600 all’800”. *Memorie della società astronomica italiana*, 66, pp. 895-901.
- Volpicelli P. (1863-64). “Sulla elettricità dell’atmosfera e sulla elettrostatica induzione: ragionamenti responsivi al R.P. A. Secchi”, *Atti accademia pontificia de’ Nuovi Lincei*, XVII, pp. 249-272.
- Volpicelli P. (1862-63). “Sulla elettrostatica induzione. Ottava comunicazione”. *Atti accademia pontificia de’ Nuovi Lincei*, XVI, pp. 484-498; 643-666; 874-905; 1092-1126.

Fonti di archivio

Genève:

Bibliothèque Publique et Universitaire (BPUG),

- Ms. Fr. 2319, f. 38, Lettera di Riess a de La Rive, Belin 3 mai 1859.
- Ms. Fr. 2320, ff. 75-76, Lettera di Volpicelli a de La Rive, Rome 24 novembre 1858.
- Ms. Fr. 2320, ff. 87-88, Lettera di Volpicelli a de La Rive, Rome 10 juillet 1866.

Roma:

Archivio di Stato (ASR),

- Archivio Università, b. 299, Lettera di nomina datata 9 marzo 1854.
- Archivio Università, b. 303, documentazione relativa al concorso per assistente alla cattedra di Fisica sperimentale, 1856.
- Archivio Università, b. 310a, “Giornale di Roma”.
- Archivio Università, b. 310b, Nota del cardinale Altieri, Roma 8 aprile 1857.
- Archivio Università, b. 315, Lettera del rettore al preside della Facoltà fisico-matematica, Disposizioni ministeriali intorno al prof. Volpicelli, Roma 15 ottobre 1872.
- Archivio Università, b. 769, Inventario del Museo di fisica, 1865.
- Archivio Università, b. 769, Lettera di Serra-Carpi, Roma 18 agosto 1866.
- Archivio Università, b. 1078, Nota di consegna delle macchine, 31 agosto 1841.

Biblioteca Apostolica Vaticana (BAV),

- Autografi Ferrajoli, Raccolta Ferrajoli, n. 13256, Lettera di Volpicelli a Chasles, Roma 15 ottobre 1864.

Biblioteca Casanatense (BCAR),

- Cod. 6258/56, Lettera di Fabri a Volpicelli, Ravenna 20 ottobre 1854.
- Cod. 6258/61, Lettera di Fabri a Volpicelli, Ravenna 14 gennaio 1856.
- Cod. 6258/70, Lettera di Fabri a Volpicelli, Ravenna 27 maggio 1859.

Biblioteca Corsiniana (BCOR),

- Archivio Linceo, b. 113, Decisione del comitato accademico, Roma, 13 gennaio 1856.
- B. 114a, Lettera di de La Rive a Volpicelli, Genève 25 mars 1859.
- B. 114b, Lettera di de La Rive a Volpicelli, Genève 16 juillet 1866.

Pontificia Università Gregoriana (AUGR),

- Vertenza Volpicelli, APUG 5, VIII, 5, ff. 38-39, Lettera di Mieri a Secchi, Roma 30 aprile 1862.
- Vertenza Volpicelli, APUG 5, VIII, 5, ff. 46-49, Minuta d'una lettera di Secchi a ignoto.
- APUG 13, Lettera di Della Casa a Secchi, Bologna 22 ottobre 1864.

Palmieri's discovery of terrestrial Helium: was it a mistake or not?

Marco Taddia – Gruppo Nazionale di Fondamenti e Storia della Chimica –
marco.taddia@unibo.it

Abstract: Helium was initially recognized as a new element in the solar chromosphere (1868) thanks to the contributions of astronomers, physicists and chemists. Many years later it was discovered on Earth, especially as a result of the experimental investigations carried out in 1895 by the chemist William Ramsay (1852-1916) and the spectroscopist William Crookes (1832-1919). Discussions on the priorities of the discoveries, regarding both terrestrial and solar helium, are available in the literature. In such historically complicated context, the present study investigates the controversial case of Luigi Palmieri (1807-1896) who, in 1881, believed to have identified helium, *via* the D₃ line, in a Vesuvius butyraceous sublimate. Unfortunately, he failed to show concrete evidence of what he claimed and just after the Ramsay's discovery he explained this was due to a laboratory accident. This did not stop the criticism on the Palmieri's first announcement. The astronomer and spectroscopist Charles A. Young (1834-1908) supposed the helium spectrum was mistaken because of unsuitable experimental conditions. When the Italian chemist Raffaello Nasini (1854-1931) tried to repeat the search for helium in Vesuvian products, with the same methodology as Palmieri, the results were negative.

Keywords: Helium discovery, Terrestrial Helium, Luigi Palmieri, William Ramsay.

1. Introduzione

Se agli inizi del secolo XX non si sapeva a cosa potesse servire, oggi l'elio è diventato una risorsa strategica e, trattandosi di una materia prima non rinnovabile, l'annuncio di nuove disponibilità suscita un giusto clamore. Così avvenne nell'estate 2016, durante la Goldschmidt Conference, l'appuntamento più importante a livello mondiale per coloro che si occupano di geochimica. Quell'anno la sede era Yokohama e quando, nella tarda mattinata del 28 giugno, Miss Diveena Danabalan (Dipartimento di Scienza della Terra dell'Università di Durham) presentò la sua comunicazione (Danabalan *et al.* 2016), la stampa internazionale ne diede subito notizia (Sample, 2016). A nome di un gruppo di scienziati appartenenti alle Università di Durham e Oxford, cui si aggiungevano ricercatori della startup norvegese "Helium One Limited", la giovane Diveena aveva annunciato la scoperta di un giacimento di elio in Tanzania. Al momento si trattava di affio-

ramenti di gas dal terreno con un tenore in elio compreso fra 2,7 e il 10,6%, ma i calcoli facevano pensare che provenissero da un giacimento di dimensioni mai viste prima. Si parlava infatti di circa 152 milioni di metri cubi di gas, per un valore potenziale di 3,5 miliardi di dollari. La regione era quella del Rukva, una zona che prende il nome dall'omonimo lago situato circa a metà del percorso tra il lago Tanganica e il Niassa. La scoperta risultò del tutto inattesa, tanto più che la Tanzania non era nemmeno considerata tra i Paesi produttori. A fine luglio anche il più importante quotidiano economico italiano diede ampio risalto alla scoperta, con un servizio ricco di dati tecnici, teso a sottolineare l'importanza dell'elio come materia prima strategica nella tecnologia e nella sanità (Romeo 2016, pp. 12-13).

A parte queste vicissitudini, l'elio ha fatto recentemente parlare di sé perché è stato sintetizzato, ad alte pressioni, il composto di formula Na_2He , solido e stabile (Miao 2017, pp. 409-410). Tale risultato porta a rivedere, in campo chimico, il mito del "più nobile dei gas nobili", così come, in campo storico, una ricerca del danese Helge Kragh (Kragh 2009) ha apportato alcune correzioni alla storia "standard" della sua scoperta nel Sole, antecedente quella sulla Terra. Questo lavoro si occupa della seconda e, in particolare, delle critiche rivolte all'italiano Palmieri che nel 1881 annunciò di averlo trovato nei materiali vesuviani.

2. Un elemento puramente ipotetico?

Il riconoscimento dell'elio come nuovo elemento è strettamente collegato alla sua scoperta nella cromosfera solare. La scoperta dell'elio solare ha preceduto quella dell'elio terrestre e risale al 1868 (Kragh 2009, pp. 160-165). L'occasione fu l'eclisse totale di Sole del 18 agosto e i principali protagonisti, secondo la narrazione "standard", furono due astronomi: il britannico Joseph Norman Lockyer (1836-1920) e il francese Pierre Janssen (1824-1907). Oltre al telescopio, lo strumento che ebbe un ruolo cruciale nella scoperta fu lo spettroscopio, divenuto un potente mezzo di analisi elementare da poco meno di dieci anni, specialmente per merito del chimico Robert Bunsen (1811-1899) e del fisico Gustav Kirchhoff (1824-1879) (Taddia 2000). La vicenda ruotava intorno alla presenza nello spettro solare di una riga gialla di origine incerta, successivamente denominata riga D_3 , adiacente il doppietto del sodio (589,3 nm) il quale è contrassegnato con la lettera D.

Ma chi fu il primo a scoprire tale riga e a porre in dubbio la sua attribuzione ad elementi conosciuti? Qui la storia si complica e altre figure di scienziati appaiono in scena.

Pierre Janssen era stato inviato in missione dal "Bureau des longitudes" e dall'"Académie des sciences" e osservò l'eclisse da Guntur (India). Egli studiò spettroscopicamente le protuberanze solari concludendo che, a suo avviso, erano principalmente costituite da idrogeno. Intenzionato a proseguire le indagini, escogitò un sistema per indagare ulteriormente la loro costituzione anche in assenza di eclisse. Due settimane dopo comunicò all'Académie tale invenzione (Janssen 1868, p. 838) e caso volle che, indipendentemente da lui, lo facesse anche Joseph Norman Lockyer, cosicché

le due comunicazioni pervennero in contemporanea (Delaunay 1868, p. 868). Fu Lockyer tuttavia, non Janssen, a segnalare che in prossimità del doppietto D del sodio appariva un'altra riga gialla più rifrangibile di 8-9 gradi sulla scala Kirchhoff e a concludere poi, insieme al chimico Edward Frankland (1825-1899) che essa era spostata di diversi angstroms rispetto alla D e quindi non poteva attribuirsi al sodio (Kragh 2009, pp.164-165). Lo stesso Lockyer riconobbe però che l'unico osservatore dell'eclisse a sollevare qualche dubbio sulla vera natura di quella riga giallo-arancio, che quasi tutti confondevano con quella del sodio, fu il britannico Norman Robert Pogson (1829-1891) (Lockyer 1896, p. 320).

Per osservare l'eclisse, Pogson si trovava a Masulipatam e a differenza di Janssen, Tennant e Herschel aveva dei dubbi in merito a quella riga prodotta dalle protuberanze solari, che non aveva alcuna corrispondenza con le righe nere di Fraunhofer (Nath 2013, pp. 155-156).

Dopo l'eclisse del 1868, Lockyer s'impegnò nella direzione di «Nature», la neonata rivista scientifica dell'editore Mcmillan. Quando riprese ad occuparsi della misteriosa riga D₃ insieme a Frankland, i due esclusero che si trattasse di uno spostamento del doppietto del sodio dovuto ai venti solari, come si verificava per l'idrogeno e chiamarono elio l'elemento sconosciuto:

I found that the yellow line behaved quite differently from either the red or the blue line; so then we knew that we were not dealing with hydrogen; hence we had to do with an element which we could not get in our laboratories, and therefore I took upon myself the responsibility of coining the word helium, in the first instance for laboratory use (Lockyer 1896, p. 321).

Tuttavia, non fu Lockyer a pronunciare in un incontro pubblico, per la prima volta, il nome elio (derivato da *hélíos*) ma Sir William Thomson (poi Lord Kelvin). Avvenne nel 1871 ad Edimburgo, dove si teneva una riunione della "British association for the advancement of science". Aggiunse anche che, fino a quel momento, non era stato possibile riprodurre la nuova riga, impiegando per l'eccitazione alcuna fiamma terrestre (Nath 2013, p.194).

Il mistero dell'assenza dell'elio sulla Terra era destinato a perpetuarsi per un po' di tempo e le cause ipotizzate furono parecchie. La principale faceva riferimento alle ipotesi in discussione sull'origine degli elementi e in particolare a quella del britannico William Prout (1785-1850). Egli sosteneva che tutto, in pratica, aveva avuto inizio dall'idrogeno e così alcuni pensarono che l'elemento base potesse essere l'elio, se non che l'elio aveva un peso atomico maggiore dell'idrogeno (Nath 2013, p. 213). Anche William Crookes prese posizione al riguardo, definendo inizialmente l'elio «an element purely hypothetical» (Nath 2013, p. 212).

Le dispute intorno all'elio come nuovo elemento, alle sue forme e al fatto che fosse introvabile sulla Terra si protrassero per circa un quarto di secolo, ma intanto qualche manuale di analisi spettroscopica, come quello di Kaiser, cominciò a citarlo (Kragh 2009, p. 166) seppure con riserva, dando notizia anche di Palmieri.

3. Luigi Palmieri

Quando il fisico e vulcanologo Lorenzo Casertano (1921-2004) commemorò la vita scientifica di Luigi Palmieri (Faicchio, 1807-Napoli, 1896) nel centenario della morte, ricordò che da altri autorevoli scienziati il Palmieri era stato definito “Padre della Vulcanologia” e “Fondatore della Vulcanologia” (Casertano 1999, p. 584). Se si passano in rassegna i momenti della sua carriera non si intravedono, a dire il vero, molti elementi che lo confermano. Studiò inizialmente nei Seminari di Caiazzo e Avellino poi si iscrisse all’Università di Napoli dove conseguì la laurea in matematica nel 1825. Qualche anno dopo si laureò anche in filosofia e nel 1831 fondò una scuola privata, denominata “Accademia di matematica e filosofia”, in cui insegnò. Ebbe incarichi anche presso il “Real collegio navale” di Napoli e dal 1847 presso l’Università, come docente di Logica e Metafisica, subentrando al filosofo Pasquale Galluppi (1770-1846). È evidente allora che Palmieri fu personaggio di vasta cultura, con una solida formazione filosofica che però non gli impedì di interessarsi di fisica terrestre ed elettricità atmosferica. Prese anche ad occuparsi di eruzioni vulcaniche e di terremoti, tant’è che nel 1850 studiò l’eruzione del Vesuvio e nell’anno seguente, in collaborazione con il mineralogista e cristallografo Arcangelo Scacchi (1810-1893), il suo primo terremoto. Nel dicembre 1854 fu chiamato a dirigere l’Osservatorio Astronomico Vesuviano e nel 1860 gli fu assegnata la cattedra di fisica terrestre e meteorologia istituita su sua richiesta. Insieme alla cattedra conservò le cariche di direttore della “Specola meteorologica” e dell’osservatorio. Sposò Angela Gigli che gli diede cinque figli. Morì a Napoli nel 1896. Fu socio di molte accademie e ricoprì anche la carica di senatore del Regno d’Italia dal 1876 (Schettino 2014).

La fisica e la geologia sono le due discipline in cui conseguì brillanti risultati. Per quanto riguarda la prima, i suoi contributi principali riguardano l’ideazione e costruzione di nuovi strumenti. Si ricordano in proposito il cosiddetto “cerchio di Palmieri”, un dispositivo che sfrutta il campo magnetico terrestre per ottenere una corrente indotta in un circuito in moto, e l’elettrometro bifilare per misurare l’elettricità atmosferica.

Ideò e costruì un sismografo elettromagnetico, più correttamente un sismoscopio, che poteva individuare i vari tipi di scosse telluriche e con il quale poteva studiare meglio la relazione fra attività vulcanica e movimento terrestre (Schettino 2014).

4. L’elio vesuviano

Così come gli astronomi si erano avvalsi dello spettroscopio per l’analisi delle protuberanze solari, così fece Palmieri per quanto riguarda i materiali vesuviani con l’intento di individuarne i componenti. In questo caso era necessario introdurre in una fiamma i campioni da analizzare e riconoscere successivamente le righe di emissione dei vari elementi. A quei tempi la fiamma impiegata per compiere l’operazione era quella prodotta da un becco Bunsen. Le sue prime analisi si riferivano alle fumarole del Vesuvio e in una comunicazione sull’argomento, presentata alla “R. accademia di scienze fisiche e matematiche” di Napoli nell’adunanza del 5 aprile 1873, annunciò di aver riscontrato la presenza del tallio, dell’acido borico e del calcio (Palmieri 1873).

A parte questo, la vera novità è la segnalazione di due righe di origine sconosciuta, una delle quali costituisce, probabilmente, un'anticipazione della scoperta dell'elio:

Debbo finalmente annunziare all'Accademia l'apparizione di due nuove righe che non so di appartenere ad alcuno de' metalli conosciuti, le quali due righe essendo indipendenti, giacché non si manifestano insieme, fan sospettare l'esistenza di due nuovi corpi. Una di queste righe vien dopo la riga D del sodio ed un'altra appare tra la riga E e b. Io aspetto il compimento della collezione de' cloruri per decidere definitivamente la quistione (Palmieri 1873, p. 47).

Alcuni mesi dopo, infatti, Palmieri riferisce in merito all'analisi spettroscopica di una «sostanza amorfa di consistenza butirrea e di colore giallo sbiadato sublimata sull'orlo di una fumarola prossima alla bocca di eruzione». Ecco le sue parole:

Saggiata questa sublimazione allo spettroscopio, ho ravvisato le righe del sodio e del potassio ed una riga lineare ben distinta che corrisponde esattamente alla D_3 che è quella dell'Helium. Do per ora il semplice annunzio del fatto, proponendomi di ritornare sull'argomento, dopo di aver sottoposto la sublimazione ad analisi chimica (Palmieri 1881, p. 233).

Era il 12 novembre 1881 e trascorsero alcuni anni prima che Palmieri riprendesse il discorso. Ciò avvenne nel 1896, dopo che William Ramsay (1852-1916) scoprì l'elio nel minerale cleveite (1895a, 1895b) e William Crookes (1832-1919) ne ottenne lo spettro (1895). La nuova comunicazione di Palmieri, che attribuisce ad un incidente di laboratorio l'interruzione degli esperimenti sull'elio, è del maggio 1896.

Ecco la giustificazione del mancato proseguimento:

Io avea la speranza di poter separare l'helium dalle sostanze colle quali era mescolato, ma essendo avvenuta la catastrofe della caduta dell'impalcatura della terza stanza della Specola universitaria dove si conservava la importante collezione delle sublimazioni vesuviane coi reattivi per saggi chimici, lo spettroscopio ed altri strumenti, i recipienti di cristallo ove erano conservate le sublimazioni furono infranti e il loro contenuto rimase confuso con le macerie (Palmieri 1895, p. 121).

5. I critici

A proposito della scoperta di Palmieri, l'astronomo e spettroscopista solare Charles Augustus Young (1834-1908) scrisse:

Palmieri, the director of the earthquake observatory upon Vesuvius, announced that he has found D_3 in the spectrum of one of the lava minerals with which he was dealing. But he did not follow up the announcement with any evidence, nor has it ever received any confirmation, and from what we now know as to the conditions necessary to bring out the helium spectrum, there is every reason to suppose that he was mistaken (Young 1896, p. 339).

Il richiamo alle condizioni sperimentali necessarie per osservare lo spettro dell'elio, che Young introduce nella sua valutazione critica, è un punto della massima importanza. Sulla base dell'equazione di Boltzmann oggi è facile calcolare che la particolare stabilità dell'elio e le energie in gioco (*Energy levels of neutral Helium (He I)* 2005) precludono la possibilità di osservare l'emissione atomica dell'elio nella fiamma Bunsen ordinaria ($t=1400^{\circ}\text{C}$ ca.). Palmieri affermava di aver utilizzato proprio quella, mentre Crookes introduceva il gas da analizzare in un tubo da vuoto e poi lo riscaldava per induzione (Crookes 1895, p. 428).

La prova che il punto debole della presunta scoperta di Palmieri fosse proprio il mezzo di eccitazione impiegato per generare lo spettro dell'elio venne dai lavori di Raffaello Nasini (1854-1931) e Francesco Anderlini (1844-1933). I due, dopo il periodo esplosivo che caratterizzò il Vesuvio nel 1895, analizzarono di nuovo le incrostazioni che si trovavano lungo la grande spaccatura, proprio come Palmieri. Ne riferirono i risultati ai Lincei nel 1904 (Nasini, Anderlini 1904) e pubblicarono successivamente un'altra nota (Nasini, Anderlini 1906). Il materiale raccolto veniva riscaldato su filo di platino e posto sulla fiamma Bunsen, prima e dopo averlo inumidito con acido cloridrico o solforico. L'elio non fu trovato e i due scrissero testualmente:

Dato che lo scopo precipuo delle indagini che precedono era di vedere se si potesse riscontrare la riga D_3 dell'elio, osservata dal Palmieri, in tutte le esperienze di cui si fece parola, si indagò attentamente il campo giallo, ma neppure un solo istante apparve la riga dell'elio (Nasini, Anderlini 1904, p. 155).

Nasini e Anderlini provarono addirittura ad utilizzare la fiamma ossidrica, con diverse varianti, nonché la scintilla scattata fra poli di platino rivestiti dei prodotti inumiditi o no con acidi, estendendo gli esperimenti anche a minerali come la monazite e l'uraninite. Essi segnarono la presenza di molte righe vicinissime alla D_3 “ma dovute sia all'aria, sia al calcio, come risultò da misure di lunghezza d'onda e spettri di confronto”. La conclusione fu lapidaria e certamente non favorevole a Palmieri:

L'insieme di questi fatti viene a confermare l'opinione ormai corrente che gli spettri caratteristici dei gas non possono apparire, nelle ordinarie condizioni, nelle fiamme (Nasini, Anderlini 1904, p. 156).

Nella seconda nota (Nasini, Anderlini 1906), dopo un'ampia disamina della letteratura esistente e, in particolare il richiamo ad autori che avevano segnalato lo sviluppo di luce e calore quando l'elio “si libera da corpi che lo contengono” (Thomsen, 1898), prevale la cautela. Pur non essendo riusciti ad ottenere spettri di emissione visibili di altri gas nelle fiamme comuni e la riga dell'elio nei prodotti vesuviani, riproducendo le condizioni di Palmieri, Nasini e Anderlini concludono, solo sulla base della letteratura: “Non sembra quindi assolutamente impossibile che il Palmieri abbia potuto vedere lo spettro dell'elio” (Nasini, Anderlini 1906, p. 563).

A questo punto si potrebbe pensare che Palmieri avesse scambiato un'altra riga per la D_3 e che la sua comunicazione all'accademia napoletana, non sottoposta a verifica, fosse stata prematura.

Nel 1911 il chimico Arnaldo Piutti (1857-1928) pubblicò un poderoso lavoro in cui raccolse i risultati delle sue ricerche sull'elio nei materiali solidi e gassosi del Vesuvio, portate a termine grazie a finanziamenti ottenuti dal ministro Rava (Piutti 1911, p. 458). Citando Palmieri e discutendone la presunta scoperta, egli ricordava che l'autore disponeva di uno spettroscopio Duboscq a quattro prismi, acquistato il 18 febbraio 1876, il quale permetteva di vedere ben distinte l'una dall'altra le righe D₁, D₂, D₃. Aggiunse che anche volendosi accostare alla conclusione modificata di Nasini:

È ormai fuor di dubbio che il Palmieri non dimostrò spettroscopicamente la presenza dell'elio nel Vesuvio, non isolò alcun gas, né indicò la specie mineralogica da cui proveniva, rendendo così impossibile un qualunque controllo (Piutti 1911, p. 460).

Piutti analizzò vari minerali, radioattivi e non radioattivi, oltre all'aria di Napoli, ricavando lo spettro di emissione del gas mediante scarica elettrica in tubo di Plücker. Per la separazione dagli interferenti si avvaleva di procedure simili a quelle dei chimici statunitensi Hamilton Cady (1874-1943) e David McFarland (1878-1955). Nel 1903, costoro avevano scoperto l'elio nel gas naturale che fuoriusciva da un pozzo scavato per cercare petrolio, nei pressi di Dexter (USA) (Seibel 1968, pp. 9-20).

6. Conclusioni

Si può trovare, non soltanto in rete, che Palmieri fu il primo a rivelare la presenza dell'elio sulla Terra, trascurando il fatto che poco dopo la sua scoperta venisse messa in dubbio dalla comunità scientifica. La causa principale era la mancanza di dati sperimentali a sostegno dell'annuncio del 1881, contenuto in una comunicazione alla quale non seguì conferma come promesso dall'autore. Critiche più argomentate riguardavano le condizioni impiegate da Palmieri e in particolare il mezzo di eccitazione, ritenuto inadatto a ricavare gli spettri di emissione. Perciò fu avanzata l'ipotesi di un errore interpretativo che, alla luce delle conoscenze odierne, risulta fondata. In conseguenza di ciò non vi è alcuna prova scientifica che Palmieri abbia scoperto l'elio sulla Terra.

Bibliografia

- Casertano L. (1999). "The scientific life of Luigi Palmieri. 100th anniversary commemoration (21/04/1807-09/09/1896)". *Annali di Geofisica*, 42 (3), pp. 581-585.
- Crookes W. (1895). "The spectrum of helium". *Chemical News*, 71, pp. 151-152.
- Danabalan D., Gluyas J.G., Macpherson C.G., Abraham-James T.H., Bluett J.J., Barry P.H., Ballentine C.J. (2016). *New High-Grade Helium Discoveries in Tanzania*, in Goldschmidt Conference Abstracts, p. 595 [online]. URL: <<https://whiteiron.org/uploads/conferences/26/abstracts/A-Z.pdf>> [data di accesso: 11/02/2019].

- Delaunay M. (1868). "Sur la découverte d'un moyen d'observer en tout temps les protuberances du Soleil". *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 67, pp. 867-868.
- Energy levels of neutral Helium (He I)* (2005), in Sansonetti J.E., Martin W.C., Young S.L., *Handbook of Basic Atomic Spectroscopic Data* (version 1.1.2). [online]. URL: <<https://physics.nist.gov/PhysRefData/Handbook/Tables/heliumtable5.htm>> [data di accesso: 11/02/2019].
- Janssen P. (1868). "Indication de quelques-uns des résultats obtenus à Cocanada, pendant l'éclipse du mois d'août dernier, et à la suite de cette éclipse". *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, 67, pp. 838-839.
- Kragh H. (2009). "The Solar Element. A Reconsideration of Helium's Early History". *Annals of Science*, 66 (2), pp. 157-182.
- Lockyer J.N. (1896). "The story of Helium". *Nature*, 53, pp. 319-322.
- Miao M. (2017). "Helium chemistry. React with nobility". *Nature Chemistry*, 9, pp. 409-410.
- Nasini R., Anderlini F. (1906). "Osservazioni spettroscopiche ad altissime temperature". *Gazzetta chimica italiana*, 36, pp. 561-570.
- Nasini R., Anderlini F. (1904). "Esame spettroscopico col metodo del Bunsen di prodotti vulcanici". *Atti della Reale accademia dei Lincei. Rendiconti. Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali*, 13 (1), pp. 368-371.
- Nath B.B. (2013). *The Story of Helium and the Birth of Astrophysics*. Springer: New York.
- Palmieri L. (1895). "A proposito della riga dell'Helium apparsa nello spettro di una sublimazione vesuviana nel 1881, ed ora riveduta da Ramsay e da Clève nella Clefite o Clefrite". *Rendiconto R. Accademia delle scienze fisiche e matematiche*, 1, pp. 121-122.
- Palmieri L. (1881). "La riga dell'Helium apparsa in una recente sublimazione vesuviana". *Rendiconto R. Accademia delle scienze fisiche e matematiche*, 20, p. 233.
- Palmieri L. (1873). "Indagini spettroscopiche sulle sublimazioni vesuviane". *Rendiconto R. Accademia delle scienze fisiche e matematiche*, 12, pp. 47-48.
- Piutti A. (1911). "Ricerche sull'elio". *Memorie della R. Accademia dei Lincei. Classe delle Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*, 8 (10), pp. 457-487.
- Ramsay W. (1895a). "On a gas showing the spectrum of Helium, the reputed cause of D₃, one of the lines in the coronal spectrum. Preliminary note". *Proceedings of the Royal society of London*, 58, pp. 65-67.
- Ramsay W. (1895b). "Helium, a gaseous constituent of certain minerals. Part I". *Proceedings of the Royal society of London*, 58, pp. 80-89.
- Romeo G. (2016). "Startup scopre giacimento di elio. Il progresso è salvo", *Il Sole 24 Ore*, 544, 31 luglio, pp.12-13.
- Sample I. (2016). "Huge helium gas find in east Africa averts medical shortage", *The Guardian*, 28 June.
- Schettino E. (2014). *Palmieri Luigi* in *Dizionario Biografico degli italiani* [online]. URL: <http://www.treccani.it/enciclopedia/luigi-palmieri_%28Dizionario-biografico%29/> [data di accesso: 11/02/2019].

- Seibel C.W. (1968). *Helium Child of the Sun*, Lawrence: University Press of Kansas.
- Taddia M. (2000). “La figura e l’opera di Robert Bunsen”. *La Chimica e l’Industria*, 82, pp. 451-457.
- Thomsen, H.P.J. (1898). “Über die Abtrennung von Helium aus einer natürlichen Verbindung unter Licht- und Wärmeentwicklung”. *Zeitschrift für physikalische chemie*, 25, pp. 112-114.
- Young C. (1896). “Helium, its identification and properties”. *Popular Science Monthly*, 48 (21), pp. 339-342.

PHYSICS AND OTHER DISCIPLINES

Robert Mario Fano: un italiano tra gli architetti della Società dell'Informazione

Benedetta Campanile - Seminario di Storia della Scienza - Università degli Studi di Bari Aldo Moro - benedetta.campanile@uniba.it

Abstract: Italian Jewish immigrated in US during the World War II, Roberto Mario Fano (1917-2016) is considered at Massachusetts Institute of Technology (MIT) an architect of Information Society, because he was pioneer of concept of “making the power of computers directly accessible to people”. Really Fano, in the early 1960s, earned the support of the Command & Control Branch of ARPA of US Department of Defense for a big program in computer field, the Project MAC, that had a civil aim: permit people to communicate directly with a computer from remote locations. The implementation of the Time-Sharing System, realized by the theoretical physicist Fernando J. Corbató, was the focus of the project. Fano served as founding director of MIT’s Project MAC and helped to change the computational landscape to support interactive process. The information processing in time-sharing became a way for many people to use a computer and to break away from the dreaded world of batch processing. The concept of “computer utility” became the creed of Fano and his colleagues. The impact of Project MAC on the education and research generated a new discipline, the Computer Science, and the large federal funds for academic research carried out a new knowledge that changed the society organization.

Keywords: Robert Fano, Project MAC, Big Science

The New Frontier of which I speak is not a set of promises ... It is a set of challenges.
John Fitzgerald Kennedy, 1960

1. Una sfida kennediana

Di avviare una collaborazione tra il Ministero della Difesa (DoD) e il Massachusetts Institute of Technology (MIT) discutevano un giorno di novembre del 1962 due distinti viaggiatori del treno che da Hot Spring, in Virginia, portava a Washington. Erano l'ingegnere elettrico di origini italiane Robert Mario Fano (1917-2016) e lo psicologo Joseph Carl Robnett Licklider (1915-1990). Entrambi tornavano da un convegno organizzato dall'“US Air Force” per la “MITRE Corporation”, la società responsabile dei fondi federali per i centri di ricerca e sviluppo, avente come tema le proposte per risolvere i complessi problemi di “comando e controllo”. Per entrambi la giusta soluzione era lo

sviluppo di un sistema di computer, il time-sharing, che aveva l'ambizione di rendere il computer accessibile facilmente e indipendentemente a un vasto numero di utenti (Norberg 1989, p. 15). Per Fano l'opzione di passare dalla teoria della comunicazione, che ricercava i codici migliori per una efficace trasmissione dati, allo sviluppo di computer, cioè alla ricerca di un metodo efficace di elaborazione dati, era una sfida kennediana, poiché significava esplorare una nuova frontiera. Infatti, nonostante dal 1950 al MIT fosse stato istituito il "Committee on Machine Methods of Computation", diretto da Philip McCord Morse (1903-1985), con lo scopo di studiare metodi per rendere il computer uno strumento ad uso generale per tutto l'Istituto, non esisteva una visione unitaria delle sfaccettature che avrebbero costituito la Computer Science come disciplina.

Fano ripensò a tutta la sua carriera prima di accettare. Esule nel 1939 dall'Italia, agli albori della Seconda Guerra Mondiale per le sue origini ebraiche, fratello più giovane del fisico Ugo e figlio del matematico torinese Gino, si era laureato al MIT nel '41 in ingegneria elettrica, per poi conseguire dopo la guerra anche il dottorato. Da allora era rimasto in forze all'Istituto prima come insegnante e poi come ricercatore e docente (Campanile 2018, pp. 353-386). I suoi lavori spaziavano dai sistemi radar a microonde alla teoria dell'informazione, all'elettromagnetismo, alle tecniche di codifica (Saad 1990, pp. 46-51; Wildes, Lindgren 1986, p. 207). A Hot Spring aveva presieduto la sessione della conferenza sulla comunicazione in qualità di referente del "Research Laboratory of Electronics" (RLE) del MIT. Pensò che la richiesta del suo interlocutore di intraprendere lo sviluppo di una tecnologia che all'epoca andava in tutt'altra direzione rispetto al trend del mercato, che investiva nei grandi computer a portata di azienda e non di singolo utente, fosse una giusta conseguenza delle riflessioni di Licklider sui limiti dei sistemi analogici fino ad allora usati nel "*command and control*" (Fano 1998, p. 14). Lo psicologo, infatti, voleva rendere i computer più accessibili agli utenti attraverso lo sviluppo di un sistema di elaborazione di informazioni, il time-sharing, in sperimentazione al MIT.

Dal 1957, infatti, il neo direttore del "Computer Center" del MIT, Philip Morse cercava finanziamenti per sostenere un programma di sviluppo di questo nuovo sistema sostenuto anche dal professor John McCarthy (1927-2011). Quest'ultimo auspicava di sostituire la frustrante elaborazione batch, in cui il computer era dedicato al lavoro di un utente alla volta, come avveniva con i grandi computer (Whirlwind, TX-0 e PDP-1), e trasformarla in elaborazione condivisa, in cui il singolo computer centrale era utilizzato da più utenti secondo intervalli di tempo, come se ciascuno disponesse di un proprio computer.¹ Questa soluzione avrebbe ridotto i tempi di attesa e di esecuzione dei programmi (Misa 2016, pp. 39-40; Aspray 1992, p. 5).

Fano, animato da pragmatismo scientifico e fiuto per gli affari, considerò opportuno quindi prendere la guida del progetto che Licklider gli stava proponendo nella veste di direttore dell'IPTO ("Information Processing Techniques Office") dell'ARPA, ("Advan-

¹ Nella modalità batch processing i programmi dell'utente erano eseguiti secondo una coda sequenziale. L'utente perforava sia le schede di controllo, per gestire il flusso di elaborazione, sia le schede di programma e poi le univa; le sottoponeva quindi ad un operatore dello staff del Computer center che le inseriva nella coda di esecuzione dell'elaboratore. Poi aspettava l'esecuzione del lavoro e i risultati, che se tutto era corretto potevano arrivare anche dopo qualche giorno. In presenza di errori di codifica nel linguaggio binario o di caduta delle schede durante il trasporto, l'utente doveva ripetere tutte le operazioni.

ced Research Projects Agency). Quest'ultima, istituita nel '58 dal Presidente Dwight Eisenhower presso il Ministero della Difesa (DoD) per riportare gli US ai fasti scientifici della Seconda Guerra Mondiale, avrebbe infatti finanziato la ricerca al MIT con i fondi che superavano di gran lunga i finanziamenti destinati dalla “National Science Foundation” (NSF) alla ricerca accademica in computazione. Per Licklider il consenso di Fano significava contare su un gruppo di brillanti scienziati civili per condurre una ricerca a scopo non militare ma con fondi pubblici.

In effetti era la prima volta che il DoD finanziava una ricerca in cui gli scienziati rimanevano nelle loro sedi accademiche, lontano dal controllo di Washington (Henderson 2008, p. 212). L'idea di Licklider era di creare una rete di utenti connessi online attraverso un computer e infine di allargare l'uso dei computer anche a utenti non specialisti. I tempi di elaborazione sarebbero stati più veloci e questo avrebbe aperto nuovi orizzonti di risoluzione a problemi che richiedevano decisioni veloci basate su molte informazioni, simili a quelli militari di “controllo e comando”.

2. Un'intesa felice

Fano scrisse la proposta di progetto nel breve tempo del weekend del Thanksgiving successivo alla conferenza e la sottopose ai suoi superiori, i fisici Julius Stratton e Charles Townes, rispettivamente presidente e rettore del MIT. Il New Year's Day del 1963 egli presentò la disponibilità del MIT a collaborare con l'IPTO (MIT 1963, pp. 130-131).

Il testo attingeva al *MIT Long Range Computation Study Group Report*, il documento rilasciato dal gruppo di studio costituito, nel 1961, da Albert Hill, Robert Fano e Philip Morse in seguito al discorso programmatico sui vantaggi del time-sharing, la “*computer utility*”, tenuto da McCarthy a gennaio di quell'anno (McCarthy 1961, pp. 221-236). Concretamente si proponeva di perfezionare il CTSS, Compatible Time-Sharing System, implementato dal fisico teorico Fernando Corbató (1926-2019), prima assistente di Morse e, poi, direttore del “Computation Center”, che ne aveva dimostrato il funzionamento a novembre del 1961, con il cosiddetto “*Experimental Time-Sharing System*”,² sull'IBM 709, il computer del MIT modificato per testare il funzionamento in entrambe le modalità - batch e time-sharing - per 4 postazioni di utenti (Corbató, Daggett 1962, p. 337).

Fano propose la creazione di un “laboratorio allargato”, ma la condizione di lasciare gli scienziati nei propri laboratori trovò un ostacolo amministrativo al MIT e obbligò lo scienziato a denominare il laboratorio “Project MAC”, acronimo di *Machine-Aided Cognition* o anche *Multiple-Access Computer*. Così fu istituito «an Institute-wide computer project», con la particolarità di non avere una sede fisica per tutti i partecipanti, ma una specie di “non luogo”, un “laboratorio online” al quale tutti accedevano attraverso un computer «a number of faculty and students in electrical engineering» (Campanile 2018, p. 311). La sede amministrativa e il computer centrale furono collocati rispettivamente all'ottavo e al nono piano di Tech Square.

² Corbató con Robert C. Daley, Peter R. Bos e almeno altri sei programmatori implementarono il sistema operativo, parzialmente basato sul Fortran Monitor System. Nel 1962 Herbert M. Teager adattò un IBM 7090, modificandolo con l'aggiunta di 3 Flexwriters come consolle per gli utenti.

Obiettivo era «the development of improved terminal equipment, programming systems, and machine structure and organization. The emphasis is on improving the number and nature of interactions between man and machine» (MIT 1963, pp. 130-131). Nelle intenzioni di Licklider e Fano il computer doveva diventare un “assistente” dell’uomo nelle sue decisioni.

Detrattori del progetto al MIT furono maggiormente Vannevar Bush, Richard Hamming, Eugene Amdahl e Jay Forrester. A parte Bush, che aveva un’avversione personale per i computer digitali, tutti pensavano fosse un terribile spreco permettere alla gente di sedersi di fronte a un terminale cercando di usarlo. Per Fano, al contrario, il *time sharing system* avrebbe fornito “l’energia del computer” ai vari utenti in successione, per brevi intervalli di tempo, in modo che ciascuno avesse la sensazione di avere un computer personale a disposizione.³

3. La “Big Science” e l’oblio del manager

Il progetto nacque ufficialmente il 1° luglio 1963 con le caratteristiche economico-strutturali dei progetti della cosiddetta Big Science: elevati finanziamenti pubblici attraverso la Navy e la NSF; un grande gruppo di lavoro composto da diversi laboratori del MIT⁴ e da altre accademie; il sostegno esterno delle grandi imprese private (“General Electric” e “IBM”) e la collaborazione con le piccole imprese (“Bolt, Beranek and Newman” (BBN) e “Digital Equipment Corporation” (DEC)); il coinvolgimento popolare (i terminali erano installati anche in alcune case private per permettere ai docenti di assistere i propri studenti a distanza); investimenti negli esperimenti e una ricerca fortemente programmata e gerarchizzata.

Big Science era il termine che il fisico Alvin M. Weinberg aveva infatti usato per definire il nuovo modo di fare scienza (Weinberg 1961, pp. 161-164), che tanto preoccupava i politici e faceva discutere gli scienziati. In effetti il Project MAC era tra quei progetti su larga scala che avevano ottenuto fondi governativi considerevoli e per questo motivo, secondo Weinberg, rischiavano di piegare la scienza ai dettami giornalistici della pubblicità per ottenere il consenso popolare. La discussione era stata alimentata dalle parole allarmanti pronunciate il 17 gennaio 1961 dal Presidente D. Eisenhower:

Today, the solitary inventor, tinkering in his shop, has been overshadowed by task forces of scientists in laboratories and testing fields. In the same fashion, the free university, historically the fountainhead of free ideas and scientific discovery, has experienced a revolution in the conduct of research. Partly because of the huge costs involved, a government contract becomes virtually a substitute for intellectual curiosity (Eisenhower 1961, p. 3).

³ Lettera e-mail di R. M. Fano all’autore, Concord, MA, 30 maggio 2014.

⁴ Partecipavano al progetto: Administration and Services, School of Engineering, Civil Engineering Department, Research Laboratory of Electronics, School of Humanities and Social Science, Sloan School of Management, School of Science, Computer System Research, Computer Communication Structures, Artificial Intelligence, Library Research, Electronic Systems Laboratory e Lincoln Laboratory (Fano 1964, p. I).

In realtà il sostegno federale a progetti di sviluppo tecnologico nell'ambito della computazione era stato fortemente voluto dal segretario alla difesa, Robert McNamara, sotto l'amministrazione Kennedy. McNamara appoggiava la realizzazione di applicazioni civili oltre che militari, poiché rientravano nella politica di ammodernamento del funzionamento dell'apparato statale necessaria ad adattarlo alle esigenze di una nazione in crescita. A capo dell'ARPA, McNamara aveva posto l'ingegnere elettrico polacco Jack P. Ruina (1923-2015),⁵ che aveva scelto Licklider per condurre le ricerche sulla regolazione dei flussi di dati tra sistemi automatici che caratterizzavano il “*command and control*” (Waldrop 2015, pp. 78-85). L'opportunità economica di lavorare per il DoD e il valore patriottico di questa responsabilità erano stati esplicitati a Licklider da un altro italo-americano, emigrato in US nel 1939 a causa delle leggi razziali e ora assistente del segretario della Difesa, il fisico e ingegnere radio Eugene Fubini (1913-1997), amico d'infanzia di Fano (Lee, Rosin 1992, p. 16). Licklider non fece molta fatica, quindi, da “*consummate political operator*” quale era, a ottenere il suo incarico dietro la condizione di due promesse: un budget superiore a tutti quelli che le altre agenzie destinavano alla ricerca in computazione e la libertà di condurre una ricerca non a scopo militare (Campbell-Kelly, Aspray, Ensmenger, Yost 2013, p. 208). D'altra parte, la scelta dei vertici militari era caduta su Licklider per la sua esperienza precedente di direttore del gruppo “*human-factors*” del “*Semi-Automatic Ground Environment*” (SAGE), il primo progetto militare finanziato per migliorare il sistema di difesa aerea con l'uso dei computer (Redmond, Smith 2000, p. 435). All'interno di questa attività lo scienziato aveva maturato la necessità di migliorare l'interazione tra uomo e macchina e l'aveva esposta in *Man Computer Symbiosis* (1960). Inoltre, aveva familiarità con i nuovi modelli di computer, il minicomputer della DEC, il TX-0,⁶ e con il nuovo sistema di elaborazione, il time-sharing, che aveva visto al MIT e alla BBN.

Ciò che è interessante notare è che la riuscita del progetto fu determinata proprio dalle sue dimensioni, dai finanziamenti e dall'impostazione metodologica iniziale che crearono le condizioni per recepire idee nuove, anche a volte impossibili per i livelli tecnologici dell'epoca. In questo Fano, come primo direttore, ebbe un importante peso, perché incoraggiò la più ampia partecipazione possibile della comunità del MIT al fine di esplorare l'utilità dell'uso online dei computer in vari campi, procurare una realistica comunità di utenti per valutare l'operatività del sistema e incoraggiare lo sviluppo di nuovi programmi e tecniche che potessero rispondere in maniera generale alle necessità della ricerca (Fano 1964, p. x).

Project MAC fu organizzato, infatti, come una ricerca interdipartimentale e interlaboratorio e questo costituì una sfida assoluta, tanto che nell'archivio dell'ammini-

⁵ Jack P. Ruina lavorò al MIT come professore di ingegneria elettrica dal 1963 al 1997, e vicepresidente dei laboratori speciali, Lincoln e Draper. Contribuì, inoltre, alla fondazione del MIT Defense and Arms Control Studies Program, ora Security Studies Program (Sampson 2015).

⁶ Licklider conosceva bene anche l'altra idea sviluppata nell'ambiente del MIT, il minicomputer (Hafner, Lyon 1998, p. 26). Il primo modello, il TX-02, era stato commercializzato da Ken Olsen, un ex membro del Lincoln Lab, che aveva creato una nuova impresa, la “*Digital Equipment Corporation*” (DEC), specializzata in questa assoluta novità nel mondo dei computer per due motivi: 1) perché aveva dimensioni ridotte rispetto ai colossi prodotti dalle grandi imprese; 2) perché introduceva l'interazione diretta con l'utente attraverso l'elaborazione in time-sharing.

strazione del MIT il progetto fu registrato come *Fano's Foly*. Lo scienziato si assunse tutti gli oneri amministrativi legati alla produzione delle relazioni sullo stato di avanzamento del progetto e ai rapporti con le altre sedi e con il DoD. Forse per questa sua intensa attività di amministratore, che non gli permise di avere un ruolo di inventore, e per lo scarso rilievo dato al lavoro delle accademie, il suo nome e quello del MIT sono stati sottaciuti nella letteratura che racconta le origini di Internet, in favore di una mitologia creata intorno al ruolo centrale dei militari e di Licklider.

4. I finanziamenti

L'abilità di Fano nello scrivere i rapporti si rivelò fondamentale per l'attribuzione dei finanziamenti. La sua semplicità espositiva rese chiari agli amministratori federali gli scopi del progetto, nonostante trattasse concetti teorici e tecnici di una disciplina che i più ignoravano, l'informatica. Questa operazione non era riuscita, invece, in precedenza a J. Barkley Rosser, il quale, su commissione di Philip Morse, aveva presentato un rapporto al Congresso Federale per perorare la richiesta di un cospicuo finanziamento per lo sviluppo del time-sharing al MIT.

Infatti, questo sviluppo richiedeva circa 10 milioni di dollari, un budget che superava la disponibilità di qualsiasi privato e persino della NSF. Il documento presentato ai deputati da Rosser, il "Rosser Report", pubblicato poi come *Digital Computer Needs in Universities and Colleges* (1966), fu bocciato perché troppo tecnico, ma mise in evidenza la crescente richiesta di servizi di computer. Questo fenomeno poteva avere significative conseguenze economico-sociali che la politica non poteva più ignorare, ma doveva regolamentare attraverso finanziamenti pubblici a progetti di ricerca fondamentale (Misa 2016, p. 40 e nota 52). Infatti, il sotto-investimento in ricerca di base nelle accademie era dovuto al fatto che la "produzione", in termini economici, di conoscenze scientifiche, come spiegava nel 1965 l'economista Vito Tanzi, è un caso particolare in cui il mercato, in condizioni di concorrenza pura, non riesce ugualmente a raggiungere l'"*optimum* paretiano",⁷ poiché non sono soddisfatte tutte le condizioni necessarie e in particolare perché vi è un alto tasso di rischio sul successo della ricerca stessa (Tanzi 1965, p. 594; 602). Per quest'ultimo motivo, in generale, gli investimenti dei laboratori di ricerca delle grandi aziende di computer erano rivolti alla ricerca applicata e ai progetti di sviluppo, che seguivano il trend di mercato dei grandi computer.

Fano stipulò, quindi, un contratto pubblico, il Nonr-4102, con l'agenzia governativa ARPA IPTO, che attraverso l'"Office of Naval Research", finanziò il MIT con 2,2 milioni di dollari, inizialmente per tre anni rinnovabili. I fondi sfiorarono, poi, i 3 milioni con gli incentivi della NSF e di altre agenzie per il settore pubblico, e della "General Elec-

⁷ Per "*optimum* paretiano" si intende che le risorse allocate per organizzare una produzione sono quelle che creano una condizione di equilibrio tra tutti i beneficiari del sistema produttivo. Nel caso della produzione di conoscenze scientifiche, l'*optimum* si ottiene quando le risorse spese per la ricerca fondamentale sono tali da massimizzare il vantaggio sociale, cioè la differenza tra il valore sociale e il costo sociale. Quindi le rinunce della società sono ampiamente compensate dal miglioramento economico che essa trae dai risultati della ricerca (Tanzi 1965, p. 595).

tric/Honeywell” e dei “Bell Labs”, per il settore privato (Reed, Van Atta, Deitchman 1990; Van Vleck 2014). Il primo anno servirono a far lavorare 301 studiosi e a implementare il time-sharing su un IBM 7094. Nel 1966 si ebbe il picco di personale con 475 persone coinvolte nelle più varie ricerche. Negli anni a seguire ci furono delle oscillazioni, ma quando Fano lasciò la direzione del progetto, nel 1969, il tesoretto era di 4,3 milioni (Flamm 1987, pp. 42-92).⁸ In totale dal 1963 al 1970 arrivarono al MIT 25 milioni di dollari per gli sviluppi del *Multiplexed Information and Computing Service* (MULTICS) implementato sul computer della “General Electric” (GE), GE 635 (David, Fano 1965, pp. 243-247).

I costi per il noleggio delle macchine erano in effetti elevati, come risulta dalla *Description of Equipment* allegata a una lettera inviata a Robert Fano dall’ingegnere della GE, John Weil, nel giugno del 1964: il noleggio mensile del sistema – processori, memoria principale, controller di I/O, memorie secondarie e altre periferiche – passò da 62.053 dollari dell’aprile 1965 a 83.693 del 1° febbraio del 1966 (MDT 1964).

5. “The MAC Man”

Fano fu l’anima del progetto perché come un “MAC Man” nella fase iniziale del progetto si occupò della produzione dei rapporti tecnici per il Governo Federale - *MIT Project MAC Progress Reports* - e della didattica delle nuove tecniche. Incentivò la realizzazione del time-sharing sostenendo nel suo lavoro il fisico teorico Fernando Corbató, che nel 1963 collegò con successo venti postazioni indipendenti al nuovo computer del Project MAC, con gli utenti che condividevano il sistema e una parte della memoria. Ricordando quei tempi, Corbató e Fano scherzavano sui rispettivi ruoli: «He is Mr. Time-Sharing! He did the work and I talked about it!» diceva Fano presentando l’amico “Corby”.⁹

La prima azione divulgativa fu l’organizzazione di una Summer Study di sei settimane che si tenne nell’estate del 1963 e alla quale parteciparono 57 specialisti di computer americani ed europei. Fu l’occasione per far conoscere il CTSS e per animare un dibattito sulla tecnologia e sulle sue finalità tra accademici, personale del ministero e dell’industria.

La seconda azione fu la pubblicazione di rapporti tecnici – soprattutto il primo anno, sullo stato di avanzamento e sulle ipotesi di progettazione –, e di pubblicazioni scientifiche e tesi sperimentali. I documenti di progettazione furono prodotti dal Multics Design Team (MDT), costituito dagli scienziati del MIT (R. Fano, E. Glaser, R. Graham, F. Corbató, M. Daggett, M. Wagner, R. Daley, M. Biley, S. Dunten, M. Child, L. Pouzin, G. Schroeder, P. Crisman, R. Orenstein) e dai ricercatori della “General Electric” (J. Couler), della “Carnegie Technology” (A. Evans), dell’“University of Michigan” (B. Galler), della NASA (H. Krenn) e dei “Bell Telephone Labs” (V. Vissotsky). Tra novembre del

⁸ Seguirono Fano alla direzione del Project MAC: J.C.R. Licklider (1968-1971) e Edward Fredkin (1971-1974). Dopo il 1974 alla direzione del Computer Science and Artificial Intelligence Lab: Michael Dertouzos (1974-2001); Victor Zue (2001-2011); Daniela Rus (2012 now).

⁹ Intervista rilasciata all’autrice a Concord, MA, 21 gennaio 2013.

1964 e luglio del '65, i documenti furono raccolti nel *Multics Design Notebook* e sono ora una preziosa testimonianza non solo della “spregiudicatezza” delle idee ma anche della strategia di lavoro. Infatti, scopo della stesura del *Notebook* era «to stimulate discussion, clarification, and improvement as well as to reveal the hidden problems areas» al fine di evidenziare i compromessi imposti dai limiti tecnologici del sistema GE 635 (MDT 1964, pp. 1-3).



Fig. 1. Il Prof. Robert Fano nel suo studio a Concord (MA), gennaio 2013 (foto dell'autore).

Il problema iniziale fu ottenere un sistema con il minimo numero di guasti, che potesse funzionare come la fornitura di un servizio pubblico continuo, 24 ore su 24, 7 giorni su 7, come «the phone or power companies». Per questo il sistema fu costruito in maniera modulare «in order to enhance clarity, maintainability and upgrading» (*Ibidem*).

Nel *Progress Report, to July 1964*, Fano riassunse l'ampio spettro delle ricerche svolte, i cui risultati erano descritti nelle tante pubblicazioni elencate in appendice, in particolare articoli su riviste scientifiche, report e tesi nell'*Appendix A*; memoranda interni ai gruppi di ricerca nell'*Appendix B*; e rapporti interni riportati nel retro della copertina.

6. Una Net-community

Oltre alla straordinaria interazione tra gli utenti della rete, mostrata dai tabulati degli scambi di file, novità assolute erano anche la produzione del *Report* stesso «on line in the MAC computer system with the aid of the Typeset and Runoff programs», cioè con il primo editor di testo creato per il Project MAC stesso e la disponibilità in linea della Guida all'utilizzo del sistema. Con la funzione Link un utente autorizzava un altro utente a scaricare il programma che aveva messo a disposizione. Ciò stabiliva delle comunicazioni asincrone che erano un vero “fenomeno” imprevisto dagli ideatori. Ciò voleva significare che “la gente” (del Project MAC) considerava il computer un mezzo per creare una comunità (Fano 1964, p. 1; 173).

Nel 1966, nell'articolo *Time-Sharing on Computers*, pubblicato su «Scientific American», Fano e Corbató affermarono di aver dato nuovo stimolo all'immaginazione nell'uso dei computer, perché l'interoperabilità tra le accademie aveva modificato l'orizzonte di sviluppo della tecnologia elettronica e aveva decretato l'inizio del servizio di “computer utility”. Nuove frontiere kennediane si aprivano per la didattica, le comunicazioni interpersonali e l'intrattenimento. La comunità scientifica aveva creato un nuovo tipo di servizio per la società, “an intellectual utility” (Naughton 2000, nota 46):

The time-sharing computer system can unite a group of investigators in a cooperative search for the solution to a common problem, or it can serve as a community pool of knowledge and skill on which anyone can draw according to his needs. Projecting the concept on a large scale, one can conceive of such a facility as an extraordinary[il]y powerful library serving an entire community - in short, an intellectual public utility (Fano, Corbató 1966, p. 129).

Infatti, nel nuovo sistema, era stata creata un'area di memoria con una “biblioteca” di programmi, alcuni trasformati in comandi del sistema, che consentiva a tutti gli utenti del sistema di eseguire le operazioni senza riscrivere ogni volta il codice.

Nell'articolo i due autori specificarono che nel Project MAC l'approccio di multiprogrammazione, già avanzato nel 1959 dal programmatore inglese Christopher Strachey, esperto di linguaggi di programmazione della “National Research & Development Corporation” (Strachey 1959, p. 462), era stato sostituito dall'idea di McCarthy di usare il computer come supporto “general purpose” per il lavoro intellettuale (McCarthy 1961, pp. 221-236). In concreto, come spiegava il gruppo dei “Bell Laboratories”, la multiprogrammazione era implementata nel modo seguente:

To avoid inefficient use of the central processors, any requirement for storage, input-output, etc., which cannot be immediately fulfilled by some part of the processor should cause the transfer of control of that program to another program which at that moment appears to be ready to run. This is the notion of multiprogramming (MDT 1965, p. 2).

Nel 1967 Fano pubblicò l'articolo *The Computer utility and the community* in cui esplicitava il senso sociale che la computazione andava assumendo. Lo scienziato definì il Project MAC come una ricerca ad ampio spettro che trasferiva gli avanzamenti teorici della fisica e della matematica in ricerca applicata e, attraverso l'ingegnerizzazione, in sviluppo di tecnologie che erogavano un servizio pubblico, una "utility". Quest'ultima consisteva nel mettere a disposizione di ciascun "utente" la "potenza" del computer dove, quando e nella quantità necessaria. Conseguenza era un miglioramento di efficienza e quindi economico per tutta la società.

Concretamente questo corrispondeva a facilitare l'accesso ai computer in due modi: fisico, l'utente poteva lavorare dalla sua scrivania senza intermediari; intellettuale, nel senso che chiunque poteva dialogare direttamente con il computer per istruirlo a fare ciò che gli serviva nel modo a lui più conveniente (Fano 1965, p. 56).

Questa riorganizzazione del lavoro rifletteva il modo di lavorare della comunità scientifica fondato sulla condivisione di conoscenza. Fano aveva appreso questa impostazione nel "Radiation Lab",¹⁰ il luogo dove, secondo De Solla Price, si era progressivamente configurata la *Big Science* tra scienziati provenienti da discipline diverse, ma impegnati a confrontarsi sulle stesse problematiche (De Solla Price 1963, pp. 2-3). Dopo la Seconda Guerra Mondiale questa metodologia era stata trasferita come fattore identificativo nel RLE, che rappresentava infatti per Licklider e Fano il modello di laboratorio da imitare (Wildes, Lindgren 1986, p. 243).

Lasciata la direzione del progetto, Fano continuò la sua azione di divulgazione del concetto di "computer utility", partecipando a conferenze negli US e in Europa, ma il suo nome fu progressivamente dimenticato come accade agli amministratori, perché non era direttamente legato a nessuna invenzione.

7. Conclusioni

La cosa interessante, spiegava Fano, era che la ricerca teorica aveva alla fine aperto un nuovo mercato per le industrie del settore dell'elettronica con macchine economiche che potevano portare l'"energia logica" alle masse, proprio come aveva detto McCarthy nel lontano 1961. L'analogia costruita sul servizio pubblico telefonico era stato lo stratagemma per legittimare il time-sharing come innovazione tecnologica che aveva giustificato l'investimento di fondi pubblici dello Stato (National Research Council 1999, p. 22).

¹⁰ Robert Fano aveva lavorato come *staff member* nel "Radiation Laboratory" dal 1944 al 1946; e come *research associate* nell'"Electrical Engineering Department" e nel "Research Laboratory of Electronics" dal 1946 al 1947.

In definitiva l'ampio orizzonte temporale della ricerca sul time-sharing aveva permesso di raggiungere il massimo profitto possibile, misurato in termini di vantaggio sociale, rispetto all'investimento monetario fatto in produzione di conoscenze scientifiche. Questo risultato suggellava le riflessioni dell'economista Fritz Machlup, autore di *The Production and Distribution of Knowledge in the United States* (1962), che aveva riconosciuto la "conoscenza" come risorsa economica e aveva definito il concetto di Società dell'Informazione, nel senso che la nuova conoscenza prodotta dalla ricerca scientifica è in grado di spingere la società a riorganizzarsi e riconfigurarsi per beneficiare dei miglioramenti economici conseguenti.

Grazie a Fano, il Project Mac assunse la connotazione unica di una ricerca di base interdisciplinare condotta con fondi federali in ambiente accademico, totalmente svincolata da finalità militari e orientata in direzioni inesplorate prima, che per la stretta collaborazione con i laboratori di ricerca delle imprese del territorio di Boston, che caratterizzava l'identità del MIT, creò un corto circuito tra sviluppi teorici e applicazioni, tra mercato tecnologico e gestione manageriale. Il conseguente successivo cambiamento socio-economico è stato per questo definito Società dell'Informazione (Garfinkel 1999, p. X). In questa peculiarità vanno cercate anche le differenze negli sviluppi dei concetti informatici tra US e Unione Sovietica dove mancò questa commistione (Erickson *et al.* 2013, p. 20). Il progetto successivo, infatti, ARPANet, finanziato con il doppio dei fondi e approdato alla rete civile Internet, avrebbe mutato definitivamente lo scenario dei rapporti sociali aprendo le frontiere al mondo globale.

Fano diede un indirizzo pragmatico alla semplificazione dell'uso dei computer che all'epoca sembrava un problema insormontabile e al tempo stesso seppe diffondere questo suo credo all'interno e all'esterno della comunità scientifica. Riuscì così a catalizzare l'attenzione di sempre nuovi studiosi e a creare nuove opportunità di sviluppo che diedero vita a un nuovo settore disciplinare di ricerca, la Computer Science, che si configurò definitivamente nel 1975 come "Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory", l'erede naturale del Project MAC. La comunità che lo ha conosciuto nella sua lunga presenza al MIT gli ha, infatti, riconosciuto l'identità di "eroe" per essere stato capace di coalizzare "il più grande gruppo di lavoro nella storia dell'high-tech" e gli ha attribuito, tra i tanti riconoscimenti, in particolare la IEEE James H. Mulligan, Jr. Education Medal, nel 1977, che recita «For leadership in engineering education through teaching and outstanding research in computer science, information theory, and electromagnetic theory» (IEEE Education Society 1977).

Espressione di intellettuale a cavallo tra due secoli, fermamente radicato nella visione positiva del ruolo sociale della scienza, Fano credette nella capacità della comunità scientifica di offrire un modello di uguaglianza sociale e di democrazia, rappresentato dall'ambiente della rete di computer, in cui era possibile migliorare i rapporti sociali nel rispetto della libertà personale.

Bibliografia

- Aspray W. (1992). "From IEEE's Perspective". *IEEE Annals of the History of Computing*, 14 (2), p. 5.
- Campanile B. (2018). "Robert Fano e il coraggio di vivere il *non luogo* [online]. URL: <http://www.viaggiatorijournal.com/cms/cms_files/20180302122601_ypud.pdf> [access date: 31-07-2019].
- Campbell-Kelly M., Aspray W., Ensmenger N., Yost J.R. (1996). *Computer: A History of the Information Machine*. New York: Avalon Publishing.
- Corbató F.J., Daggett M.M., Daley R.C. (1962). *An experimental time-sharing system*, in *Proc. Spring Joint Computer Conference* (American Federation of Information Processing Societies), 21 (San Francisco, CA, May 1-3, 1962). Palo Alto, CA: The National Press, pp. 335-344.
- David E.E., Jr., Fano R.M. (1965). *Some thoughts about the social implications of accessible computing*, in *Proc. Fall Joint Computer Conference* (American Federation of Information Processing Societies), 27. (Las Vegas, NV, November 30-December 1, 1965). Washington, DC: Spartan Books, pp. 243-247.
- De Solla Price D. (1963). *Little Science, Big Science... and Beyond*. New York: Columbia University Press.
- Eisenhower D.D. (1968). *The farewell speech of U.S.A.*, in *The Annals of America, XVIII, 1961-1968: The Burden of World Power*. Chicago: Encyclopedia Britannica, pp. 1-5.
- Erickson P., Klein J.L., Daston L., Lemov R., Sturm T., Gordin M.D. (2013). *How reason almost lost its mind: the strange career of Cold War rationality* Chicago. London: University of Chicago Press.
- Fano R.M. (1998). "Joseph C. R. Licklider 1915-1990". *Biographical memoirs of the National Academy of Sciences*, 75, Washington, DC: National Academies Press, pp. 190-213.
- Fano R. M. (1965). "The MAC System: The Computer Utility Approach". *IEEE Spectrum*, pp. 56-64.
- Fano R.M. (1964). *MIT. The MAC System: A Progress Report, to July 1964*, MAC-TR-12, AD-608-288, 6-64, pp. 1-173.
- Fano R.M., Corbató F.J. (1966). "Time-Sharing on Computers". *Scientific American Magazine*, September, pp. 129-140.
- Flamm K. (1987). *Targeting the Computer. Government Support and International Competition*. Washington DC: Brookings Institution Press.
- Garfinkel S.L. (1999). *Architects of the Information Society: Thirty-Five Years of the Laboratory for Computer Science at MIT*, ed. by H. Abelson. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Henderson H. (2008). "Defense Advanced Research Project Agency (DARPA)", in *Encyclopedia of Computer Science and Technology*. New York: Facts on File, (revised ed.), p. 212.
- Hafner K., Lyon M. (1998). *La storia del futuro. Le origini di Internet*. Milano: Feltrinelli.
- Kennedy J.F. (2009). *La nuova frontiera. Scritti e discorsi (1958-1963)*. Roma: Donzelli.

- Lee J.A.N., Rosin R. (1992). “The Project MAC Interviews”. *IEEE Annals of the History of Computing*, 14 (2), pp. 14-35.
- McCarthy J. (1961). *Computer utility model. Time-sharing Computer Systems*, in M. Greenberger (ed.), *Management and the Computer of the Future*. Cambridge MA: MIT Press, pp. 221-236.
- Misa T.J. (ed.) (2016). *Communities of Computing: Computer Science and Society in the ACM*. San Rafael, CA: Morgan & Claypool, pp. 39-40.
- Massachusetts Institute of Technology (MIT) (1963). “President’s Report Issue for the year ending July 1, 1963”. *MIT Bulletin*, 99 (2), pp. 130-131.
- MULTICS Design Team (MDT) (1965). *Multics Design Notebook*. Cambridge, MA: MIT Project MAC, April 15, pp. 1-44.
- MULTICS Design Team (MDT) (1964). *Multics Design Notebook*. Cambridge, MA: MIT Project MAC, December 9, pp. 1-3.
- National Research Council (1999). *Computer Science and Telecommunications Board, Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*. Washington, DC: National Academies Press.
- Naughton J. (2000). *A brief history of the future. The origins of the Internet*. London: Phoenix.
- Norberg A.L. (1989). *An interview with Robert M. Fano conducted by Arthur L. Norberg on 20-21 April 1989*, Cambridge, MA. Minneapolis, University of Minnesota, Charles Babbage Institute, Oral History 165, pp. 1-37.
- Redmond K.C., Smith T.M. (2000). *From Whirlwind to MITRE: The R&D Story of the SAGE Air Defense Computer*. London: MIT Press.
- Reed S.G., Van Atta R.H., Deitchman S.J. (1990). *Paper P-2192*. Washington, DC: Institute for Defense Analyses, (DARPA technical Accomplishments. An Historical Review of Selected DARPA Projects, n. 1), Section E-19, pp. 1-15.
- Rosser J.B. (1966). *Chair, National Research Council Committee on Uses of Computers. Digital computer needs in universities and colleges: A report*. Washington D.C.: National Academy of Sciences - National Research Council.
- Saad T.A. (1990). “The Story of the M.I.T. Radiation Laboratory”. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 5 (10), pp. 46-51.
- Sampson P. (2015). “Jack Ruina dies at 91” [online]. URL: <<http://news.mit.edu/2015/jack-ruina-dies-at-91-0212>> [data di accesso 22/07/2019].
- Strachey C. (1959). *Programme-Controlled Time-Sharing*, in *Proc. of IEE*, 106 (29) Part B: Electronic and Communication Engineering, p. 462.
- Tanzi V. (1965). “The case for the social support of basic research”. *Rivista internazionale di scienze economiche e commerciali*, 6, pp. 594-606.
- Van Vleck T. (2014). “Project MAC”, *Multics History*. URL: <<https://multicians.org/project-mac.html>> [data di accesso: 30/7/2019].
- Waldrop M.M. (2015). *DARPA and the Internet Revolution*. Washington, DC: DARPA, pp. 78-85.
- Weinberg A.M. (1961). “Impact of Large-Scale Science on the United States”. *Science*, 134 (3473), pp. 161-164.

Wildes K., Lindgren L., Nilo A. (1986). *A century of electrical engineering and computer science at MIT, 1882-1982*. Cambridge, MA: MIT Press.

Sitografia

[IEEE Education Society]. URL: <<http://ieeeducationsociety.org/awards/ieee-james-h-mulligan-jr-education-medal>> e, in particolare, <https://www.ieee.org/content/dam/ieee-org/ieee/web/org/about/education_rl.pdf> [data di accesso: 1/8/2019].

The birth of the Nobel peace prize and the dispute about the use of a scientific innovation

Laura Franchini – Amici di Città della Scienza – crateri48@gmail.com

Abstract: Based on the biography of two key people in the history of the Nobel peace prize, is an occasion to reflect on how scientific discoveries can turn out to be harmful to mankind if not properly applied. Baroness Bertha von Suttner, the first woman to be awarded the peace Nobel Prize, was an Austrian aristocrat who dedicated all her life to wage “war against the war”, by using all her force of character, her talent in writing and her organizational skill. In her most famous novel *Die Waffen nieder (Lay down your arms)* she manages to propagate thorough a love story her complex ideas about disarmament and pacifism. Bertha came to know Alfred Nobel, the chemical industry tycoon while working in Paris as his secretary. Her association with Nobel, who was convinced that his invention could be helpful to mankind’s progress rather than to its destruction, originated a partnership which developed into the Foundation for the peace prize.

Keywords: scientific discoveries, disarmament, pacifism.

1. Premessa

Nell’epoca in cui è evidente la corsa agli armamenti ed in cui sembra nulla possano fare i movimenti pacifisti contro l’affermazione di politiche e leader, che espongono quotidianamente il mondo ai pericoli di autodistruzione dovuti ai cambiamenti climatici ed all’utilizzo di armi sempre più potenti, ci è sembrato significativo ricordare la storia dell’invenzione della dinamite e di come sia nata l’idea di un premio Nobel per la pace. Tale argomento, inoltre, ripropone il dibattito mai esaurito e concluso sull’uso buono e cattivo delle innovazioni scientifiche, e sul progresso che non porta sempre e comunque ad un miglioramento della qualità della vita delle persone.

2. Nobel e l’invenzione della dinamite

Alfred Nobel, l’inventore della dinamite e del più prestigioso premio che ogni anno viene assegnato a chi ha mostrato di avere dato nel suo ambito un contributo nuovo e particolare, discendeva da una eminente dinastia d’industriali svedesi. Da giovane egli era introverso e solitario, amava la letteratura e, essendo molto versatile nelle lingue straniere, parlava fluentemente tedesco, inglese, francese, russo. Il padre, che aveva ri-

conosciuto la vivacità intellettuale del figlio, lo voleva al suo fianco a lavorare nelle industrie di famiglia, per questo lo indirizzò agli studi di ingegneria chimica.

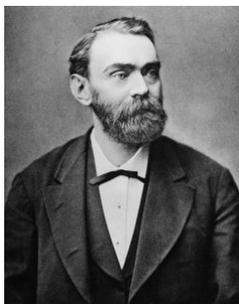


Fig. 1. Alfred Nobel.

Alfred diventò un chimico molto bravo e fece apprendistato in importanti laboratori chimici europei tra cui quello famoso di Pelouze a Parigi, dove nel 1862 conobbe il medico e chimico italiano Ascanio Sobrero, che aveva scoperto già dal 1847 un nuovo composto altamente instabile e potente esplosivo, l'estere trinitroglicerico: un liquido oleoso, instabile, che a 13° congela formando cristalli aghiformi che possono forare il contenitore e così provocare esplosioni. Tale composto, che era la nitroglicerina, interessò molto Nobel, il quale tornato in Svezia nel 1863, decise di studiare la possibilità di farlo diventare un esplosivo controllabile per poi metterlo in produzione nell'industria di famiglia. Fu così che nel 1864 il fratello minore Emil Nobel perse la vita a causa di un'esplosione durante un esperimento ad Helenborg (Stoccolma).

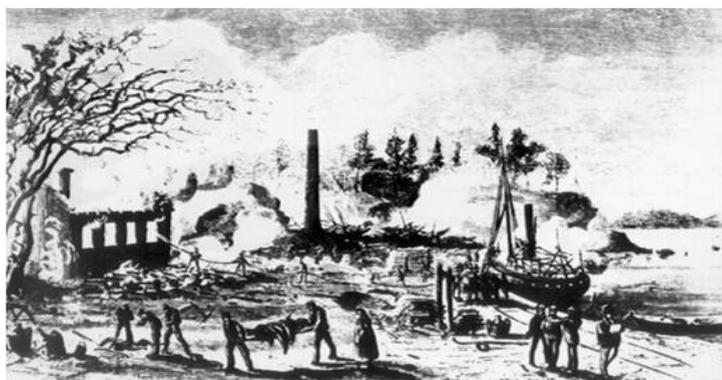


Fig. 2. Un incidente nella fabbrica di esplosivi.

Nonostante la grave perdita ed il divieto del governo svedese di svolgere esperimenti in città, le ricerche continuarono in una località più lontana da Stoccolma, Vinterviken, vicino al lago Maler, luogo lontano dai centri abitati e protetto da rocce, una località che grazie all'industria Nobel ebbe un grande sviluppo. Dopo la chiusura della fabbrica

nel 1921, Vinterviken è stata riconvertita da zona industriale ad area per attività sportive e ricreative. L'anno seguente Nobel si trasferì in Germania e fondò una nuova fabbrica vicino Amburgo, a Krummel, un luogo desolato sul fiume Elba. Anche là le ricerche sul pericoloso olio esplosivo causarono gravi danni, ma portarono Nobel nel 1866 alla sua grande invenzione. Egli si accorse che la nitroglicerina mescolata con la farina fossile, costituita da alghe diatomee, che si trovava in abbondanza nei dintorni di Krummel, si trasformava in un composto più stabile e maneggevole. Fu così che nacque la dinamite (da *dynamis*, forza), anche chiamata “polvere di sicurezza di Nobel”.

3. La dinamite e le sue applicazioni

Il nuovo esplosivo aveva anche la virtù di poter essere facilmente ridotto in fili facili da inserire nelle forature per cui poteva essere usato per opere relative a miniere, cave, costruzioni edilizie e demolizioni e, in misura minore, in campo bellico. Nobel nel 1867 registrò il brevetto della dinamite, che poi fu arricchito da una serie di altri brevetti minori. Il brevetto americano di Nobel descrive anche il detonatore, costituito da una capsula metallica contenente la polvere fulminante (fulminato di mercurio) in cui viene inserita la miccia. Questa, una volta accesa, fa esplodere la capsula e poi la miscela farina fossile-nitroglicerina avvolta in carta molto robusta. Da ricordare anche i brevetti per la gomma, la guttaperca, la pelle e la seta artificiale.



Fig. 3. Manifesto del dinamitificio di Avigliana.

Grazie a questa invenzione si svilupparono le tecnologie degli escavatori, come le carotatrici diamantate e i martelli pneumatici e si ridussero molto i costi ed i tempi della costruzione di canali e gallerie, perché era ormai possibile scavare i tunnel più velocemente e con forature meno invasive. Se con la vecchia polvere nera si scavava con avanzamenti di

0,6 m al giorno con la dinamite ed i nuovi escavatori si procedeva di 9 m al giorno. Nobel sosteneva perciò di non aver inventato la dinamite solo per scopi militari, ma come ausilio per far saltare le rocce, d'altra parte si sapeva che già dal 1865 la nitroglicerina era stata sperimentata nelle miniere. Nel 1871 durante la guerra franco-prussiana la dinamite venne utilizzata per la prima volta su un campo di battaglia e nel 1872 lo stabilimento di Nabel in Svizzera produsse dinamite per il tunnel del Gottardo. Come già aveva rilevato il medico Sobrero, la nitroglicerina poteva, inoltre, essere utilizzata per scopi terapeutici: a bassissime dosi può servire per curare la vasodilatazione sanguigna. Nobel dirà: "È un'ironia del destino che mi sia stato prescritto di assumere la nitroglicerina. La chiamano Trinitrina per non spaventare il farmacista ed il pubblico". A Sobrero sarà comunque riconosciuto un parziale merito nell'invenzione della dinamite e Nobel gli intersterà un vitalizio.

4. L'incontro con Bertha Kinsky von Suttner

La nascita del premio Nobel per la pace è legata all'incontro tra Nobel e Bertha von Suttner. La contessa Bertha Kinsky fu una donna anticonformista fin dalla sua scelta iniziale di vita: quando dopo la morte del padre, un aristocratico alto ufficiale austriaco, la madre di 50 anni più giovane, dissipò il patrimonio del marito, la baronessina volle avere una sua autonomia impiegandosi (1873) come governante presso la famiglia von Suttner.



Fig. 4. Bertha von Suttner.

Nonostante Bertha fosse bella, di grande educazione e talento, la signora von Suttner non la ritenne degna di diventare la moglie di suo figlio Arthur, quando scoprì che i due giovani si amavano. Ella, imponendo alla giovane di lasciare la sua casa, le consigliò di leggere e rispondere ad un'inserzione apparsa su di un giornale viennese così concepita: "Un anziano gentleman, altamente educato, che vive a Parigi, cerca una signora, anche matura, con familiarità con le lingue, come segretaria e governante della sua casa" (Abrams 1993). L'anziano gentleman, solo di dieci anni più vecchio di Bertha, era Alfred Nobel, il chimico inventore nel 1867 della dinamite. Sembra che Bertha sia stata assunta ed abbia lavorato solo una settimana per Nobel, perché decise di lasciare la Francia con il suo amato Arthur e trasferirsi in Georgia dove visse per 9 anni. Dal breve ma intenso incontro

tra la giovane sognatrice e amante della letteratura e l'inventore, che a sua volta aveva ambizioni letterarie, nacque un sodalizio fecondo di grandi idee, che si svilupperà con un intenso carteggio. La corrispondenza con Nobel, da lei chiamato "Cher Monsieur et ami" e che a sua volta le si rivolgeva con "Chere Baronne et amie", non si interruppe mai ed in essa iniziò e si fece sempre più profondo nel tempo l'impegno di entrambi per il pacifismo, sebbene in modo diverso (Nobel, Suttner (von) 2013). Le loro lettere hanno toni gentili ed ironici, ma quelle di Bertha traboccano di entusiasmo per la nascita e lo sviluppo del movimento per la pace, che sarà lo scopo primario di tutta la sua vita.

5. Nobel e il pacifismo

La Suttner grazie a Nobel che rivide a Parigi nell'inverno 1886-87, dopo 11 anni, entrò in contatto con la "International Peace and Arbitration Association", un movimento che s'impegnava a favore delle Corti dell'arbitrato internazionale. Nel 1889 era stato pubblicato il suo romanzo *Die Waffen nieder (Giù le armi)*, la storia di una giovane contessa austriaca Martha che perde due amati mariti a causa della guerra e per questo diventa pacifista. «Salvaci, per carità, in nome della giustizia! Abbasso le armi, abbasso!» (Suttner (von) 2013) è il grido di ribellione della protagonista. Il romanzo, che è in qualche modo autobiografico, era stato scritto proprio con l'obiettivo di divulgare il pacifismo, specialmente ad un pubblico femminile, missione questa quanto mai innovativa per un'epoca nella quale il suffragio universale era ancora un diritto da conquistare. Il libro, che fu tradotto in quasi tutte le lingue, e pubblicato anche a puntate su diversi giornali come il quotidiano danese «Politiken», ebbe un grande successo per la modernità del suo genere, più che per le sue qualità letterarie.

Ecco cosa scrisse Nobel in una lettera a Bertha del 24 novembre 1889 a proposito di questo romanzo:

Abbasso le armi! è dunque il titolo del vostro nuovo romanzo, che sono curiosissimo di leggere. Ma Voi mi chiedete di farne propaganda: è un po' crudele, perché dove volete che piaccia la mia polvere nel caso di una pace universale? [...] Accanto ad abbasso alle armi, fate, per carità, un po' di posto per abbasso la miseria, abbasso i vecchi pregiudizi e le vecchie religioni, abbasso le vecchie ingiustizie e le vecchie vergogne (Nobel, Suttner (von) 2013).

Nel 1891 la Suttner aveva fondato la "Società austriaca degli amici della pace", di cui fu presidente fino alla sua morte nel 1914 e voleva rappresentarla al congresso internazionale per la pace di Roma del 1891. Propose anche a Nobel di parteciparvi, ma egli non andò ed anche se le finanziò l'iniziativa. Per la prima volta una donna prese la parola in un congresso di tutti uomini: la sua cultura, la sua passione e la sua bellezza erano le carte vincenti a dispetto della sua voce troppo bassa per i discorsi ufficiali. Nobel supportava la Società austriaca per la pace anche se si chiedeva come mai le società per la pace avessero tante spese. Egli sosteneva che ciò di cui queste associazioni avrebbero bisogno non sono i soldi, ma di un programma, qualcosa di più modesto che lavorare per il disarmo o per l'arbitrato. Ed in una lettera del 31 ottobre 1891 Nobel scriveva:

Che c'è da dire su un accordo tra i governi europei di deferire per un anno tutte le questioni ad un tribunale o deferire ogni ostilità con un termine stipulato? (Nobel, Suttner (von) 2013).

Inoltre egli riteneva che la sua invenzione, la dinamite, potesse essere soprattutto un deterrente rispetto alla possibilità di una guerra, che con le nuove armi avrebbe potuto avere conseguenze devastanti per l'umanità: per questa ragione quello di Nobel è stato definito un "pacifismo armato".

La baronessa, a sua volta, convinta della necessità di dimostrazioni pubbliche dei pacifisti contemporaneamente in tutti i paesi, in una lettera a Nobel del 16 aprile 1892 scriverà:

Caro signore ed amico, l'opera di pace va avanti. Il contributo che vi ho dato è forse poca cosa ma ho fatto il mio meglio. Spero che anche a Berlino si andrà a fondare una società. Mio Dio, so bene che né le società né i loro congressi hanno il potere effettivo di decretare l'abolizione della guerra. [...] vedo l'orribile catastrofe che potrebbe scoppiare e ne soffro. Ma infine, chi sa, la ragione, potrebbe ancora salvare tutto (Nobel, Suttner (von) 2013).

Nobel, che aveva più fiducia nelle azioni governative che in quelle di opinione pubblica, proponeva che tutte le frontiere europee fossero accettate e che gli stati si accordassero per difendere un paese, qualora fosse attaccato.

Nel 1892 Nobel partecipò al congresso per la pace di Berna, dove incontrò di nuovo Bertha.



Fig. 5. Bureau internazionale della pace di Berna.

Dopo invitò la Suttner e suo marito a Zurigo a fare un giro a bordo della *Mignon*, la motobarca di alluminio costruita da Nobel stesso. Era la terza volta che i due amici s'incontravano di persona ed ebbero modo di confrontare i loro modi profondamente diversi di affrontare il problema del disarmo e del pacifismo. In quella occasione Nobel promise alla von Suttner che «avrebbe fatto qualcosa di grande per il movimento».

Alla Suttner che gli chiedeva come riuscisse a conciliare le idee pacifiste con le sue fabbriche di esplosivi, rispondeva:

Forse le mie fabbriche porranno fine alla guerra più presto dei tuoi congressi. Un giorno quando due corpi armati si potranno annichilare l'un l'altro in un secondo, tutte le nazioni civilizzate si raccoglieranno inorridite e scioglieranno le loro truppe (Nobel, Suttner (von) 2013).

5. Il premio Nobel per la pace

Un errore fu forse la causa scatenante dell'idea di Nobel di creare il premio. Nel 1888, in occasione della morte di suo fratello Ludvig, egli lesse sul giornale il seguente necrologio: «Alfred Nobel, che divenne ricco trovando il modo di uccidere il maggior numero di persone nel modo più veloce possibile, è morto ieri» (Delpiano 2011).

Chi lo aveva scritto evidentemente confondeva i due fratelli ed odiava Alfred per avere inventato la dinamite. L'episodio amareggiò molto l'anziano inventore e lo persuase che era necessario, creare qualcosa di sicuramente positivo per cui essere ricordato dopo la sua morte. È di pochi mesi dopo una lettera alla Suttner in cui le comunica che avrebbe disposto, per testamento, che parte della sua fortuna fosse distribuita come premio a colui o colei che avesse fatto il più grande progresso per favorire la pacificazione in Europa. Bertha considerò il testamento di Nobel come un avvenimento della massima importanza per il movimento per la pace. Nel 1895, un anno prima della sua morte, Nobel fece un testamento che prevedeva l'istituzione di un premio per la fisica, la chimica, la medicina, la letteratura e la pace. Del testamento riportiamo la parte che riguarda il premio per la pace:

Il capitale, dai miei esecutori testamentari impiegato in sicuri investimenti, dovrà costituire un fondo i cui interessi si distribuiranno annualmente in forma di premio a coloro che, durante l'anno precedente, più abbiano contribuito al benessere dell'umanità. [...] una parte, infine, alla persona che più si sia prodigata o abbia realizzato il miglior lavoro ai fini della fraternità tra le nazioni, per l'abolizione o la riduzione di eserciti permanenti e per la formazione e l'incremento di congressi per la pace. [...] Il premio per i campioni della pace sarà assegnato da una commissione di cinque persone eletta dal Parlamento norvegese. È mio espresso desiderio che all'atto della assegnazione dei premi non si tenga nessun conto della nazionalità dei candidati, che a essere premiato sia il migliore, sia questi scandinavo o meno (Heisenberg 2012).

Quest'ultima precisazione sembra sia stata pensata da Nobel, a causa delle tensioni politiche che in quel momento esistevano tra Norvegia e Svezia, per la creazione di due regni indipendenti.

Il primo premio per la pace venne assegnato nel 1901 al fondatore della Croce Rossa Jean Henri Dunant, mentre Bertha von Suttner nel 1905 fu la prima donna a riceverlo.

Il mondo culturale a cui si riferiva Nobel quando pensò al premio non esiste più, dei suoi tempi è ancora attuale “la guerra come big business”, soprattutto quelli legati alla

vendita delle armi. Avere contribuito alla fabbrica di armi con i suoi esplosivi è il peccato originale da cui l'inventore danese cercò di emendarsi destinando le risorse, che questo business gli aveva fruttato, alla conoscenza, all'arte, alla pace.

Bibliografia

- Abrams I. (1993). "The odd couple". *Scanorama* 23, 11, pp. 52-56.
- An. (1933). "Nobel e Sobrero. L'inventore della dinamite e lo scopritore italiano della nitroglicerina". *Il Giardino di Esculapio*, 4, pp. 39-51.
- Delpiano P. M. (2011). *Viaggio intorno alla Dinamite Nobel*. Torino: Editris.
- Grossi V. (2006). *Convinzione e coerenza. Uno stile di vita. Le origini di Giù le armi! di Bertha von Suttner attraverso le sue peregrinazioni*, in Pistolato F. (ed.), *Per un'idea di pace*. Padova: Cleup, pp. 213-224.
- Heisenberg (2012), *Il testamento di Alfred Nobel* [online]. URL: <http://scienceforlife.altervista.org/blog/il-testamento-di-alfrednobel/?doing_wp_cron=1549654665.2968740463256835937500> [data di accesso: 08/02/2019].
- Nobel A., Suttner (von), B. (2013). *Un'amicizia disvelata, Carteggio 1883-1896*, Biedermann E. (ed.), Gorgonzola: Moretti & Vitale.
- Suttner (von), B. (2013). *Abbasso le armi. Storia di una vita*. Torino: Beppe Grande Editore.

La percezione del tempo fra metafore e patologie mentali

Giancarlo Albertini - Collegno - giancarlo.albertini@gmail.com

Anna Sicolo - Direzione Sanitaria Asl Na1 - anna.sicolo.pas@gmail.com

Abstract: Many people suffering from psychiatric disorders don't use scripts of classical mechanics, even the earlier ones, for acts of everyday life but, often surprisingly, patterns and metaphors apparently nearly in accordance with relativistic physics. Here we are discussing the question of how the perception of time flowing and our mental representations are consistent with the physics of relativity, with the quantum mechanics, with the gravitational ripples, with the big and small black holes running and falling into each other. As we have accepted, after centuries, that heavens don't revolve round us and we adapted to new cosmologies the metaphors through which we represented the universe and consequently also the flowing of time, these images and patterns are once again inadequate. Pluridirectional, non-independent and non-absolute, pluralistic time puts the perceptions, we are used to, in crisis. It's as if we are going on organizing our experience, our journeys on a flat planet. Even metaphors age, time passes for them. Generally, we live well with contradictions, it does not create any anguish to observe the sun and calculate the time measuring the path from east to west, although we are aware of the fact that no movement corresponds to what we are observing. We give up looking with Copernicus's eyes, who was able to see the sun staying still on the horizon. We live and think "as if".

Keywords: Time flowing, metaphors, social scripts, psychiatric disorders.

Da qualche tempo la fisica occupa spesso le pagine dei quotidiani, i notiziari televisivi, le riviste periodiche, è presente nelle classifiche dei libri più venduti. Stiamo parlando ovviamente di articoli di divulgazione: dopo che i risultati di importanti ricerche sono stati pubblicati sulle riviste scientifiche, le scoperte vengono portate all'attenzione di tutti e, ovviamente, i divulgatori, più che gli aspetti strettamente teorici, sottolineano i possibili risvolti pratici delle ricerche scientifiche, soprattutto se potenzialmente eclatanti. Si parla spesso del tempo, un argomento estremamente affascinante, seppur difficile. E si parla anche della percezione del tempo: i due elementi si intrecciano con estrema naturalezza: si intrecciano e insieme si tengono a distanza. Per nulla infastidito dai nostri guai, il tempo procede per la sua strada.

C'è il tempo della fisica. È quantificabile con precisione. Può essere reversibile, un po' come versare acqua in un bicchiere e poi svuotarlo, non come fare una frittata con le uova e poi voler separare gli ingredienti. E non scorre nello spazio come un fiume, ma è impastato con lo spazio, come quarta dimensione, in un continuo che si curva, in presenza di massa o energia, come un cuscino su cui sta appoggiato un peso. E la fisica dà il proprio contributo al calcolo del tempo nei più diversi campi: per esempio nell'individuazione dell'età del feto della donna di Ostuni, partendo dallo studio dei ritmi circadiani. Grazie alla tecnica della microtomografia a raggi X e realizzando quindi uno studio istologico virtuale, è stato possibile risalire alla settimana di gestazione, dal momento che si è accertato che la formazione dei denti nel feto avviene secondo la legge dei ritmi circadiani, uno strato al giorno: per cui contando gli strati con la metodica messa a punto dai fisici responsabili del sincrotrone Elettra di Trieste è stato possibile stabilirne l'età, un po' come avviene contando gli anelli circolari che indicano l'età di un albero.

C'è poi il tempo della vita, scorre irreversibilmente ed è ben separato dallo spazio, si articola in eventi che costituiscono la nostra storia. Facciamo con continuità riferimento, quasi per capire a che punto ci troviamo, ai cosiddetti indicatori sociali, il calendario, lo specchio, il pranzo della domenica, eccetera. Tutto ciò fa parte del complesso meccanismo endogeno che regola il nostro benessere e quello di tutti gli esseri viventi. A regolare il "ticchettio" del nostro orologio biologico interno è un gruppo di cellule cerebrali situato nell'ipotalamo, il nucleo soprachiasmatico. Esso riceve informazioni sulla luce esterna attraverso cellule fotosensibili presenti nella retina, e, lavorando su un ciclo di 24 ore, adatta i ritmi biologici del nostro corpo a quelli imposti dal susseguirsi di giorno e notte. Queste informazioni hanno ricadute a cascata sugli "orologi interni" degli altri organi, come quelli che governano l'attività di cuore e fegato, nonché quella cellulare.

Nei soggetti con demenza, nei depressi, nei bipolari, lo sguardo è indifferente allo scorrere del tempo, ma il loro orologio biologico continua comunque a scandire ogni secondo della loro esistenza. Il tempo, inventato dall'uomo, ne diventa il controllore; anche se non esiste un organo particolare che controlli il tempo nei modi in cui gli occhi rivelano la luce, le orecchie reagiscono al suono o la lingua al sapore, ciò nonostante tutti gli organismi viventi reagiscono al tempo.

Esso è connesso con la struttura della nostra conoscenza, è una somma di obbiettivo e soggettivo; sappiamo che "ora" è ciò che divide il passato dal futuro. Sappiamo che il passato non torna e che non possiamo cambiarlo, mentre possiamo cambiare il futuro. O per meglio dire: ci sono alcuni eventi del futuro che possiamo controllare, ma non ci sono eventi del passato che possiamo cambiare.

Per ripercorrere parte del complesso ragionamento di Reichenbach:

Saremmo anche tentati di affermare che possiamo conoscere il passato, ma che non possiamo conoscere il futuro. Ma ciò è falso per un grande numero di eventi del passato sconosciuti, mentre ci sono eventi futuri che possiamo considerare noti. Possiamo avere documenti del passato, ma non del futuro. Il passato è determinato, il futuro è indeterminato (Reichenbach 1971, p. 23).

Il problema che poniamo in questo articolo è ben rappresentato dalla frase di John R. Searle: «Come riconciliare l'idea che abbiamo di noi stessi con la conoscenza del mondo che ci arriva dalla fisica, dalla chimica e dalle altre scienze?» (Searle 2017). La nostra percezione del tempo ha un contenuto altamente emozionale. È la paura della morte che si è trasformata nella paura del tempo: lo scorrere del tempo è espressione delle forze sovrumane alle quali non possiamo sfuggire.

Abitualmente conviviamo in modo sereno con la contraddizione tra realtà pensata e realtà osservata; non ci crea angoscia osservare il sole e calcolare il tempo misurando il percorso da oriente ad occidente, nonostante la consapevolezza che nessun suo movimento corrisponde a ciò che stiamo osservando. Non guardiamo con gli occhi di Copernico, che riusciva a vedere il sole fermo all'orizzonte. Viviamo e pensiamo “come se” (Vaihinger 1967). Aderiamo inconsapevolmente ad una concezione funzionalista: non conosciamo la realtà in quanto tale, ma facciamo continuamente ricorso a modelli di pensiero e ci comportiamo “come se” il mondo corrispondesse a essi. E così organizziamo la molteplicità delle nostre esperienze sensoriali. Non si tratta di costruzione di ipotesi, ma di vere e proprie finzioni: a differenza dell'ipotesi, la finzione non solo non può mai essere verificata, ma contraddice deliberatamente la realtà. Da un punto di vista cognitivo le finzioni sono l'esito di svariate operazioni mentali, astrazione, ordinamento, schematizzazione, scomposizione e composizione, isolamento, approssimazione, generalizzazione, ecc. Tutto ciò conduce a una presa di distanza dalla realtà, oppure fa approdare a contraddizioni formali come il concetto di punto, linea, infinito, assoluto, cosa in sé, atomo, materia, numero immaginario e così via.

Le patologie nella percezione del tempo, presenti in molti disturbi psichici, ci dimostrano che la convivenza con la contraddizione non è poi sempre serena e va preso in considerazione anche un adeguamento delle metafore solitamente utilizzate per non essere travolti da esse e per continuare a governare le vicende della nostra esistenza.

La metafora è solitamente considerata solo strumento di immaginazione poetica, artificio retorico, qualcosa insomma che ha a che fare con il linguaggio straordinario più che con quello comune. Ed è spesso considerata come caratteristica del solo livello linguistico, una questione di parole piuttosto che di pensiero e azione. Per questa ragione molti pensano di poterne fare tranquillamente a meno. E invece il nostro sistema concettuale è in larga misura metaforico, cioè la maggior parte dei concetti è parzialmente strutturata in termini di altri concetti. La metafora riveste un ruolo centrale nel nostro pensiero, nella nostra esperienza e nelle nostre azioni quotidiane.

Nella maggior parte delle piccole azioni che quotidianamente compiamo, noi semplicemente pensiamo ed agiamo in modo più o meno automatico, seguendo certe linee di comportamento. È quindi fondamentale per noi utilizzare metafore corrette e adeguate all'esperienza, in particolare quando si ha a che fare con il tempo e con la nostra percezione di esso.

Esaminiamo ora un altro elemento fondamentale che sta alla base del pensare e dell'agire. In ambito psicologico lo script o copione sociale è la conoscenza che abbiamo di certi eventi che si ripetono sempre uguali. Per esempio, se conosco lo script della festa di compleanno, so che ci sarà una torta, degli invitati, dei regali e la canzone *Tanti*

auguri a te. Gli script sono fondamentali, poiché permettono di crearsi delle aspettative e di capire il corso di eventi, che altrimenti risulterebbero incomprensibili e spiazzanti.

Lo script è la rappresentazione di eventi organizzati in termini spazio-temporali e causali e si costruisce sulla base dell'esperienza reale, attraverso una successione ordinata di azioni coerenti in un particolare contesto finalizzate a realizzare uno scopo, individuale o socio-culturale. La sua funzione principale è quella di favorire la rappresentazione mentale delle azioni umane, ossia la comprensione di vissuti, episodi ed eventi. La rappresentazione di eventi costituisce lo strumento mentale fondamentale non solo per la conoscenza della vita quotidiana, ma anche per l'elaborazione del sistema semantico e delle categorie concettuali del pensiero (Nelson 1985, p. 72).

Infatti, scomponendo nelle sue diverse parti la sequenza temporale e causale di uno script, il bambino diventa progressivamente in grado di "astrarre" proprietà, caratteristiche e funzioni degli oggetti e delle azioni specifiche di un determinato episodio o evento. All'interno di questo modello la capacità di cogliere i legami temporali e causali, che connettono tra loro le diverse azioni di un evento, costituisce un requisito fondamentale per lo sviluppo linguistico e concettuale del bambino. Il termine script fa riferimento alla sceneggiatura teatrale e cinematografica, in cui l'azione è già nota prima di essere messa in scena. Gli individui imparano dalle esperienze passate ad utilizzare le loro aspettative per costruire script che rendono le cose più facili da fare sul piano cognitivo. Gli script sono registrati nella nostra memoria procedurale e sono inconsci. Si apprendono con l'esperienza e si consolidano con la ripetizione. Un copione comprende una serie di azioni standardizzate compiute sia da soli sia nei contesti relazionali.

Un altro esempio può essere quando si va a fare la spesa: si parcheggia, si prende il carrello, si cammina lungo i corridoi in cerca di quello che serve, poi si va in cassa, si lascia il carrello, si paga, si esce con la spesa, si torna in macchina. Questo è uno scenario tipico che si affronta con uno script appreso nelle prime esperienze avute andando al supermercato e consolidato con la ripetizione. Ancora più immediato è il copione che attuiamo quando incontriamo una persona conosciuta. Ci guardiamo, diciamo "ciao", attendiamo la risposta, diciamo "come va?", attendiamo la risposta. A seconda delle percezioni che entrambi abbiamo, decidiamo implicitamente se intrattenerci e implementare la conversazione, oppure se chiudere lo scambio interpersonale ad esempio con un cenno di arrivederci o un "a presto". Il copione non è necessariamente chiuso, anzi può evolvere in un altro copione anche più lungo, come nel caso in cui si decide di intrattenere una conversazione con la persona appena incontrata. Nella conversazione sarebbe possibile rinvenire uno o più script, e così via. Tutto ciò ci permette di andare avanti come se avessimo il pilota automatico inserito, in quanto gli script, registrati nella nostra memoria procedurale, vengono richiamati in automatico all'occorrenza. Tutto ciò è in strettissima correlazione con il tempo e la nostra percezione di esso. E occorre infine tener presente che violare le regole del sistema script produce un grave blackout sociale, come dimostrato dalla storia di Agnese (Garfinkel 2000).

Bibliografia

- Garfinkel H. (2000). *Agnese*. Roma: Armando Editore.
- Hawking S. (2002). *L'universo in un guscio di noce*. Milano: Mondadori.
- Minkowski E. (2000). *Cosmologia e follia*. Napoli: Guida Editore.
- Nelson K. (1985). *Making Sense: The Acquisition of Shared Meaning*. Orlando (Fla): Academic Press.
- Reichenbach H. (1971). *The direction of time*. Berkeley-Los Angeles-London: University of California Press.
- Searle J.R. (2017). *The Basic Reality and the Human Reality*. Cambridge (MA): Harvard University Press.
- Vaihinger H. (1967). *La filosofia del "come se"*. *Sistema delle finzioni scientifiche, etico-pratiche e religiose del genere umano*. Roma: Ubaldini Editore.

FROM ANTIQUITY TO GALILEI

Elements of geometrical calculation in Archimedes.

The laws of statics

Angelo Pagano^{1,3} – angelo.pagano@ct.infn.it; Giuseppe Boscarino³ – gpp.bos@libero.it;
Oreste Caniglia^{3,4} – profocaniglia@yahoo.it; Pietro Di Mauro^{† 1,2,3}; Emanuele V.
Pagano^{3,5} – epagano@lns.infn.it

¹ INFN - Sez. di Catania,

² Liceo Scientifico Statale “E. Fermi” – Paternò (CT)

³ Associazione Culturale “Salvatore Notarrigo” – La Scuola Italica

⁴ I.I.S. “Concetto Marchesi” di Mascalucia (CT)

⁵ INFN - Laboratori Nazionali del Sud

[†] deceased - In Memoriam

Abstract: The work of Archimedes (Siracusa) strongly influenced the development of modern science. In this report, the laws of static are discussed within the modern “Geometrical calculus”, such as the one provided by the mathematician Giuseppe Peano (Torino). The translation of Archimedes’ work by symbolic logic is made possible by the unambiguous terms used by Archimedes in his postulates and propositions. The formal results are also applicable to the theory of the collisions between two impenetrable bodies, as the one described in d’Alembert’s mechanics. This modern axiomatic interpretation is a clear indication of the existence in Archimedes’ work of a complete set of logical rules (precursor) whose real interpretation is consistently illustrated by different physical models.

Keywords: Archimedes, Statics, d’Alembert, impenetrable body.

1. Introduction

Discussing about Archimedes in a modern physics context is a unique opportunity to remind us the centrality of Archimedes’ position in human sciences (particularly in Physics). Nobel laureate Alferov illustrates very well the concept:

Archimedes is considered one of the greatest scientists of every time. He has discovered important mathematical and physical principles, designing ingenious instruments and machines that the people of Syracuse have used to defend their homeland by Romans’ attacks (growing up domination at that time). [...] Archimedes was admired by distinguished ancient Philosophers (Eratosthenes, Aristarchus, Plutarch, Polybius, [...]). Archimedes’ thought continues to inspire great interest still nowadays and has significantly influenced the Galilean scientific work during its evolution from the original instances, based on medieval roots, to the scientific revolution of the renaissance era (Alferov 2008, pp. 12-13).

In a more technical aspects, philosopher M. Serres carefully explains the philosophical essence:

What is detached from Aristotle is, once again, the Archimedean world: sloping tiles, static, hydraulic, differential pre-calculus. It is in the Arenario that the world is Helios - centered, with the support of Aristarchus. [...] Certainly, Leonardo, Galilei, Torricelli, [...] Descartes and others cut the bridges with the Middle Ages and the School (of Aristotle); but we have to recognize that Epicurus (Democritus) and Archimedes are already a non-Aristotelian universe. Modern science did not arise, suddenly, from the nothingness or the solicitations of contemporaries, during the renaissance, [...] it simply was born again, that's all! It will take a long time to reach Archimedes' perfection. [...] But, the founders of modern science have learned their profession in Archimedes' work (Serres 2000).

In this paper we briefly discuss about Archimedes' important work: *On the equilibrium of planes or centres of gravity of plane figure* (book I), quoted in the following as ARCH. It is in close connection with the "geometry of masses", as the one developed by the mathematician G. Peano (1888). In this paper the book I is described by using Peano's symbolic logic.

Let us define shortly what is a *geometrical calculus* in the frame of this paper. It is recognised by four main items:

- a) elements (entities) of the calculus are from Euclidean geometry (point, line, surface, volume) and from Newtonian dynamics (mass, applied forces, etc.);
- b) the calculus is performed directly on abstract entities (such it is an idealized body). Co-ordinate system of reference is unnecessary;
- c) "time" is an external event-ordering parameter, i.e., absolute time is assumed;
- d) a system of logical rules are used to combine elements in postulates and propositions (theorems).

An important example of geometric calculus was given by G. Peano in Torino (1888) and it was extended by scholars to multi-dimensional (>3) Euclidean spaces (see for example Boggio, Burali-Forti 1924).

For a careful discussion about Archimedes' work, the reader can consult the book of Dijksterhuis (1956). From this book we read:

The treatise on the equilibrium of planes occupies a place apart in the work of Archimedes. In fact, whereas in all his mathematical treatises he builds on foundations long ago established, in this work he concerns himself with an investigation into the very foundations; moreover he leaves the domain of pure mathematics for that of natural science considered from the mathematical point of view: he sets forth certain postulates on which he bases a chapter from the theory of equilibrium, and he is thus the first to establish the close interrelation between mathematics and mechanics,

which was to become of such far-reaching significance for physics as well as mathematics (Dijksterhuis 1956, p. 286).

Dijksterhuis did not use logical symbols. Evidently, the main advantage to translate Archimedes' propositions in symbols of logical mathematics is given by the theoretical possibility to adapt the logical translation to different physical descriptions, obeying to the same rules. One of these examples is the theory of collisions between two impenetrable bodies as illustrated in d'Alembert's famous *Traité de dynamique* (1743).

2. Logical translation of Archimedes' static laws

In this chapter we will discuss few postulates and propositions included in Archimedes' work. The purpose is to show the potentiality of the method; a more complete discussion will be given in a separate publication. This work was inspired by the first logical translation (to our knowledge) made by S. Notarrigo (1992). However, Notarrigo did not use Peano's logical symbols. Let us to introduce some among Peano's early operators that are used in our translation:

1. operator: IF... THEN = (it follows) implication	\supset
2. operator: direct and inverse implication	\supseteq
3. operator: ET	\wedge
4. operator: EQUILIBRIUM	$E_ =$
5. operator: NON EQUILIBRIUM: <i>INCLINE towards side >, or side <</i>	$E_ >, E_ <$
6. operator: X is one of the elements of class A	$X \in A$
7. Measurable Quantity	Q
8. Real number	R
9. Operator: for all	\forall
10. Multiplier real number and quantity	$*$
11. Parenthesis	$(...)$
12. Separators between propositions	\therefore
13. Identity	\equiv
14. Ratio	$/$

Beside, we adopt two basic properties (**BP.i**, $i=1,2$), as due to G. Peano (1908), and (implicitly) used in Archimedes' work:

BP.1 $Q \equiv \text{quantity}$

$$\forall q \in Q \therefore \forall x \in R \supset x * q \in Q$$

BP.2 equality fundamental properties: symmetry, reflection and transitivity:

$$x = x \therefore x = y \supset y = x \therefore (x = y) \wedge (y = z) \supset x = z$$

In ARCH, seven postulates (**P_i**, $i=1,7$) are given in agreement with Dijksterhuis' classical work. In this paper we discuss four postulates **P.I**, **P.II**, **P.III**, **P.VI**. They concern with discrete (masses) bodies.

Postulates:

- I- Equal weights (p_i , $i=1,2$) (suspended) at equal distances (d_i , $i=1,2$) are in equilibrium, and equal weight at unequal distances are not in equilibrium, but incline toward the weight which is at the greater distance.

Logical translation:

$$\left(\frac{p_1}{p_2} = 1\right) \supset \left\{ \left[\left(\frac{d_1}{d_2} = 1\right) \supset E_{=} \right] \wedge \left[\left(\frac{d_1}{d_2} > 1\right) \supset E_{>} \right] \wedge \left[\left(\frac{d_1}{d_2} < 1\right) \supset E_{<} \right] \right\} \quad \mathbf{P.I}$$

- II- that if, when weights at certain distances are in equilibrium, something be added to one of the weights, they are not in equilibrium, but incline towards that weight to which something has been added
- III- Similarly that, if anything be taken away from one of the weights, they are not in equilibrium, but incline towards that weight from which nothing has been taken away.
- VI- If magnitudes at certain distances be in equilibrium, (magnitudes) equal to them will also be in equilibrium at the same distances.

Logical translation:

$$\left[\left(\frac{p_1}{p_2} = a\right) \wedge \left(\frac{d_1}{d_2} = \alpha\right) \supset E_{=} \right] \supset$$

$$\left[\left(\frac{p_1}{p_2} > a\right) \wedge \left(\frac{d_1}{d_2} = \alpha\right) \supset E_{>} \right] \wedge \quad \mathbf{P.II}$$

$$\left[\left(\frac{p_1}{p_2} < a\right) \wedge \left(\frac{d_1}{d_2} = \alpha\right) \supset E_{<} \right] \wedge \quad \mathbf{P.III}$$

$$\left[\left(\frac{q_1}{q_2} = a\right) \wedge \left(\frac{d_1}{d_2} = \alpha\right) \supset E_{=} \right] \quad \mathbf{P.VI}$$

Once the formal structure is established, the “real \equiv physics” interpretation is ‘ external to the logical system’ and it should be taken by phenomena. It follows that formulation can be adapted to different phenomena. We will see in the following chapter a relevant application, i.e., d’Alembert’s early theory of collisions. Starting from postulates **P.I**-**P.VI** and using basic logical rules it is possible to proof different propositions (theorems) about statics. We proof just one of them in the following.

Proposition (theorem) I:

Weights which are in equilibrium at equal distances are equal.

Logical translation:

$$\left[\left(\frac{p_1}{p_2} = a \right) \wedge \left(\frac{d_1}{d_2} = 1 \right) \wedge E_{=} \right] \supset \left[\left(\frac{p_1}{p_2} = a = 1 \right) \right] \quad \text{Th. 1}$$

Proof (*reductio ad absurdum*):

For, if they were unequal (it means: in contrast with the Th.1), by taking away from the greater weight a quantity by which it exceeds the lesser, we disturb the equilibrium on account of postulate III, whereas because of postulate I there would precisely have to be in equilibrium in the new position.

Logical translation:

let be (by absurd) $a > 1$, it follows:

$$\left[\left(\frac{p_1}{p_2} = (a > 1) \right) \wedge \left(\frac{d_1}{d_2} = 1 \right) \supset E_{=} \text{ (hypothesis in Th. 1 and } a > 1 \text{)} \right]$$

(as required by **P.III**) $\supset \left[\left(\frac{p_1}{p_2} = (1 < a) \right) \wedge \left(\frac{d_1}{d_2} = 1 \right) \supset E_{<} \right]$

This (right hand) result is not in agreement with the postulate **P.I**; consequently, **Th.1** is proved. C.V.D

Archimedes’ laws, culminate with the (so called) “lever principle” (not discussed in detail in this paper):

Th. VI : Commensurable magnitudes are in equilibrium at distances reciprocally (inverse) proportional to the weights

Th. VII: However, even if magnitudes are incommensurable, they will be in equilibrium at distances reciprocally (inverse) proportional to the magnitudes.

As commonly stated in textbooks of elementary physics:

$$p_1 / p_2 = d_2 / d_1$$

or

$$p_1 * d_1 = p_2 * d_2$$

3. d’Alembert’s early Collision-Theory

The theory of impenetrable (solid bodies) has been described by d’Alembert in his masterpiece *Traité de Dynamique*. This theory is not more in use in classical physics because the concepts of “impenetrability” and “solid bodies” have been abandoned in

modern paradigm. Modern paradigm is based on the notions of “point-mass particles” and “rigid bodies”. The reasons of this change are quite complex and, basically, they are linked with the abandon, in modern paradigm, d’Alembert’s *ab-initio* definition of body (mass):

Si deux portions d’étendue semblables & égales entr’elles sont *impénétrables*, c’est-à-dire, si elles ne peuvent être imagines unies & confondues l’une avec l’autre, de manière qu’elles ne fassent qu’une même portion d’étendue moindre que la somme des deux, chacune de ces portions d’étendue sera ce qu’on appelle un *Corps*. L’impénétrabilité est la propriété principale par laquelle nous distinguons les Corps des parties de l’espace indéfini, où nous imaginons qu’ils sont placés (d’Alembert 1743, p. 1).

We simple notice that this latter definition of mass is in full agreement with Newton’s theoretical concepts, as the product between the density and volume (Pagano 2011). By changing the physical interpretation of elements in Archimedes’ postulates, we are able to account for d’Alembert’s collisions theory. As an example, changing: “weight” (p) with “mass” (m) and “distance” (d) with “velocity” (v), consequently, the postulate **P.I** is written in the following:

$$\left(\frac{m_1}{m_2} = 1\right) \supset \left\{ \left[\left(\frac{v_1}{v_2} = 1\right) \supset E_{=} \right] \wedge \left[\left(\frac{v_1}{v_2} > 1\right) \supset E_{>} \right] \wedge \left[\left(\frac{v_1}{v_2} < 1\right) \supset E_{<} \right] \right\} \quad \mathbf{P'.I}$$

And we read:

P'.I Equal masses (m_i , $i=1,2$) moving (one against the other) with equal velocities (v_i , $i=1,2$) are in equilibrium, and equal masses moving with unequal velocities are not in equilibrium, but they move toward the mass which has the larger (between the two ones) velocity.

$$\left[\left(\frac{m_1}{m_2} = a\right) \wedge \left(\frac{v_1}{v_2} = \alpha\right) \supset E_{=} \right] \supset$$

$$\left[\left(\frac{m_1}{m_2} > a\right) \wedge \left(\frac{v_1}{v_2} = \alpha\right) \supset E_{>} \right] \wedge \quad \mathbf{P'. II}$$

$$\left[\left(\frac{m_1}{m_2} < a\right) \wedge \left(\frac{v_1}{v_2} = \alpha\right) \supset E_{<} \right] \wedge \quad \mathbf{P'. III}$$

$$\left[\left(\frac{q_1}{q_2} = a\right) \wedge \left(\frac{v_1}{v_2} = \alpha\right) \supset E_{=} \right] \quad \mathbf{P'. VI}$$

we read:

Let be masses in equilibrium moving (one against the other) with certain velocities; it follows:

P'.II - Something is added to one of the masses: equilibrium is broken. Masses move towards that mass-direction to which nothing has been added.

P'.III- Similarly that, if something is taken away from one of the masses: equilibrium is broken. Masses move towards that mass-direction from which something has been taken away.

P'.VI- If magnitudes with certain velocities are in equilibrium, other magnitudes (equal to them) are also in equilibrium with the same velocities.

The semantic expression: “equilibrium” is simply interpreted by the one: “common centre of mass is at rest”; consequently, postulates **P'.I**, **P'.II**, **P'.III** and **P'.VI** describe the (head-on) collisions (of d’Alembert) between two impenetrable bodies. Propositions concerning collisions are deduced (in perfect correspondence with the above mentioned laws of static). In particular, **Th. VI** and **Th. VII** of the previous chapter concerning “weights” in “equilibrium” are applied to the collisions of two bodies, and both are summarised in one single proposition (Centre of mass condition for equilibrium):

$$m_1 / m_2 = v_2 / v_1$$

or

$$m_1 * v_1 = m_2 * v_2$$

4. Conclusions

The Archimedean laws of statics have been interpreted in the context of a theory of *geometrical calculus*, as the one developed by G. Peano (XIX century) and, consequently, translated in symbols of logical mathematics. In this form they reveal their validity as coherent system of axioms and theorems that find applications in different fields. In particular in this paper, the correspondence between the Archimedean laws of statics and d’Alembert’s early collisions theory is argued. This modern axiomatic interpretation is a clear indication of the existence in Archimedes’ work of a complete set of logical rules (precursor) whose real interpretation is, consistently, illustrated by different physical models.

Bibliography

- Alferov Z. (2008). *Introduzione*, in Geymonat M., *Il grande Archimede*. Roma: Sandro Teti, pp. 12-13.
- Boggio T., Burali-Forti C. (1924). *Espaces courbes. Critique de la relativité*. Torino: Sten Editrice.
- Dijksterhuis E.J. (1956). *Archimedes*. Copenhagen: Ejnar Munksgaard.
- d’Alembert J.B. Le Rond (1743). *Traité de dynamique*. Paris: David l’aîne.
- Notarrigo S. (1992). *Archimede e la fisica*, in Dollo C. (a cura di), *Archimede. Mito tradizione e scienza* (Siracusa-Catania, 9-12 ottobre 1989). Firenze: Olschki, pp. 381-394.

-
- Pagano A. (2011). *Il modello meccanico dei corpi solidi della fisica di Democrito* [online]. URL: <<http://www.lascuolaitalica.it/pubbl16.pdf>> [data di accesso 21/05/2019].
- Peano G. (1908). *Formulario mathematico*. Torino: Fratres Bocca editores.
- Peano G. (1888). *Calcolo geometrico secondo l'Ausdehnungslehre di H. Grassmann*. Torino: Fratelli Bocca.
- Serres M. (2000). *Lucrezio e l'origine della fisica*. Palermo: Sellerio.

Sulle origini di un paradigma scientifico

Renato Migliorato[†] – Università degli Studi di Messina –
renato.migliorato@gmail.com

[†] deceased - In Memoriam

Abstract: Some previous publications relieved still the subsistence, in third century b.C., of a properly true scientific shared paradigm. The use of abstract categories together with the absence of explicit declarations on to be and truth, would have saved the theoretic formulations from attack of philosophers, preserving their scientific validity.

These features, as many times it was observed, are sufficiently recognizable in all the known works of Euclid, Archimedes and other immediately following authors. However, the times and the ways in which the paradigm would be made remain not clear. The absence of previous original scientific texts does not allow to establish if it is a product of a revolutionary jump due to the author of *Elements*, or it is the result of a more or less long process.

This paper is an analysis and a reflexion intended to clarify the terms of that question and the possible hypotheses, without the claim to reach definitive conclusions.

Keywords: History of Sciences, History of scientific thought, Sciences in antiquity.

1. Introduzione

In più occasioni ho usato l'espressione "paradigma euclideo" per indicare i caratteri specifici che ritengo di individuare nei testi scientifici di età ellenistica e che non sembra si possano più rilevare in epoche successive (Migliorato 2005; Gentile, Migliorato 2005; Gentile, Migliorato 2008; Migliorato 2013a; Migliorato 2013b; Migliorato 2015).

Ritengo opportuno far cenno, a questo proposito, alle analogie e convergenze, ma anche alle divergenze, con le tesi elaborate e sostenute da Lucio Russo in vari lavori.

Dico subito che concordo sostanzialmente, come altrove precisato, con le tesi contenute negli articoli di Russo e Medaglia (1996) e di Russo (1998). La convergenza più significativa si registra però nel rilevare una fondamentale cesura storica, verificatasi probabilmente tra II e I secolo a.C. Da ciò consegue l'impossibilità di utilizzare validamente, per interpretare la scienza ellenistica, il materiale prodotto in seguito e le stesse testimonianze, quando non si limitano a puri dati storiografici di fatto, ma implicano valutazioni interpretative. Su questo punto vi è piena condivisione tra me e Lucio Rus-

so. Mi pare anzi che questa posizione di cautela sia ormai tutt'altro che isolata tra gli studiosi¹.

La più significativa divergenza riguarda invece il canone interpretativo, i significati e la stessa specificità di ciò che chiamiamo scienza. Lucio Russo, infatti, parte dal presupposto di una rigorosa demarcazione tra scienza e non-scienza, ponendosi in un'ottica che può, forse, definirsi popperiana o molto vicina alle tesi di Pierre Duhem (1908). La mia ricerca, invece, si pone piuttosto, nell'ottica dei concetti di paradigma scientifico e di rivoluzione scientifica conosciuti da Thomas Kuhn (1970; 2000). Non è questione trascurabile, perché nell'ottica di Kuhn l'eclissarsi di un paradigma scientifico, presentandosi come un riorientamento gestaltico², può spiegare pienamente le incomprensioni e i fraintendimenti nei confronti del paradigma precedente, laddove, altrimenti, le argomentazioni in favore di un "oblio" delle ragioni della scienza rimangono, a mio avviso, generiche e non sempre adeguate.

Nel caso specifico ho ritenuto di individuare la causa fondamentale dell'eclissi del paradigma euclideo nella progressiva scomparsa, con l'estendersi dell'egemonia romana sui territori della koiné greca, di una pratica di trasmissione diretta maestro-allievo. Restavano, dunque, i testi scritti, ma in essi non era più leggibile quel sostrato paradigmatico insito in una prassi comunicativa non scritta, la sola, per altro, in grado di rendere quel sapere qualcosa di vitale, fecondo e, in definitiva, produttivo di nuove e originali intuizioni (Migliorato 2016).

Ammesso ciò, numerose questioni restano aperte, soprattutto per ciò che riguarda le varie fasi e i momenti di passaggio tra un paradigma e l'altro, e tutta da capire rimane l'origine e la fase iniziale del paradigma euclideo, anche per la carenza di testi originali precedenti gli *Elementi*. È proprio su ciò che si vuole indagare nelle pagine seguenti. Dati però i limiti di spazio consentiti nel presente lavoro, mi accingerò solo ad una trattazione sintetica di due punti che mi sembrano particolarmente significativi: 1) il ruolo e le ragioni dell'oralità e della trasmissione diretta dei paradigmi a partire dalla scuola di Platone; 2) la ricerca di eventuali tracce di un percorso pre-euclideo, che possa ulteriormente chiarire il paradigma nella sua forma compiuta e le ragioni del successivo

¹ Fabio Acerbi scrive in una nota al testo di Euclide, prendendo le distanze a questo riguardo da Duhem e Lloyd: «Lo stesso Lloyd (che in questo segue Duhem), non ritiene opportuno adottare scansioni temporali per distinguere tra le varie fonti utilizzate, e finisce per porre sullo stesso piano, ad esempio, la testimonianza implicita di Aristarco e quella esplicita di Proclo, quelle cioè di uno scienziato del III secolo a.C., vissuto nel pieno sviluppo della scienza ellenistica, e di un commentatore del V secolo, isolato» (Euclide 2007, p. 559). E poco più avanti: «[Lloyd, nelle considerazioni conclusive] si riferisce a Gemino, Teone, Proclo e Tolomeo, cioè ad autori, e si noti che soltanto l'ultimo è uno scienziato, tardi se non tardissimi» (*Ibidem*).

² Il riferimento è alla Psicologia della Forma o Gestalt. Già nei primi decenni del XX secolo questa corrente di pensiero aveva posto in evidenza come la percezione del mondo esterno non fosse un fatto automatico, né comportasse l'effettiva rappresentazione della "cosa" percepita così com'era per sé stessa, ma era il frutto di atti interpretativi in base a forme preesistenti. Forme che potevano essere più meno soggettive, culturalmente acquisite, talvolta legate alle condizioni mentali del momento in cui il soggetto percepiva. Così, ad esempio, una stessa linea curva tracciata su un foglio, poteva essere vista con assoluta evidenza da un osservatore come il disegno di un'anatra, e un istante dopo, con la stessa evidenza, come il disegno di un coniglio. Su questo sono fondati anche molti disegni di M.C. Escher (Escher 1990), in cui, ad esempio, una superficie che appare in un momento concava, può essere vista un momento dopo come convessa, o un complesso che ora sembra visto dall'alto appare un momento dopo come visto dal basso, ecc. Ognuno di questi passaggi interpretativi è il risultato di quello che la Psicologia della Forma definisce un "riorientamento gestaltico".

oblio. Riguardo a quest'ultimo punto prenderò in esame un'opera superstite della produzione pre-euclidea le cui valenze, sotto il profilo che ci riguarda, sono state fino ad ora, a mio avviso, sottovalutate. Si tratta dell'*Armonica* di Aristosseno.

È ancora opportuna un'ulteriore precisazione. Il concetto di paradigma da me qui adoperato va riferito a Kuhn, non in modo automatico e letterale, ma per ampia analogia e con le dovute avvertenze. Aderendo rigorosamente, infatti, alla visione kuhniana, quale emerge dai suoi scritti (in particolare Kuhn 1970), anche un semplice slittamento concettuale o l'introduzione di un nuovo principio può costituire un passaggio rivoluzionario interpretabile come mutamento di paradigma. Un'analisi così dettagliata dei differenti paradigmi scientifici nell'antichità, se pure avesse senso, sarebbe però oggi improponibile sulla base dei dati a nostra disposizione e dei testi sopravvissuti.

Ma il concetto di paradigma può essere efficacemente adoperato in un senso più ampio, come riferito a un atteggiamento generale e di orientamento metodologico ed epistemologico degli scienziati nell'affrontare i problemi relativi al proprio ambito d'indagine. In questo senso va inteso nel nostro caso (Migliorato 2005)³.

2. La tradizione orale

Giovanni Reale, in una sua rilevante opera (1991), al fine di supportare ed estendere le tesi già sviluppate dalla scuola di Tubinga, applicava con buoni risultati il concetto kuhniano di paradigma alle diverse prospettive ermeneutiche con cui storicamente erano state interpretate le teorie metafisiche di Platone e della sua scuola. La "coincidenza" che a noi qui interessa, consiste nel fatto che Reale pone il primo significativo mutamento di paradigma interpretativo (dal platonismo diretto degli allievi di Platone a quello intermedio che prelude al neo-platonismo) proprio tra la fine del secondo e l'inizio del primo secolo a.C. Sebbene qui non sia possibile tracciare una correlazione diretta di tipo causale, non sfugge la coincidenza con un profondo mutamento di prospettiva epistemologica conseguente all'eclissarsi del paradigma euclideo.

Il dato, però, appare ben più significativo se posto in relazione a quello che costituisce l'elemento nodale dell'interpretazione di Tubinga, oggetto di riferimento, a sua volta, dell'opera di Reale. Si tratta di quella parte della dottrina di Platone che lo stesso filosofo ateniese dichiarava di non volere porre per iscritto e che affidava, dunque, alla sola trasmissione orale in un rapporto diretto tra maestro e allievo. Non si tratta qui di prendere posizione su questioni interpretative, per noi poco pertinenti e, per altro, tuttora controverse, circa l'effettivo pensiero di Platone. Mi sembra utile, invece, una riflessione sul dato, difficilmente controvertibile, che ne è alla base: la dichiarata ed esplicita omissione da parte del filosofo, nelle sue opere scritte, di qualcosa di essenziale per in-

³ Del resto la stessa definizione di Paradigma formulata da Kuhn subisce nel tempo un'evoluzione, presentandosi più o meno restrittiva a seconda del contesto. La definizione più restrittiva viene formulata nel *Postscript* della seconda edizione di *La struttura delle rivoluzioni scientifiche* (Kuhn 1970), anche in risposta alle critiche e alle accuse di genericità che gli venivano rivolte (Masterman 1976). Sul'evoluzione del concetto e della visione complessiva dei processi di crescita del pensiero scientifico scrive Kuhn (1976, 2000).

tendere pienamente il suo pensiero. Perché Platone non volle mai scrivere sui principi primi e fondativi della sua visione metafisica?

Una riflessione più estesa su questo punto, sebbene opportuna, non è qui proponibile per limiti di spazio; rinvio pertanto alla stesura completa della mia relazione disponibile in rete (Migliorato 2017). La domanda a cui mi sembra invece di dover rispondere è se l'esigenza avvertita da Platone fosse solo un portato dei suoi tempi e relativo alla sola riflessione metafisica. Portiamoci allora a ciò che avviene oggi.

Un ricercatore dei nostri tempi, dopo aver percorso le varie tappe di formazione scolastica, comprendente tra le altre cose una qualche forma di approccio alle scienze, si iscrive a un corso universitario specifico che si conclude con un lavoro scritto, al termine del quale è pronto non già per un lavoro autonomo di ricerca, ma ad intraprendere il suo vero tirocinio sotto la guida di uno o più maestri. Nei tempi passati i percorsi sono stati differenti, ma in nessun caso è pensabile che senza un adeguato tirocinio diretto si potesse affermare quella condivisione di metodologie, visioni, prassi e credenze che costituiscono un paradigma scientifico e ne consentono il progressivo avanzamento. Certo, anche le discussioni e le riflessioni che stanno alla base di un paradigma potrebbero, in linea di principio, essere poste per iscritto, dando luogo, però, ad una letteratura ben più vasta ed estesa di quanto non siano i semplici trattati teorico-formali. E soprattutto entrerebbero inevitabilmente in gioco tutti gli aspetti e le motivazioni preformali che attengono alla natura degli oggetti considerati, alla loro consistenza ontologica, all'effettività della conoscenza, ponendo così le varie scienze in una posizione di subordinazione e dipendenza rispetto alla filosofia, all'ontologia, alla metafisica, alla teologia. È proprio ciò che è avvenuto dopo l'eclissi dei paradigmi ellenistici e sicuramente a partire almeno da Erone fino a Tolomeo e al declino definitivo della scienza antica.

Nei tempi moderni il dibattito sui fondamenti esiste, ed è certamente scritto, ma esso non appartiene alle varie scienze in quanto tali, bensì alla metascienza e alla filosofia della scienza. Esso non rientra più necessariamente, oggi, nel bagaglio formativo del ricercatore, che sarà pur vincolato a paradigmi e metodologie condivise da una comunità, ma non già ad una specifica filosofia, ad una concezione metafisica determinata.

Non vi è invece traccia, nella fase culminante della scienza ellenistica, di una letteratura che si ponga finalità esplicative e di commento propedeutico alla lettura e comprensione dei testi scientifici, se si prescinde dalle formulazioni generali e puramente teoriche dei filosofi. Se c'era dunque un paradigma scientifico, questo non poteva reggersi su esplicite teorizzazioni e codificazioni scritte. Ma ciò non significa solo contrapporre la comunicazione orale alla comunicazione scritta. Metodologie e prassi nascono, si sviluppano e si trasmettono anche nel concreto porsi su di un cammino già iniziato da altri e che altri percorrono, dalla ricerca di consenso, dal voler mettere le soluzioni proposte al riparo da critiche e attacchi, dalla struttura stessa della società e dalla considerazione di cui gode chi è riconosciuto esperto in un campo specifico. È lecito pensare che Euclide, ad esempio, nel proporre la sua teoria delle parallele, potesse desiderare che essa venisse accettata tanto da chi assegnava alla retta un'essenza metafisica in sé, quanto da chi la negava o sospendeva il giudizio. Ciò indipendentemente dalle sue stesse eventuali convinzioni in merito, e non in astratto, ma in relazione alle reali dispute filosofiche del tempo. Se per Euclide è lecito pensarlo, nel caso di Archimede

c'è qualche indizio concreto ed esplicito, come ho cercato di evidenziare altrove (Migliorato, 2013b).

3. L'Armonica di Aristosseno

L'Armonica è una ben nota opera di Aristosseno che ha avuto grande rilievo per lo sviluppo della teoria musicale ma che, fino ai nostri tempi, non è stata considerata dal punto di vista della storia delle scienze. Il motivo, come ben evidenziato da Bellissima (2002), è riferibile allo scarso rigore del suo linguaggio, che non ne lascia trasparire con chiarezza la struttura deduttiva e ancor meno le ipotesi fondanti. Una lettura ancora più attenta (Sarritzu 2008)⁴ può consentire, tuttavia, di scorgere il tentativo di costruire qualcosa che in termini moderni chiameremmo una modellizzazione del fenomeno musicale. Una rappresentazione, cioè, in termini geometrici dei fenomeni armonici quali sono percepiti e giudicati dall'orecchio.

L'idea potrebbe essere suggerita, da alcuni passi come quelli seguenti:

quando la voce si muove in modo che sembra all'udito non si fermi in nessun punto, chiamiamo questo movimento continuo, quando invece sembra si fermi in qualche punto e poi salti uno spazio e, dopo questo movimento, di nuovo si fermi su un altro grado e mostri di continuare questo alternato processo senza interruzione fino alla fine, chiamiamo un tale movimento discontinuo. Chiamiamo dunque continuo il movimento del parlare, perché, quando parliamo, la voce si muove spazialmente in modo che sembra non si fermi in nessun punto. Nell'altro movimento, che chiamiamo discontinuo, avviene il contrario, perché sembra che la voce si fermi e tutti dicono che chi si vede far così non parla, ma canta. (Aristosseno 1954, I, 8-9).

Chi ci ascolta deve sforzarsi di ben accogliere ciascuna di queste definizioni, senza occuparsi se le definizioni date siano esatte o superficiali. Deve piuttosto sforzarsi di accettare di buon animo e di ritenere sufficientemente istruttiva la nostra definizione, se è capace d'introdurlo alla comprensione di quanto è stato detto. (Aristosseno 1954, I, 16).

l'ultimo dei quali potrebbe adattarsi alla fase costitutiva di una teoria ipotetico deduttiva in qualunque altro corpo disciplinare, sia che i termini da introdurre siano punto, linea, superficie, o che si tratti di pesi o di orbite planetarie.

Nel caso della geometria, questa si sarebbe costituita, come già si è osservato, quale modellizzazione di un fare, di una pratica di risoluzione di problemi grafici, fondata sul tracciamento di linee con riga e compasso.

Ciò richiede, ovviamente, la preesistenza di una pratica siffatta e, forse, di un paradigma non organizzato e non strutturato deduttivamente. L'atto rivoluzionario consistente nell'organizzazione dei risultati in un corpo unitario e deduttivamente ordinato potrebbe allora coincidere con la stesura della prima raccolta di *Elementi* (Ippocrate di

⁴ L'articolo citato scaturisce dalla tesi di dottorato di Sarritzu, sviluppata sotto la supervisione di Migliorato in qualità di tutor, e si pone, pertanto, sulle linee di ricerca qui accennate.

Chio?). Il seguito, oltre che all'accrescimento del *corpus* così costituito, sarebbe stato allora rivolto al miglioramento della struttura deduttiva, al rigore logico delle dimostrazioni, alla minimizzazione delle premesse non dimostrate (postulati).

Pur muovendoci su un piano ampiamente congetturale, è da notare come il quadro così prospettato si presenta in piena coerenza con quanto riferito da Proclo:

[Euclide] raccolse gli *Elementi*, ne ordinò in sistema molti di Eudosso, ne perfezionò molti di Teeteto, e ridusse a dimostrazioni inconfutabili quelli che i suoi predecessori avevano poco rigorosamente dimostrato (Proclo 1978, p. 68).

Ponendoci in questa prospettiva appare chiaro come l'idea, lungamente perseguita in passato, di porre una precisa demarcazione tra scienza e non scienza, abbia ben poco significato. Appare invece più produttivo considerare il complesso delle attività scientifiche come un sistema in continua trasformazione evolutiva e autopoietica. L'analogia che mi sembra più adeguata potrebbe essere fatta con un essere vivente o, ancor meglio, con lo stesso processo di evoluzione della vita. Dalla sintesi proteica, al formarsi delle prime catene di DNA, per giungere agli organismi unicellulari fino al loro aggregarsi in entità sempre più complesse ed evolute. Un processo, però, che può includere anche momenti di stasi o di regresso, l'assottigliarsi di popolazioni e la scomparsa di intere specie, la desertificazione di continenti, la difficoltà di ricostruirne la storia attraverso i resti fossili.

4. Conclusioni

Se oggi volessimo scrivere la storia dei paradigmi scientifici nell'antichità, intendo dei paradigmi nel senso ristretto definito da Kuhn, ci troveremmo di fronte a ostacoli difficilmente sormontabili: mancanza dei testi, difficoltà interpretative e attributive, incertezze cronologiche e, non ultimo, il fatto che parti essenziali dei passaggi costitutivi probabilmente non sono stati mai scritti. Ma se ci riferiamo a un'idea più comprensiva di "paradigma", inteso come atteggiamento generale e condiviso in un dato momento da quanti si occupano specificamente di ciò che chiamiamo scienza, allora forse una ricostruzione storica è possibile. Ed è questo che ho cercato di fare delineando quello che ho chiamato "paradigma euclideo".

È un paradigma, lo ripeto, caratterizzato da una struttura ipotetico deduttiva in grado di spiegare e rappresentare "modellisticamente" un complesso di fatti, pratiche o fenomeni, utilizzando un apparato tecnico-linguistico appositamente costituito, ma fortemente legato semanticamente alle situazioni da rappresentare. Ed è forse la stessa natura di un paradigma siffatto a renderlo, in larga misura, fortemente autonomo rispetto alle dispute filosofiche sulla natura dei suoi oggetti.

Nel terzo secolo a.C. esso appare già nella sua fase matura e, probabilmente già prima di Euclide, anche se quest'ultimo deve avere contribuito non poco alla sua piena realizzazione.

L'Armonica di Aristosseno appare come un tentativo di rifondazione della teoria musicale su basi non dissimili da quelli già individuate per il paradigma euclideo e ciò costituisce un elemento forte di conferma alla retrodatazione, almeno per i caratteri essenziali, del paradigma stesso. Ma sono le sue stesse incertezze e difficoltà di formulazione che, se da un lato hanno ostacolato il riconoscimento a pieno titolo del suo significato epistemologico, dall'altro costituiscono per noi un prezioso strumento di analisi.

Lo schema strutturale, dunque, tende ad uniformarsi a quello già collaudato nella geometria, ma è da definire un linguaggio e un apparato semantico in grado di giustificare e rendere intelligibili le ipotesi formulate. Ciò non poteva avvenire con definizioni logicamente coerenti (come lo stesso Aristosseno avverte in premessa), perché mancano gli oggetti teorici a cui riferire i termini. Vi sono, certo, i fenomeni da spiegare e organizzare: l'esperienza dell'assonanza di certi suoni, le operazioni compiute per ottenerle tramite la pratica dell'accordatura. Ma gli oggetti teorici no: questi acquistano senso e significato solo nel contesto strutturale dell'apparato teorico. Bisogna attendere che questo sia pienamente costituito, sembra dire Aristosseno nella sua introduzione, per poterlo comprendere e giudicare la validità.

Non bisogna però commettere l'errore di assimilare la comprensione globale di cui si parla con quella puramente analitica dei sistemi formali moderni. La differenza profonda è nel livello semantico forte che accompagna i sistemi teorici della scienza antica e li connette alle realtà fenomeniche rappresentate.

Non, dunque, una comprensione puramente analitica è quella che si richiede, ma una comprensione che sia anche globale e d'insieme, perché in essa risiede il senso dei singoli elementi. Una comprensione che richiama l'idea di "orientamento gestaltico", ma anche «il discorso che viene scritto, mediante la scienza, nell'anima di chi impara» (Platone 2000, 276a).

Un livello semantico che, proprio come nel *Fedro* di Platone, è difficile da trasmettere per iscritto nella sua globale integrità, e che nella letteratura scientifica di età ellenistica è sostanzialmente assente. Se ipotizziamo l'interruzione, anche per poche generazioni, della trasmissione diretta, appare pienamente spiegabile tanto l'inizio di una tradizione di commenti, quanto il ricorso ai testi filosofici per interpretare i testi scientifici precedenti.

Bibliografia

- Aristosseno (1954). *L'Armonica*. Roma: Istituto Poligrafico dello Stato.
- Bellissima F. (2002). "Il sistema assiomatico deduttivo degli elementi armonici di Aristosseno". *Nuncius*, 17 (1), pp. 2-44.
- Duhem P. (1908). "Σώζειν τα φαινόμενα, Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée". *Annales de philosophie chrétienne*, 6, pp. 113-139; 277-302; 352-377; 482-514; 561-592.
- Escher M.C. (1990). *Grafica e disegni*. Berlin: Taschen.
- Euclide (2007). *Tutte le opere*. Milano: Bompiani.

- Kuhn T.S. (2000). *Dogma contro critica. Mondi possibili nella storia della scienza*. Milano: Raffaello Cortina.
- Kuhn T.S. (1976). *Riflessione sui miei critici*, in Lakatos I., Musgrave A. (a cura di), *Critica e crescita della conoscenza*. Milano: Feltrinelli, pp. 313-365.
- Kuhn T.S. (1970). *The structure of scientific revolution*, 2th ed. Chicago: The University of Chicago Press.
- Gentile G., Migliorato R. (2016). *Archimedes between Tradition and Innovation*, in Fregonese L., Gambaro I. (a cura di), *Atti del XXXIII convegno annuale degli Storici della Fisica e dell'Astronomia*. Pavia: Pavia University Press, pp. 287-296.
- Gentile G., Migliorato R. (2008). "Archimede aristotelico o platonico: *Tertium non datur?*" [online]. URL: <<http://cab.unime.it/journals/index.php/AAPP/article/view/C1A0802009/276>> [data di accesso: 4/4/2019].
- Gentile G., Migliorato R. (2005). "Euclid and the scientific thought in the third century b.C.". *Ratio Matematica*, 15, pp. 37-64.
- Masterman M. (1976). *La Natura di un concetto*, in Lakatos I., Musgrave A. (a cura di), *Critica e crescita della conoscenza*. Milano: Feltrinelli, pp. 129-163.
- Migliorato R. (2016). *Il paradigma euclideo e la sua eclissi*, in Esposito S. (a cura di), *Atti del XXXV convegno della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia*. Pavia: Pavia University Press, pp. 143-149.
- Migliorato R. (2017). "Sulle origini di un paradigma scientifico. XXXVII congresso SISFA. Testo completo" [online]. URL: <<http://alefzero.it/scaricabili/SISFA2017.pdf>> [data di accesso: 4/4/2019].
- Migliorato R. (2013a), *Archimede. Alle radici della modernità tra storia scienza e mito* [online]. URL: <http://www.alefzero.it/scaricabili/Archimede_radici.pdf> [data di accesso: 4/4/2019].
- Migliorato R. (2013b). *La ragione e il fenomeno. Itinerari epistemologici tra matematica e scienze empiriche*. Roma: Aracne Editrice.
- Migliorato R. (2005). "La rivoluzione euclidea e i paradigmi scientifici nei regni ellenistici". *Incontri Mediterranei*, 6 (11), pp. 3-24.
- Platone (2000). *Fedro*. Milano: Bompiani.
- Proclo (1978). *Commento al I libro degli Elementi di Euclide*. Pisa: Giardini.
- Reale G. (1991). *Per una nuova interpretazione di Platone. Rilettura della metafisica dei grandi Dialoghi alla luce delle dottrine non scritte*. Milano: Vita e Pensiero.
- Russo L. (1998). "The definition of fundamental geometric entities contained in Book I of Euclid's Elements". *Archive for history of exact sciences*, 52 (3), pp. 195-219.
- Russo L., Medaglia S. (1996). "Sulla presunta accusa di empietà ad Aristarco di Samo". *Quaderni urbinati di cultura classica*, 53 (2), pp. 113-121.
- Sarritzu A. (2008). *Aristosseno tra aristotelismo e nuova scienza* [online]. URL: <<http://cab.unime.it/journals/index.php/AAPP/article/view/C1A0802010/277>> [data di accesso: 4/4/2019].

PHYSICS IN THE 20TH CENTURY

Physics in Pisa in the first half of the XX century: a reappraisal

Paolo Rossi – Dipartimento di Fisica “E. Fermi” dell’Università di Pisa and Centro Fermi – Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi”, Roma – paolo.rossi@unipi.it

Abstract: In the first half of the XX century Physics in Pisa was characterized by the strong personalities of the two full professors of Experimental Physics who kept in turn the (only) chair in the Institute, directed by Battelli from 1893 to 1916 and by Puccianti from 1917 to 1947. Both were ingenious and expert experimentalists, but both showed only limited interest towards the most recent developments of theoretical physics.

As a consequence, while being undoubtedly able to form new generations of well trained and high quality scientists (from Occhialini *père*, Perucca and Brunetti to Polvani, Ronchi, Carrara, Bolla, Bernardini, G. Gentile jr, Budinich, Borsellino, Gozzini, Verde and Castagnoli, not to mention Fermi and Rasetti), they never really favored the birth of a local school of Theoretical Physics, thus opening a hiatus in the local culture, to be filled (with some pain) only in the second half of the century.

Keywords: Physics, Pisa, Battelli, Puccianti, XX century.

1. The direction of Battelli (1893-1916)

At the beginning of the XXth century, Pisa was one of the main Italian seats for the study of physics. In the fundamental study of B.J. Reeves, Pisa is, together with Rome, Padua and Turin, one of the few locations to which a whole specific and detailed chapter is dedicated (Reeves 1980).

The tradition of Pisan research in the field of Physics began around 1840, by the will of Grand duke Leopold II, with the simultaneous arrival of Ottaviano Fabrizio Mossotti (1791-1863) and Carlo Matteucci (1811-1868) and continued with the activity of their pupil Riccardo Felici (1819-1902), author of fundamental contributions in the study of electromagnetic induction phenomena (Neumann-Felici law) (Dragoni 1989, pp. 320-333). Some discontinuity occurred in 1893, at the retirement of Felici, who had been keeping the chair of Experimental Physics for thirty four years, because of the absence of a natural heir, as his students, although important (like Pacinotti, Roiti, Bartoli, just to mention the most famous ones) had already found a different location.

The direction of the Institute (and the only Physics chair) was then offered to Angelo Battelli (1862-1916), from Montefeltro, a pupil of Andrea Naccari in Turin, who had already been a full professor in Cagliari (1889-91) and extraordinary professor in Padua

(1891-93) where, however, there was no possibility of further career as the share of chairs (fixed by Casati's law) had already been reached.

His volcanic temperament (Puccianti 1939, p. 334) and his political commitment (he was several times a deputy at the national Parliament) made Battelli a great organizer (Gorgolini 2004), and in fact he obtained, in a very short time (1894-95), a first major enlargement of the building of Piazza San Simone (now Piazza Torricelli), a work costing fifteen thousand *lire*, integrated by Battelli with five thousand *lire* of his own for the purchase of equipment (Occhialini 1914, pp. 79-80). A further intervention of 1908 finally brought the building to the structure it would have kept until World War II, when it was partly demolished by the Germans.

Also fundamental was his commitment to the foundation of the Italian Physical Society (1897) and to the relaunch of the *Nuovo Cimento*, which from 1900 became the property of the S.I.F.

In the present context, we would like to stress especially the contents and characteristics of his scientific work, which would condition, also through his students, an important part of the development of Pisan Physics, even beyond the temporal boundaries of this report.

Battelli was a skillful experimenter, and dedicated his commitment to a wide class of themes, chosen among those that most attracted the attention of the physicists of the time, always with the aim of checking with experience the theoretical hypotheses present in the literature, above all thanks to an improvement in the accuracy of the collected data. Prior to his arrival in Pisa he was mainly occupied with thermoelectric phenomena (Thomson and Peltier phenomena), of earth physics (though with little results) and above all, starting from 1887, of thermal properties of the vapors. The relative failure of earth physics research is very significant of the fundamental limit of Battelli's research, characterized by a substantial lack of theoretical bases of his own, so when he moved on relatively unexplored terrain, unable to verify the theories of others, he was struggling to obtain convincing results.

We keep this fact in mind, which will also reflect on the subsequent evolution of the Pisan Institute.

Shortly after his arrival in Pisa, Battelli was joined by Antonio Garbasso (1871-1933), a younger Naccari's pupil, who in 1895 was given the task teaching Mathematical Physics. The Battelli-Garbasso collaboration, which lasted a couple of years, was fundamental not so much for the specific results as for the fact that it helped to redirect research into the radiative phenomena that were discovered in those years. It is significant that, a few months after the announcement of the X-ray discovery by Röntgen, and even before its results were published, Battelli and Garbasso managed to reproduce the experiment and make it the subject of public conferences; but it is also symptomatic that their interpretation of the phenomenon was completely wrong, as they came to affirm that it could not possibly be a new type of electromagnetic radiation.

Starting from 1900, thanks to the collaboration with his young pupil Luigi Magri (1875-1911), Battelli directed his research on oscillatory discharges, realizing very sophisticated and very precise experimental apparatus, in particular with the rotating mirror method.

Another important object of investigation was radioactivity between 1906 and 1909, in collaboration with the assistants Occhialini (father) and Chella. The treatise *La radioattività* published by them, had a good reputation for its completeness and was translated into French and German (Battelli *et al.* 1909). Battelli also took care of synchronization between images and sound in film projections: the first experiment of projection with sound was made on 19 October 1906 in Pisa at the Cinema Lumière. In later years, Battelli has also dealt with the dynamics of air flight, but undoubtedly, because of his increasingly absorbing political commitment, in the course of time his scientific activity had strongly diminished in intensity and importance. In the meantime, however, the didactic commitment had never ceased, mainly taking the form of inserting the senior students into current laboratory practice, allowing them to refine the techniques while acquiring direct knowledge of the latest research results.

More than half of his seventy four graduates published at least one communication in the *Nuovo Cimento*, many found a professional placement as teachers in the secondary schools, and some deserve to be remembered for their university career, like Ugo Panichi (1872-1966), mineralogist, professor in Cagliari and Pavia; Luigi Puccianti (1875-1952) professor in Genoa and Pisa; Augusto Raffaele Occhialini (1878-1951), professor in Sassari, Siena and Genoa; Virgilio Polara (1887-1974) in Catania and Messina; Eligio Perucca (1890-1965) at the Polytechnic of Turin; Rita Brunetti (1890-1942) in Ferrara, Cagliari and Pavia and Mariano Pierucci (1893-1976) in Modena. It should be noted that the above list includes more than a quarter of the holders of Experimental Physics in Italy in the 1930s.

2. The direction of Puccianti (1917-1947)

In 1917 Luigi Puccianti, a Pisan by birth, and a pupil of Battelli and Garbasso, was called to succeed to Battelli. After graduating (1898) Puccianti had moved to Florence where he remained until 1915, when he got the chair and was called to Genoa. Puccianti proved to be a great experimenter since the time of the preparation of the thesis, focused on infrared spectroscopy studies, for which he had built the entire spectrograph piece by piece, and in particular the torsion system for the Crookes radiometer, a result of which he was particularly proud even many years later.

Following his many researches in the field of spectroscopy, even before he had obtained the chair, Puccianti achieved a notable reputation, even internationally. We must also include electrodynamics among his interests, and remember his strenuous opposition to Giorgi's system of measure units (which later became the International System) because in his opinion it obscured the substantial homogeneity of the fields B and H and the dimensionless nature of the coefficient μ . It was not a physically irrelevant issue, because Puccianti connected it to Ampère's hypothesis on the origin of magnetism and therefore to the substantial unity of the origin of the interactions between currents and currents, between magnets and magnets, and between magnets and currents. His memory on this subject was discussed in 1914-15 at the "Accademia dei Lincei" (Polvani 1955).

After returning to Pisa Puccianti significantly slowed down its research activity: its most important result in the Pisan season was the proposal of a direct method for measuring the X-ray wavelength, based on Compton's findings and on the use of a large-angle diffraction pattern of incidence.

Having abandoned in fact the experimental research, Puccianti nevertheless continued to devote himself with passion to teaching and high dissemination, and was full of ideas and suggestions for his students and colleagues. Prosecuting a model of experimental research largely inspired by that of Battelli, he was also a true teacher for a school of physics. He left important traces not only in Pisa, where spectroscopy, especially thanks to Adriano Gozzini (1917-1994), remained one of the central themes of the research activity, evolving then into the physics of lasers, but also in other locations, and in particular in Florence, where thanks to his pupil Vasco Ronchi (1897-1988) the National institute of Optics was born, and at the Naval academy of Leghorn where Nello Carrara (1900-1993) began the study of microwaves and, with the engineer Tiberio, created a prototype of radar.

One must certainly add to this list a seminal contribution of Puccianti to the new physics that was developing in locations other than Pisa. We refer to the Physics of cosmic rays, which made important progress with Bruno Rossi also thanks to the use of magnetic lenses suggested by Puccianti (Bonolis 2010). In the years 1930-32 in Florence, Rossi's collaborators included a young student of Puccianti, destined to a brilliant career: Gilberto Bernardini (Romeni 1989, pp. 362-364). And this is not the end of the story, because the same magnetic lenses played an essential role in the 1944 experiment by Conversi, Pancini and Piccioni, which can in many ways be considered as the start of the Physics of elementary particles.

But let's not forget that among his students we must also include Fermi and Rasetti, and if the genius of Fermi as a theorist certainly does not owe anything to Puccianti's teaching, it is however difficult to doubt that in the laboratory practice, although hated at the time but required for the preparation of the thesis, Puccianti had an important training role for the one who would later become one of the greatest experimental physicists of the century.

Puccianti's graduates were at least one hundred twenty (it is difficult to estimate exactly their number because the practice of requesting theses in different institutions had already started), and once again it is impressive to list how many of them obtained later a university chair or an important institutional role. We remember among the graduates of the period 1917-1947: Giovanni Polvani (1892-1970), full professor in Bari (1927-1929) and in Milan (1929-1969); Vasco Ronchi (1897-1988), founder and director of the National institute of Optics (1927); Mentore Maggini (1890-1941), director of the astronomical observatory of Collurania since 1926; Nello Carrara (1900-1993) professor at the Naval academy from 1924 to 1954, director in charge in Pisa from 1947 to 1950, professor in Florence from 1956 to 1975; Enrico Fermi (1901-1954), full professor in Rome (1927-1938), Nobel prize in Physics (1938); Franco Rasetti (1901-2001) full professor in Rome (1930-1939) and in Canada from 1939; Francesco Vecchiacchi (1902-1955), full professor of Electrical communications at the Polytechnic of Milan (1937-1955); Giuseppe Bolla (1901-1980) full professor in Milan (1942-1972); Amedeo Giacomini

(1905-1979), full professor in Trieste (1949-1955) and in Perugia (1955-1975); Giovanni Gentile (1906-1942) full professor in Milan (1937-1942); Gilberto Bernardini (1906-1995) full professor in Bologna (1938-1946), Rome (1946-1964), Scuola normale superiore (1964-1977); Cosimo Pistoia (1901-?) (Radiotecnica E.I.A.R.); Luigi Solaini (1909-1989), full professor of Topography at the Polytechnic of Milan (since 1950); Nestore Bernardo Cacciapuoti (1913-1979), full professor in Trieste (1949-1962) and Pisa (1962-1979); Giulio Gregoretti (1915-?) full professor of Electronic measurements at the Polytechnic of Turin (since 1973); Paolo Budinich (1916-2013), full professor in Trieste (since 1954); Antonino Mura (1916-1957), researcher in Milan; Antonio Borsellino (1915-1992), full professor in Genoa (1950-1984) and later in Trieste since 1984; Aldo Vespi (1917-2014), principal of the Liceo of Pontedera; Adriano Gozzini (1917-1994), full professor in Pisa (1959) and at the SNS; Guido Tagliaferri (1920-2000) full professor in Bari (1960) and Milan (1960-1996); Mario Verde (1920-1983), full professor in Turin (1950-1983); Donato Palumbo (1921-2011), full professor in Palermo, director of the fusion program of EURATOM (1961-1986); Carlo Castagnoli (1924-2005), full professor in Parma (1959) and then in Turin from 1961 to 1995; Alfonso Merlini (1926-2014), director of the Physics division at EURATOM in Ispra until 1991.

Also in this case, the professors present in the previous list represent about a quarter of the full professors of Physics in service in 1960 and entered into the post-war role.

3. Signs of cultural delay

However, we would be scarcely objective if, in addition to the undeniable successes of a school, also thanks to the constant supply of bright young people constituted by the recruitment of the students of the Scuola normale superiore, we did not highlight some limitations, both in the method and in the choice of topics, that an analysis of the Pisan scientific production before the arrival in Pisa of Conversi in 1950 clearly reveals.

We have already talked about the lack of attention to the theoretical foundations of the phenomenological models that had characterized Battelli's research and teaching. Puccianti, who as mentioned above also was not totally devoid of theoretical interests, and who had also bothered to refute the anti-relativistic interpretation of Sagnac's experiment, must however be criticized for a lack of attention to the evolution that was taking place in physics, on the one hand with the birth of the Quantum Mechanics of Schrödinger and Heisenberg and on the other with the extraordinary and rapid development of Nuclear physics, in which also Italy was playing a very important role thanks to the work of Fermi and collaborators. Not to mention the research in General Relativity, which also, thanks to the work of the young Fermi, had seen in Pisa a first and extraordinary flowering.

It is worth noticing that this is a cultural attitude, and not a lack of updating, as can be verified by an examination of the programs of university courses held since the second half of the twenties: in 1927-28 Puccianti in the course of Superior Physics discussed de Broglie's ideas and the Schrödinger equation, as did Lazzarino in the course of Mathematical Physics of 1928-29 (but the names of Heisenberg and Dirac appear for the first

time only in the 1930-31 program). It is significant that the first theoretical thesis, discussed in Pisa in 1927, was that of Giovanni Gentile jr. (1906-1942), and this happened only for reasons of *force majeure*, because the original referee, the experimentalist Polvani, had meanwhile gone to Bari.

The first chairs of Theoretical Physics (1927) went to Rome, Milan, Florence and shortly after to Turin, and only in 1937 was asked for a chair for Pisa, who went to Giulio Racah (1909-1965), but soon expelled (1938) because of the racial laws. The course, which had previously been held by Gentile for four years, after Racah was entrusted, always by appointment, to Tullio Derenzini (1906-1988), who held it for many years, until 1955, but never made research and always limited itself to an introduction to the basics.

The choice not to cover the teaching of theoretical physics with a full professor active in the field, unlike what was happening in the immediate post-war period in all the most important locations, from Padua to Bologna and Pavia (1947) and then also to Naples and Genoa (1950) speaks loud about a “philosophy” of research in physics that only with the arrival in Pisa of Radicati in 1955 would radically change, adapting to a model that was now taken for granted throughout the rest of the country.

References

- Battelli A., Chella S., Occhialini A. (1909). *La radioattività*. Bari: Laterza.
- Bonolis L. (2010). “Fuga dall’Italia fascista: il caso Bruno Rossi”. *Sapere*, 76 (6), pp. 52-61.
- 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., *Storia sociale e culturale d’Italia*, vol. 5, t. II. La storia delle scienze. Milano: Bramante Editrice, pp. 306-353.
- Gorgolini L. (ed.) (2004). *Angelo Battelli (1892-1916). L’uomo, lo scienziato, il politico*. San Leo: Società di Studi Storici per il Montefeltro.
- Occhialini A. (1914). *Notizie sull’Istituto di fisica sperimentale dello Studio pisano*, Pisa: Stamperia Mariotti.
- Polvani G. (1955). *In memoria di Luigi Puccianti*, Pisa: Università di Pisa.
- Polvani G. (1939). *Fisica*, in Silla L. (a cura di), *Un secolo di progresso scientifico italiano: 1839-1939*, vol. 1. Roma: Società italiana per il progresso delle scienze, pp. 555-699.
- Puccianti L. (1939). *Il contributo della scuola di Pisa alla fisica italiana*, in *Relazioni della XXVIII Riunione della S.I.P.S.* (Pisa, 11-15 ottobre 1939). Roma: Società italiana per il progresso delle Scienze, pp. 321-338.
- Romeni C. (1989). *Storia della fisica in Italia: 1915-1955*, in Maccagni C., Freguglia P. (a cura di), *Storia sociale e culturale d’Italia*, vol. 5, t. II. La storia delle scienze. Milano: Bramante, pp. 354-374.
- Reeves B.J. (1980). *Italian physicists and their institutions. 1861-1911*. (Ph D Thesis in History of Science). Harvard University.

When physics meets biology: a less known Feynman

Marco Di Mauro – Dipartimento di Fisica “E. R. Caianiello”, Università di Salerno; INFN, Sezione di Napoli – marcodm83@gmail.com

Salvatore Esposito – INFN, Sezione di Napoli – salvatore.esposito@na.infn.it

Adele Naddeo – INFN, Sezione di Napoli – adele.naddeo@na.infn.it

Abstract: A less known aspect of Feynman’s scientific work is here discussed, centred about his interest in molecular biology, which arose around 1959 and lasted for several years. In particular, we focus on Feynman’s work on genetics with Robert S. Edgar in the laboratory of Max Delbrück, which was later quoted by Francis Crick and others in relevant papers, as well as on Feynman’s lectures given at the Hughes Aircraft Company on biology, organic chemistry and microbiology, whose notes taken by the attendee John Neer are available on the web. In this way, an intriguing perspective comes out about one of the most interesting scientists of the XX century.

Keywords: Molecular biology, Back-mutations, Hughes lectures.

1. Introduction

Richard P. Feynman has been – no doubt – one of the most intriguing characters of XX century physics (Mehra 1994). This applies not only to his work as a theoretical physicist – ranging from the path integral formulation of Quantum Mechanics to Quantum Electrodynamics (granting him the Nobel prize in Physics in 1965), and from helium superfluidity to the parton model in Particle Physics –, but also to his own life, as shown, for instance, in his own popular books (Feynman 1985, 1988).

Feynman’s genuine interest in the study of nature often led him to particularly distant areas of research, whose borders were easily crossed by his own curiosity. For example, after the completion of his 1955 work on polaron physics (Feynman 1955), he decided to make excursions into different fields ranging from engineering to biology.

Robert Hellwarth, a research fellow of Feynman at Caltech, moved to “Hughes Aircraft Company” (1955-1965) and arranged for Feynman to give there lectures for scientists, engineers and technicians on subjects of mutual interest. Feynman continued lecturing regularly at Hughes for many years on a variety of topics, ranging from astrophysics and cosmology to classical and quantum electrodynamics, relativity, scattering theory, as well as mathematical methods in physics and even molecular biology.

Feynman’s interest in biology raised around 1959, when he decided to spend his entire sabbatical year (1959-1960) at Caltech in the laboratory of Max Delbrück. Indeed, Caltech was one of the top international research and training centers in molecu-

lar biology (Kay 1993). With Robert S. Edgar he worked on a project about the characterization of back-mutations, while with Matt Meselson he worked on ribosomes. His peculiar guiding view was that “there is nothing that living things do that cannot be understood from the point of view that they are made of atoms according to the laws of physics” (Feynman *et al.* 2005). Given the relevant results he obtained, Feynman was invited to give a seminar on his work at Harvard, where he met James Watson, Francis Crick and others. Interesting enough, a key paper by Crick *et al.* (1961) quoted Feynman’s work with Edgar on genetics, which was then published in 1962 (Edgar *et al.* 1962).

In the present contribution, we deal with Feynman’s incursions in the field of biology, by focusing on his work on genetics with Edgar as well as on his lectures at “Hughes Company” about biology, organic chemistry and microbiology. These topics will be addressed in section 2 and 3, while in section 4 some concluding remarks will be presented.

2. Plus and minus classes: Feynman at work on genetics

In 1950s-1960s Caltech became one of the leading research centers in molecular biology, and would be visited sooner or later by all the main scientists in the field. Feynman too, who often visited Max Delbrück, often attended seminars given by these visitors (Mehra 1994), and being a frequent visitor of the biology department, he was able to meet for example Renato Dulbecco and Seymour Benzer.

In 1959 Feynman realized that he might like to do some work in biology and decided to spend his sabbatical year working in Delbrück’s laboratory. Then, Delbrück sent him to Robert S. Edgar, a postdoc who was carrying on bacteriophage research, which Delbrück was losing interest into. As a task, he was given to work on back-mutations, i.e. mutations appearing to restore a mutant gene to its normal state. It is important to notice that back-mutations do not always bring back to exactly the starting point. His work follows previous studies by Benzer, who first recognized the uniqueness of *rII* mutants, namely, their inability to form plaques on *Escherichia Coli K12*. According to him, this property could be useful to analyze the nature of genes, because it allows a small fraction of wild-type recombinants from crosses to be easily enumerated. In this way, it is possible to study the detailed genetic fine structure of the *rII* region (Benzer 1955, 1961). Benzer was able to genetically map a huge number of mutations in the *rII* gene, and that allowed him to understand two main features about genes: the sequence of a gene is linear and the smallest units of recombination is between two adjacent DNA base pairs.

Feynman’s work consisted in mapping a reasonably large number of *rII* markers in a second phage strain, the *T4D* one (Edgar *et al.* 1962). By analyzing back-mutants that were evidently not completely normal, he realized that such back-mutants had both the *r43* mutation and a second mutation that somewhat enhanced its effects. Such mutations – which we may call “suppressors” – had by themselves quite a strong effect, similar to that of *r43*. However, when combined with *r43*, they brought back the phage

close to the starting, normal state. Feynman also showed that different suppressors, when combined between them, do not produce mutual suppression, but rather they appear to suppress only the *r43* mutation: the former were shown to be located near the latter.

By studying back-mutations of suppressors, Feynman found that they were due to new suppressors similar to the *r43* mutation, which were referred to as plus and minus mutations. Combination of a plus and a minus mutation brings the phage almost back to its normal state. Such a picture was confirmed by Crick *et al.* (1961) in the famous paper where the genetic code was unveiled, showing that each amino acid in the protein synthesis corresponds to three nucleotides. Feynman went close to such a finding, but did not realize the importance of what he had uncovered. In Benzer's words:

He had discovered something without realizing it. [...] It was related to the later discovery by Crick and Brenner, using the *rII* mutants. This had to do with the nature of the genetic code. [...] It was something under his nose, and its significance was just not apparent at that time (Benzer 2002, p. 52).

What Feynman was missing – while known to Crick *et al.* – was that the plus and minus mutations corresponded to additions and deletions of nucleotides, respectively. Also, he did not understand that the number three was peculiar, and to be identified with the coding ratio; this was famously discovered by Crick and coworkers in the mentioned paper (Crick *et al.* 1961).

3. A course on biology, organic chemistry and microbiology at Hughes

In the fall of 1955, Robert Hellwarth, who joined Caltech Physics department as a research fellow, together with Frank Vernon, an engineering research student working at “Aerospace Corporation”, drew Feynman's interests on more applied research topics. In 1956 Hellwarth moved to “Hughes Aircraft Company” and arranged for Feynman to give there lectures for scientists, engineers and technicians on subjects of mutual interest. Feynman continued lecturing regularly at Hughes for many years on a variety of topics, including in particular molecular biology.

The lectures went on regularly until the end of the 1970s, reserved to the employees of the Company, but unfortunately there was no audio or video recording systems, so that we can rely only on notes taken by the attendees. In particular, notes for the Statistical mechanics lectures of 1961 were taken by R. Kikuchi and H.A. Feiveson; these notes were later published in the now famous book *Statistical Mechanics: a set of lectures* (Feynman 1972). Other sets of notes were taken by J.T. Neer, who later made them freely available on the web (Feynman 1970a). The other lectures apparently went unrecorded. The notes taken by Neer include lectures given by Feynman from October 1966 to June 1971 about the following topics:

1. October 1966 - June 1967:
Astronomy, Astrophysics, Cosmology;
2. October 1967 - June 1968:
Electrostatics, Electrodynamics, Matter-Waves Interacting, Relativity;
3. July 1968 - June 1969:
Matter-Wave interacting continued, Introduction to Quantum Mechanics, Scattering theory, Perturbation theory, Methods & problems in QED;
4. October 1969 - May 1970:
Biology, Organic chemistry and Microbiology;
5. October 1970 - June 1971:
Mathematical methods in Engineering & Physics.

These sets of notes were only slightly edited, therefore are a good example on Feynman in action. This is especially intriguing for the first and the fourth sets, which witness Feynman dealing with fields outside his main research, using lectures as a means to enter a subject he was interested in. Now we will focus on the fourth set of lectures (Feynman 1970a), i.e. that concerning molecular biology. As discussed above, Feynman was not new to biology in 1969, having worked previously in a biology lab for one year, but, being an outsider, he found the material challenging and time consuming. As a result, this set of lectures is considerably shorter than the other sets and, moreover, the lectures ended earlier than prevented, Feynman being more and more involved in that period in the development of his parton theory (Feynman 1969).

The lectures highlight quite a standard course on organic chemistry, biomolecules, genetics, and microbiology. However, some considerations are present here and there that betray his being a physicist. In the introduction, Feynman noted that, unlike physics and chemistry, biology lacks a basic foundation of fundamental laws, developed by theory and proven by experiments. Lacking such a guiding principle, he organized the material according to scale, ranging from the molecular level to more and more complex systems, up to ecology, i.e. the study of many complex biological systems interacting in a closed environment. Feynman was thus naturally led to the molecular biology approach, according to which “the chemical constituents react according to known chemical and physical laws in a manner which can account for life” (Feynman 1970b). He was as well convinced that “he could derive all of the properties of living things from the Quantum Mechanics of the carbon atom” (Bridges 2004).

After the introduction, Feynman began a brief survey of the essentials of organic chemistry: hydrocarbons, functional groups, alcohols, carbonyl compounds, esters, chiral molecules. After that he switched to biochemistry, i.e. biomolecules and metabolic pathways, then he discussed sugars and cellular energy production (photosynthesis, Krebs cycle). After that he continued with other biomolecules, i.e. fats, amino acids and proteins, discussing in detail the structure of the latter, going from the alpha-helix to globular proteins, highlighting the role of hemoglobin and myoglobin.

The course then turned to molecular biology, namely the structure of nucleotides and of the nucleic acids, discussing DNA reproduction, the genetic code, protein synthesis and mutations. In the last part of the course the focus shifted, as announced, to

more complex systems such as the retina, antibodies, cell differentiations, nerve cell growth and social amoebas. As said above, however, the course was interrupted by Feynman earlier than prevented, so that no further discussion on microbiology is present, nor on the planned ecology section.

4. Conclusions

In the late 1950s, Feynman was deeply involved in a number of physics research topics, where he actually gave important contributions. In addition to studies on quantum gravity (Feynman 1963) and, especially, to his well-known results about the $V-A$ (vector-axial) character of weak interactions, the two-component spinor formulation of the Dirac equation (Gell-Mann *et al.* 1958) and the density matrix approach to polaron theory in solid state physics (Feynman *et al.* 1962) (just to quote some examples), his own character led him to devote himself also to calculations on the tracking of artificial satellite Explorer II at the “Jet Propulsion Laboratory” (Mehra 1994) or even to pedagogical (with his most famous *Lectures on Physics* (Feynman *et al.* 2005), for example) and popularization (about nanotechnology (Feynman 1960), just to quote one) issues. In any of these topics Feynman excelled but, in our opinion, only his peculiar curiosity brought him to be interested also in possible algebraic manipulations performed by computers or other similar, apparently strange things for a well pictured theoretical physicist.

However, it is probably Feynman’s unexpected involvement in biological issues that better highlights what truly lies behind his curiosity. Indeed, it is somewhat apparent from what discussed above that it was not properly the satisfaction for testing one’s own abilities in getting some important result in even different fields of research (even for social utility and not for egoistic purposes) that drove Feynman’s curiosity, but rather the challenge to understand Nature in all its different facets.

This manifested, in Feynman’s biological works, priority in the “mapping experiments with r mutants” of a bacteriophage performed in Delbrück’s laboratory, which led to results that were well acknowledged by the fathers of genetics. But, then, the “challenge” has to be perpetuated by others, and, in this respect, is not at all strange Feynman’s involvement in teaching biology at “Hughes Aircraft Company”.

References

- Benzer S. (2002). *Interview by Heidi Aspaturian. Pasadena, California, September 11-February 1991* [online]. URL: <http://resolver.caltech.edu/CaltechOH:OH_Benzer_S> [access date: 31/03/2018].
- Benzer S. (1961). “On the topography of the genetic fine structure”. *Proceedings of the National academy of sciences of the United States of America*, 47, pp. 403-415.
- Benzer S. (1955). “Fine structure of a genetic region in bacteriophage”. *Proceedings of the National academy of sciences of the United States of America*, 41, pp. 344-354.

- Bridges W.B. (2004). *Interview by Shirley K. Cohen. Pasadena, California, May-June 2001, March 2004* [online]. URL: <http://resolver.caltech.edu/CaltechOH:OH_Bridges_W> [access date: 31/03/2018].
- Crick F.H.C., Leslie Barnett F.R.S., Brenner S., Watts-Tobin R.J. (1961). "General nature of the genetic code for proteins". *Nature*, 192, pp. 1227-1232.
- Edgar R.S., Feynman R.P., Klein S., Lielausis I., Steinberg C.M. (1962). "Mapping experiments with *r* mutants of bacteriophage T4D". *Genetics*, 47, pp. 179-186.
- Feynman R.P. (1988). *What do you care what other people think? Further adventures of a curious character*. New York: W.W. Norton & Co.
- Feynman R.P. (1985). *Surely, you're joking, Mr. Feynman! Adventures of a curious character*. New York: W.W. Norton & Co.
- Feynman R.P. (1972). *Statistical Mechanics: a set of lectures*. Reading (MA): Benjamin-Cummings.
- Feynman R.P. (1970a). *Feynman Hughes Lectures. Notes taken and transcribed by John T. Neer* [online]. URL: <<http://www.thehugheslectures.info/the-lectures/>> [access date: 31/03/2018].
- Feynman R.P. (1970b). *Feynman Hughes Lectures. Volume 4: Biology, organic chemistry and microbiology. Notes taken and transcribed by John T. Neer* [online]. URL: <http://www.thehugheslectures.info/wp-content/uploads/lectures/FeynmanHughesLectures_Vol4.pdf> [access date: 31/03/2018].
- Feynman R.P. (1969). "Very high-energy collisions of hadrons". *Physical review letters*, 23, pp. 1415-1417.
- Feynman R.P. (1963). "The quantum theory of gravitation". *Acta physica polonica*, 24, pp. 697-722.
- Feynman R.P. (1960). "There's plenty of room at the bottom". *Engineering and science*, 23 (5), pp. 22-36.
- Feynman R.P. (1955). "Slow electrons in a polar crystal". *Physical Review*, 97, pp. 660-665.
- Feynman R.P., Hellwarth R.W., Iddings C.K., Platzman P.M. (1962). "Mobility of slow electrons in a polar crystal". *Physical review*, 127, pp. 1004-1017.
- Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M. (2005). *The Feynman lectures on physics. The definitive and extended edition*, 2nd edition. New York: Addison Wesley.
- Gell-Mann N., Feynman R.P. (1958). "Theory of the Fermi interaction". *Physical review*, 109, pp. 193-198.
- Kay L.E. (1993). *The molecular vision of life: Caltech, the Rockefeller Foundation and the rise of the new biology*. Oxford: Oxford University Press.
- Mehra J. (1994). *The beat of a different drum: The life and science of Richard Feynman*. Oxford: Clarendon Press.

Karl Popper's engagement in quantum physics in the 1960s

Flavio Del Santo – University of Vienna – delsantoflavio@gmail.com

Abstract: The philosopher Karl R. Popper has been, since as early as 1934, one of the foremost critics of the Copenhagen interpretation of quantum mechanics, accusing it of subjectivism. In 1967, Popper published the paper “Quantum Mechanics without the Observer”, which had a certain resonance among the physicists and gathered appreciations from many illustrious ones (e.g. L. De Broglie, D. Bohm, A. Landé, M. Bunge, H. Bondi, B. van der Waerden). It belongs to the same period one of Popper's most controversial publications in the highly quoted journal *Nature*, in which the author claimed to have found an error in a momentous paper, by G. Birkhoff and J. von Neumann, that initiated the research on Logic of Quantum Mechanics. Consequently, Popper entered an intense debate which divided the physics community. I present, for the first time, a reconstruction of this debate, also thanks to Popper's personal correspondence and unpublished documents. As a matter of fact, in the late 1960s, Popper essentially became part of the community of physicists concerned with foundation of quantum mechanics.

Keywords: Foundations of quantum mechanics, Karl Popper, logic of quantum mechanics, Copenhagen interpretation.

1. Introduction: Popper's early interest in Quantum Mechanics

It is by now common knowledge that Karl R. Popper (1902-1994) has been one of the greatest philosophers of twentieth century. His contributions to political philosophy, probability theory, and especially to philosophy of science have nowadays the most profound impact also on society in general. His name is inextricably entangled with the methodology of “falsificationism”, which he proposed as early as 1934 in the most famous book *Logik der Forschung* (Popper 1934; English edition *The Logic of Scientific Discovery*, Popper 1959a).

However, historiography has paid little attention to another line of research ceaselessly pursued by Popper for about six decades: his active involvement in Quantum Physics. In fact, as early as in his already quoted book (Popper 1934), Popper put forward a courageous critique of the orthodox Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics (CIQM), accusing it of being anti-realistic and subjectivist. He even proposed a *Gedankenexperiment* similar to the EPR paradox (to be published the following year),

with the aim of proving the standard interpretation of Heisenberg's uncertainty principle false. Although the thought experiment was actually mistaken, this episode allowed Popper to have direct interactions with the major founding fathers of Quantum Mechanics (QM), the likes of Einstein, Bohr, Heisenberg, etc. (see Del Santo 2017; and Popper's autobiography: Popper 1976). However, Popper remained ashamed of his mistaken proposal, and this prevented him to put forward any new critiques of QM for several years.

Around 1948, thanks to his friend, the Austrian physicist Arthur March, Popper came back to fundamental problems of quantum physics with renewed enthusiasm. However, times had changed: World War II had reshaped the socio-economical balance of the whole world, and this was obviously reflected in the academic environment. With the Cold War paradigm enforcing, and following the lead of US, western science turned into a capitalistic enterprise, aimed at producing immediate practical applications, very often with military scopes (see e.g. Kaiser 2011, Baracca *et al.* 2017). Fundamental research – that had been at the core of the scientific revolutions of the pre-war period (QM, relativity) – was set aside, or in many cases openly opposed by funding agencies and academic institutions.

So, it is in this unfriendly context that Popper restarted addressing the many fundamental problems left open in QM. In 1948, he gave a talk on “Indeterminism in Quantum Physics and in Classical Physics”, and he presented it again at the Harvard University and in Princeton in 1950 (attended also by Einstein and Bohr). The matter subject was then published in a paper (Popper 1951).

The 1950s became a period of prosperity for Popper's activities on quantum mechanics. Around 1953 he started developing the *propensity interpretation of probability*, an objective interpretation that treats probabilities as physically real entities (in the sense that they can be manipulated by changing the experimental apparatus) that guide physical objects. These probabilities (propensities) are such that they reproduce the actual collected statistics, but, contrarily to the *frequency interpretation* of von Mises (that Popper supported until that time), propensity interpretation can also explain single-case probabilities. Popper's propensity interpretation was firstly presented in 1957 in Bristol (Popper 1957) before an audience of physicists, who however did not give any consideration to Popper's proposal for at least a decade. In 1959 Popper published a second work (Popper 1959b), devoted to propensity interpretation too, but this was clearly aimed at philosophers of probability and logicians.

Moreover, during the first half of 1950s, Popper worked at the preparation of a *Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, an addition of his book (Popper 1934) that was about to be published in English translation. In the *Poscript* (eventually published as late as 1982 in three volumes: Popper 1982), Popper systematised his critique of the CIQM.

As a matter of fact, we have to stress that all of these activities met almost no interest in the physics community and remained largely confined in the circles devoted to philosophy of science proper, or at best philosophy of mathematics and logic (propensity interpretation of probability). In fact, up until the late 1960s, Popper had few direct contacts with physicists concerned with foundations of quantum mechanics (FQM) and

these were merely based on personal acquaintances and friendships. This is the case of Alfred Landé, David Bohm, Wolfgang Yourgrau, Mario Bunge and Hermann Bondi (the latter was actually an eminent cosmologist and he never worked on quantum physics). Besides the staunch support of these physicists, Popper was carrying out his battle against CIQM essentially alone. As William Bartley III – Popper’s former pupil who more than any other followed his work on quantum physics – put it,

one might have hoped for a classically heroic battle wherein the physicists gave the challenger no quarter – and the challenger [Popper] required none. In fact, the physicists have for the most part simply ignored Popper (Bartley 1978).

2. Popper’s contribution to Quantum Mechanics in the 1960s¹

Popper’s engagement in the FQM assumed a different status at the end of 1960s. It is indeed possible to claim that at that time, Popper became essentially active part of the community of physicists concerned with fundamental issues of quantum physics: he started having regular correspondence and discussions with eminent physicists, publishing in specialized physics journals (e.g. *Nature*, see Section 2.2) as well as giving contributions in conference aimed at an audience of physicists. Although almost neglected by historians, from the 1960s on, this actually became one of Popper’s foremost research interests, and, although not free of mistakes, Popper’s proposals surely had a resonance in certain circles of ‘dissidents’ who were concerned with FQM, and in particular with the reestablishment of realism in quantum mechanics (see Freire 2014). Besides the quite vast primary literature available, the present reconstruction is based on Popper’s private correspondence and unpublished material, retrieved at the Popper’s Archive of Klagenfurt (Austria) (Klagenfurt, Alpen-Adria-Universität, Popper’s Archives, henceforth PA).

A turning point of Popper’s consideration in the community of physicists is a talk that he gave at the “International Symposium on Foundations of Physics”, held in Oberwolfach (Germany) in July 1966. In fact, thanks to the support of the physicist and philosopher of Science, M. Bunge, Popper’s contribution to that conference was to become a quite influential paper, with the significant title *Quantum Mechanics without the Observer* (Popper 1967).

2.1. Popper’s “*Quantum Mechanics without the Observer*”

Quantum Mechanics without the Observer, represents Popper’s first comprehensive attempt to systematize his criticisms of the CIQM, and in general of subjectivist interpretations of QM. Therein, Popper tried to “exorcise the ghost called “consciousness” or the “observer” from QM” (Popper 1967). In doing so, he showed that most of the odd features of quantum mechanics, including the wave-particle duality, the so-called col-

¹ This paper is a preliminary communication and part of research project that aims at fully reconstructing Popper’s engagement in quantum physics over more than 60 years of his career. A more detailed account has been recently published in (Del Santo 2019).

lapse of the wave function or even the fundamental epistemological limit imposed by Heisenberg's uncertainty principle are part of a long series of misunderstandings created by the doctrine of Copenhagen, resulting in the "great quantum muddle". Moreover, Popper expounded, for the first time in such a clear and extensive way, his own realistic and objective interpretation of quantum mechanics, in the form of 13 theses. One of the most significant and innovative point of this work, is that, for Popper, interpretations of probability are inescapably entangled with interpretations of quantum physics. As such, Popper's propensities (probabilities) are interpreted as physically real fields of probability that are "a property (a physical property, comparable to symmetry or asymmetry) of the whole experimental arrangement" (Popper 1967, eight thesis).

This paper, started collecting a certain appreciation by some of the influential physicists striving for a realistic interpretation of quantum mechanics. The first to answer was indeed David Bohm, one of the most distinguished theoretical physicists in the field of FQM, who probably more than anyone else contributed to give hope to a formal realistic interpretation of QM. In fact, Bohm had developed the first *hidden variables* model (i.e. based on non-observable real quantities), that can fully reproduce the prediction of QM (Bohm 1952). Although Bohm was in touch with Popper since at least late 1950s, their intellectual relationship had been mostly focussed on Bohm's philosophical inclinations, and in more than one case it was him who asked for Popper's opinion on philosophical papers. With *Quantum Mechanics without the Observer*, however, Bohm for the first time seemed to actually pay attention, and even appreciate, Popper's endeavour in QM. Indeed, he wrote to Popper on March 3rd 1967, remarking:

I feel that what you have to say about propensities makes a genuine contribution to clarifying the issues that you discuss (PA 84/19).

This remark strengthens the hypothesis that physicists had thus far ignored Popper's propensity interpretation, even the ones who, like Bohm, were close to Popper and had participated in the symposium where propensities were firstly presented (see Section 1).

Also Alfred Landé, who referred himself as Popper's "most staunch adherent among the physicists" (letter from Landé to Popper on 11/03/1963, PA 318/18) replied to Popper's paper, stating that "people who once have received the Nobel Prize turn out to be [...] unable to see through the 'great quantum muddle' of their own creation" (letter of Landé to Popper on 05/09/1967, PA 318/18).

The prominent cosmologist Hermann Bondi, also friend of Popper, not only wrote that he appreciated the latter's new paper, but that he had even used Popper's ideas in his lectures on QM, delivered at the King's College of London. He wrote to Popper on September 17th, 1967:

The eye-opener for my treatment of this course was your remark two years ago that quantum theory gives statistical answers because one asks statistical questions. On the basis of this extremely penetrating remark I had myself come to the conclusion that the notion of the Observer was redundant (PA 278/9).

What is noteworthy is that the resonance of Popper's *Quantum Mechanics without the Observer* eventually came out of Popper's circle of acquaintanceship, too. Bartel Leendert van der Waerden, a former student of Emmy Noether in Göttingen, wrote to Popper a laudatory letter on October 19th, 1968:

I fully agree with your 13 theses, and I feel it was very good you expounded them so clearly. I also agree with your propensity interpretation of probability. I feel my ideas are in perfect accordance with your theses. I discussed them with Heisenberg, von Weizsäcker and Bopp [...], and we all agreed" (PA 96/27).

This was for Popper the long-awaited recognition of his struggles. He immediately replied:

Your paper – and even more your letter – mean more to me than you can possibly imagine. It would take a long letter to give you an idea of my very lonely 35 years struggle. Although I had some encouragement, there was much more that was discouraging; and your letter is by far the most powerful encouragement I ever received (Letter from Popper to van der Waerden on 28/10/1968, PA 96/27).

Popper's paper even reached Louis de Broglie, one of the founding fathers of quantum physics. He wrote to Popper a short but appreciative message on March 4th, 1969:

Yourgrau has sent me two of your articles on the interpretation of Quantum Mechanics. I noticed with great pleasure that your ideas are very close to mine² (PA 96/7).

Popper's *Quantum Mechanics without the Observer*, which also received some severe rebuttals (for instance from Jeffrey Bub and Paul Feyerabend), surely has a tremendous historiographical value, since it allowed Popper to actively enter the debate over the quantum physics together with professional physicists.

2.2. *The critique of the Logic of Quantum Mechanics*

Meanwhile, Popper's criticisms against CIQM were levelled on a different ground, too. In fact, Popper published in 1968 a paper in the very influential journal *Nature* (Popper 1968), claiming that a famous paper by Garrett Birkhoff and John von Neumann (1936), which inaugurated the so-called *logic of quantum mechanics* (LQM), was based on a mathematical mistake. The LQM is an axiomatic approach to physics that describes systems as "experimental propositions" (or "yes-no experiments") and tries to find general structure of the proposition in the same fashion of pure logic. In this framework, it is possible to show that classical physics conforms to a Boolean algebra. However, Birkhoff and von Neumann proposed that quantum mechanics does not have a Boolean structure, inasmuch the distributive law is not fulfilled, due to the fact that QM allows for incompatible observables (i.e. not commuting operators). This approach experienced a revival

² «Yourgrau m'a communiqué deux articles de vous sur l'interprétation de la Mécanique Quantique. J'ai constaté avec grand plaisir que vos idées se rapprochent beaucoup des miennes».

in the 1960s and was largely improved by the school of theoretical physicist Joseph M. Jauch at the University of Geneva. It is likely for this reason that Popper decided to rebut a paper more than 30 years old. He criticised the very proposal of a relaxation of the distributive law on formal ground, maintaining that QM conforms to a Boolean algebra as much as classical physics does. Although it is far beyond the scope of this paper to enter into the details of Popper's (in fact formal) arguments, it is historiographically noteworthy that nobody rebutted Popper's paper for several years (the first rebut is Scheibe 1974), despite the great importance of Birkhoff and von Neumann's work, Popper's reputation and the popularity of the journal *Nature*. This has indeed been referred to an actual "unsolved historical case" (Venezia 2003).

However, what emerges from a more accurate archival research is that (i) Popper's paper (1968) was in fact only a part of a larger enterprise against LQM, and that (ii) Popper immediately entered a heated debate with the main exponent of the school of the LQM (especially Jauch) and (iii) A. Ramsay and J. C. T. Pool wrote a rebuttal intended for publication in *Nature* which however never appeared in print.

In fact, there are evidences that Popper wrote at least other two more voluminous papers on the same subject and try to publish them in the *Proceedings of the Royal Society* thanks to the help of Bondi (PA 94/9) and in the journals *Il Nuovo Cimento* and the *International Journal of Theoretical Physics* (PA 96/2), respectively.

As for the reaction of the adherents to LQM, it is remarkable that as early as October 10th, 1968 (Popper's paper had appeared only in August) Ramsay and Pool sent to *Nature* some "Remarks on a Paper by Karl R. Popper" (PA 96/18). Therein they firstly put forward the critique that Popper had misinterpreted Birkhoff and von Neumann's proposal: a critique that has been partly confirmed in recent works (see Venezia 2003 and references therein). Popper too wrote a reply to his critics and sent it back to *Nature* for publication. However, "due to accidental but never fully clarified circumstances none of these papers, although obviously written for publication, has ever appeared in print" (Jammer, 1974, pp. 353).

This episode exacerbated the tensions between Popper and the initiator of the revival of LQM, J. M. Jauch. They have had, in fact, a long epistolary exchange for over a year, between February 1968 and February 1969. The failure of the publication of Ramsay and Pool's paper led indeed Jauch to accuse Popper of collusion:

You have published in a widely read periodical criticisms of an important paper, which you have certainly misunderstood. I have tried to suggest to you to correct your mistakes yourself and that would have finished the matter. You realize of course that the entire scientific progress depends on the possibility of free exchange of scientific information and criticism. [...] Did you not say yourself in the "Open Society and its Enemies" the spirit of science is criticism. If you believe that, I suggest that you send the enclosed copy of the manuscript by Ramsay and Pool to *Nature* with your personal request that it be published (Letter to Popper on February 24th, 1969. PA 96/18).

This triggered the reaction of Popper, who replied:

You remind me in your letter of my conviction that “the spirit of science is criticism”. I do not see what can give you the right to suppose that there is a need to remind me of this; or what your remark may mean unless you wish to accuse of dishonesty (letter from Popper to Jauch on February 28th, 1969. PA 96/18).

Although Popper solicited the publication, this diatribe remained confined on the pages of many letters exchanged by Popper not only with Jauch, but also with many eminent physicists and mathematicians, among whom D. Finkelstein, S. Kochen, A. Shimony.

3. Conclusion

We have shown that throughout the decade after 1948, Popper came back to the fundamental issue of QM, strengthening his critique of CIQM. The 1950s saw, indeed, a steady increase of Popper’s activities concerning QM, ranging from the first drafting of his *Postscript* to his new propensity interpretation of probability. However, it was only after mid-1960s that these activities blossomed into an actual involvement of Popper in the community of physicists with controversial, yet significant, publications.

Acknowledgements

Popper’s correspondence is reproduced with permission of University of Klagenfurt/Karl Popper Library. All rights reserved.

References

- Baracca A., Silvio B., Del Santo F. (2016). “The origins of the research on the foundations of quantum mechanics (and other critical activities) in Italy during the 1970s”. *Studies in History and Philosophy of Science Part B*, 57, pp. 66-79.
- Bartley W.W., III (1978). “Critical study: The philosophy of Karl Popper. Part II: Consciousness and physics”. *Philosophia*, 7 (3-4), pp. 675-716.
- Birkoff G., von Neumann J. (1936). “The Logic of Quantum Mechanics”. *Annals of Mathematics*, 37 (4), pp. 823-843.
- Bohm D. (1952). “A suggested interpretation of the quantum theory in terms of *hidden variables*”. *Physical Review*, 85 (2), pp. 166-179.
- Del Santo F. (2017). “Genesis of Karl Popper’s EPR-like experiment and its resonance amongst the physics community in the 1980s”. *Studies in History and Philosophy of Science. Part B. Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 62, pp. 56-70, URL: <<https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2017.06.001>> [access data 22/07/2019].
- Del Santo F. (2019). “Karl Popper’s forgotten role in the quantum debate at the edge between philosophy and physics in 1950s and 1960s”. *Studies in History and Philo-*

- sophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics, in press. URL: <<https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2019.05.002>> [access data 22/07/2019].
- Freire O., Jr. (2014). *The Quantum Dissidents: Rebuilding the Foundations of Quantum Mechanics (1950-1990)*. Berlin: Springer.
- Jammer M. (1974). *The Philosophy of Quantum Mechanics*. New York: Wiley.
- Kaiser D. (2011). *How the Hippies Saved Physics: Science, Counterculture, and the Quantum Revival*. New York: WW Norton & Company.
- Popper K.R. (1982). *Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, 1-2, W.W. Bartley III (ed.). London: Hutchinson; Totowa: Rowman and Littlefield.
- Popper K.R. (1976). *Unended Quest: An Intellectual Autobiography*. LaSalle: Open Court.
- Popper K.R. (1968). Birkhoff and von Neumann's interpretation of quantum mechanics. *Nature*, 219 (5155), pp. 682-685.
- Popper K.R. (1967). *Quantum mechanics without the observer*, in Bunge M. (ed.), *Quantum theory and reality*. Berlin: Springer, pp. 7-44.
- Popper K.R. (1959a). *The Logic of Scientific Discovery*. London: Hutchinson.
- Popper K.R. (1959b). "The Propensity Interpretation of Probability". *The British Journal for the Philosophy of Science*, 10 (37), pp. 25-42.
- Popper K.R. (1957). *The Propensity Interpretation of the Calculus of Probability, and the Quantum Theory*. in S. Körner and N.H.L. Pryce (eds.), *Observation and Interpretation. Proceedings of the Ninth Symposium of the Colston Research Society* (University of Bristol, April, 1-4). New York: Dover Publications, pp. 65-70.
- Popper K.R. (1951). "Indeterminism in Quantum-Mechanics and in Classical Physics". *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1 (2), pp. 117-133.
- Popper K.R. (1934). *Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft*. Vienna: Julius Springer.
- Scheibe E. (1974). "Popper and quantum logic". *The British Journal for the Philosophy of Science*, 25 (4), pp. 319-328.
- Venezia A. (2003). "Un caso storico irrisolto: le critiche di Popper alla Logica Quantistica di Birkhoff e von Neumann". *Epistemologia*, 26 (2), pp. 1000-1015.

Archival sources

Klagenfurt (Austria), Alpen-Adria-Universität, Stanford (California), Hoover Institution: Popper's Archives (PA),

- Box/Folder: 84/19.
- Box/Folder: 94/9.
- Box/Folder: 96/2.
- Box/Folder: 96/7.
- Box/Folder: 96/18.
- Box/Folder: 96/27.
- Box/Folder: 278/9.
- Box/Folder: 318/18.

Strocchi's Quantum Mechanics: An alternative formulation to the dominant one?

Antonino Drago – Formerly at Naples University “Federico II”, Italy –
drago@unina.it

Abstract: At first glance, Strocchi's formulation presents several characteristic features of a theory whose two choices are the alternative ones to the choices of the paradigmatic formulation: i) Its organization starts from not axioms, but an operative basis and it is aimed to solve a problem (i.e. the indeterminacy); moreover, it argues through both doubly negated propositions and an *ad absurdum* proof; ii) It put, before the geometry, a polynomial algebra of bounded operators; which may pertain to constructive Mathematics. Eventually, it obtains the symmetries. However one has to solve several problems in order to accurately re-construct this formulation according to the two alternative choices. I conclude that rather than an alternative to the paradigmatic formulation, Strocchi's represents a very interesting divergence from it.

Keywords: Quantum Mechanics, C*-algebra approach, Strocchi's formulation, Two dichotomies, Constructive Mathematics, Non-classical Logic

1. Strocchi's Axiomatic of the paradigmatic formulation and his criticisms to it

Segal (1947) has suggested a foundation of Quantum Mechanics (QM) on an algebraic approach of functional analysis; it is independent from the space-time variables or any other geometrical representation, as instead a Hilbert space is. By defining an algebra of the observables, it exploits Gelfand-Naimark theorem in order to faithfully represent this algebra into Hilbert space and hence to obtain the Schrödinger representation of QM. In the 70's Emch (1984) has reiterated this formulation and improved it. Recently, Strocchi improved it much more.

First, Strocchi has suggested an axiomatic of the paradigmatic Dirac-von Neumann's formulation of QM (= DvNQM).

Axiom I. States. The states are represented by rays (or matrices) in a Hilbert space [...]. *Axiom II. Observables.* The observables of a quantum mechanical systems, i.e. the quantities which can be measured, are described by the set of bounded self-adjointed operators in a Hilbert space H [...]. *Axiom III. Expectations* [of an experiment applying an operator to a state ω] is given by the Hilbert space matrix element $\langle A\omega \rangle = (\Psi\omega, A \Psi\omega)$ [...]. *Axiom IV. Dirac canonical quantization.* The operators which describe the canonical coordinates q_i and moment p_i , $i = 1, \dots, s$ of a quantum system of $2s$ degrees of freedom obey the canonical commutation relations. $[q_i, q_j] = 0 = [p_i, p_j]$. $[p_i, q_j] = i \hbar / 2\pi \delta_{ij}$ [...]. *Axiom V. Schrödinger representation.* The [previ-

ous] commutation relations... are represented by the following operators in the Hilbert space $\mathcal{H} = L^2(\mathbb{R}^s, dx)$: $q_i \psi(x) = x_i \psi(x)$; $p_j \psi(x) = i\hbar/2\pi \partial\psi/\partial x_j(x)$ (Strocchi 2012, pp. 1-3).

To this formulation Strocchi addresses two basic criticisms. First, a weak linkage with the experimental basis of theoretical physics.

The Dirac-von Neumann axioms provide a neat mathematical foundation of quantum mechanics, but their a priori justification is not very compelling, their main support, as stressed by Dirac, being the *a posteriori* success of the theory they lead to. The dramatic departure from the general philosophy and ideas of classical physics may explain the many attempts of obtaining quantum mechanics by a deformation of classical mechanics or by the so-called geometric quantization. Thus, a more argued motivation on the basis of physical considerations is desirable (Strocchi 2012, p. 3).

2. The operative starting point of Strocchi's formulation

Strocchi declares in the following terms his starting point for constructing a new theory:

The discussion of the principles of QM gets greatly simplified, from a conceptual point of view, if one first clarifies what are the [physical] objects of the [subsequent] mathematical formulation (Strocchi 2012, p. 3).

These objects are essentially the physical apparatuses and the physical operations, which neither Segal nor Emch discussed. Hence, as a first step, Strocchi replaces for previous Axioms I and II of DvNQM a detailed analysis of the experimental basis of theoretical physics so that he suggests a clearly operative support to the notions of operator A , state ω and expectation. In particular, he relates the boundedness of all operators of Segal's algebraic approach to the experimental constraint of all physical measurements, i.e. to give finite results only.

3. Justifying a C^* -algebra for QM: Strocchi's Axiom A

However, his analysis meets some difficulties in operationally justifying the wanted C^* -algebra.¹ He has to define the sum of disparate operators; potential and kinetic energy is a classical sum; but e.g. mass and force, or temperature and volume both appear as idealistic operations (the product of two operators is not defined in order to later take in account the non commutativity). Strocchi honestly admits that his work is only partially successful. Thus, we skip to his unique Axiom

¹ A C^* -algebra is a Banach algebra on a complex field, together an involution $*$ with the property $\|A^*A\| = \|A\|^2$. A Banach algebra is a linear associative algebra over the field \mathbb{C} of the complex numbers with a norm $\|\cdot\|$. A norm is essentially a bound; more precisely, it is a function which assigns a strictly positive length or size to each vector in a vector space.

The following Axiom [...] partly goes beyond the implications of the operational analysis discussed so far; however, in our opinion, it represents a more physically motivated alternative to Dirac-von Neumann axiom II. All the preceding discussions and arguments are meant to provide a[possible] physical justification of such an axiom and are completely summarized and superseded by it. An indirect justification of it as a property of the description of a general physical systems is that it is satisfied by both *CM* and *QM*.

Axiom A. The observables generate a [polynomial] C^* -algebra \mathcal{A} , with identity [...]; the states which by eq. (2.1) define positive linear functionals on the Algebras $\mathcal{A}_A \subset A$, for any observable A , separate such algebras in the sense of eq. (2.6) and extend to positive linear functional on \mathcal{A} (Strocchi 2012, p. 6).

As an important consequence of this axiom, the ambiguity about hermiticity and self-adjointness of the operators in $DvNQM^2$ is cancelled because for bounded operators hermiticity implies self-adjointness (Strocchi 2012, p. 2). This result solves the question, discussed by (Emch 1984, pp. 378-379), why to bound the C^* -algebra to self-adjoint operators only.

4. Relationship of C^* -algebra with Hilbert space

Then Strocchi exploits the mathematical advancement by the Gelfand-Naimark-Segal theorem (GNS) for recovering the Hilbert space and hence the geometrical description of a physical system. This application of the C^* -algebra replaces the above Axiom III of $DvNQM$.

From the point of view of general philosophy, the picture emerging from the Gelfand theory of abelian C^* -algebras has far reaching consequences and it leads to a rather drastic change of perspective [in theoretical physics]. In the standard description of a physical system the geometry comes first: one first specifies the coordinate space (more generally a manifold or a Hausdorff topological space), which yields the geometrical description of the system, and then one considers the abelian algebra of continuous functions on that space. By the Gelfand theory [instead] the relation can be completely reversed: one may start from [an algebra, i.e.] the abstract abelian C^* -algebra, which in the physical applications may be the abstract characterization of the observables, in the sense that it encodes the relations between the physical quantities of the system, and then one reconstructs the Hausdorff space such that the given C^* -algebra [with identity] can be seen as the C^* -algebra of continuous functions on it. In this perspective, one may say that the algebra comes first, the geometry comes later [...] (Strocchi 2010, p. 15).

² An operator A is adjoint if there is A^* such that $(Ax, y) = (x, A^*y)$, where $*$ is the involution. It is self-adjoint if $A = A^*$.

In conclusion, from the above considerations it follows that the right language for the mathematical description of quantum systems is the theory of (non-abelian) C^* -algebras and as such the mathematical structure of quantum mechanics can be viewed as a chapter of that theory (Strocchi 2010, p. 42).

5. The representation of the principle of indeterminacy and Dirac's quantization

Strocchi second criticism to the axiomatic of DvNQM is the obscurity about the separation mark between classical mechanics and QM. He underlines that nothing obstructs to represent a classical system inside Hilbert space. The only difference is that

Classical mechanics results in a Hilbertian description which is equivalent to one in terms of an algebra of functions, whereas this kind of algebra is impossible when the observables do not commute [since two mutually interfering variables cannot be governed by the notion of a function] (Strocchi 2012, p. 9).

The quantum characterization enters through the *Axiom IV*, concerning the non-commutativity of the two conjugate observable defining a states. Actually, this quantum/classical distinction was blurred for a long time because the status of the principle of indeterminacy was unclear to most physicians. In 1947 Segal had still to write that he had

To confute the view that the indeterminacy principle is a reflection of an unduly complex formulation of Quantum mechanics and to [strengthen] the view that the principle is quite intrinsic in physics, or in an empirical science based on quantitative measurement (Segal 1947, p. 931).

About non-commutativity first Strocchi remarks that the usual mathematical relations are not valid for finitely measurable operators, essentially because a sharp measurement of one observable (e.g. $\Delta p = 0$ exactly) ought to have in correspondence an infinite value of the other observable; yet, this value cannot be operationally obtained (Strocchi 2012, p. 8). Hence, he evaluates as insufficient Born's and Heisenberg's experimental justifications for these relations. Rather, he advances reasons of experimental methodology for suggesting a new mathematical version of them (called by him "complementarity relations"):

$$\Delta_{\omega}(A) + \Delta_{\omega}(B) \geq C > 0 \text{ for all } \omega$$

where Δ is the mean square deviation. Notice that this relation is not the mere logarithm of the previous one because it may differ at the infinity points.

This provides a precise *operational and mathematical formulation* of complementarity with the advantage, w.r.t. the Heisenberg uncertainty relations, of being meaningful and therefore testable for operationally defined observables, necessarily represented by bounded operators [...] (Strocchi 2012, p. 8).

In particular, he proves that his version is more effective than Heisenberg's in the case of the two components s_1 and s_3 of momenta of spin $\frac{1}{2}$ (Strocchi 2012, p. 9).

Second, Strocchi recalls the insufficient justification of Dirac canonical quantization, obtained by a mere analogy with classical Mechanics and not always valid. He re-formu-

lates it according to an algebraic comprehensive approach of Classical mechanics and QM. By starting from a free C^* -algebra,³ he directly obtains two cases of quantization through a dichotomic variable Z , whose values $Z = 0$ and $Z = \hbar/2\pi$ respectively correspond to classical Mechanics and QM; moreover, it proves that no other cases are possible beyond the above two. This result about quantization replaces previous Axiom IV of DvNQM (Strocchi 2010, pp. 10-11).

6. Schroedinger representation. Symmetries

Axiom V of DvNQM gives the Schrödinger representation inside Hilbert space. In SQM

Schrödinger QM follows from the von Neumann uniqueness theorem (Strocchi 2008, p. 4th of the cover).

through the canonical commutators relations. SQM includes the symmetries too, as it is shown in the case of the dynamics in a one-parameter group of $*$ -automorphisms of \mathcal{A} . In order to take in account the unboundedness of the operators, in this case he defines (rather than Heisenberg algebra) the Weyl algebra of the two variables, p and q , defining the state of a particle.

For finite degrees of freedom, the Weyl algebra codifies the experimental limitations on the measurements of position and momentum (Heisenberg uncertainty relations) [...] (Strocchi 2008, p. 4th of the cover).

And the symmetries easily follow from von Neumann theorem on the uniqueness of all regular, irreducible representations of Weyl C^* -algebra.

In sum, through the technique of the representations of C^* -algebra, or better the Axiom A only, he has obtained a complete formulation of both QM and classical Mechanics. At last, Strocchi summarizes his formulation through the following features:

In conclusion, the operational definition of states and observables motivates the physical principle or axiom that, quite generally the observables of a physical (not necessarily quantum mechanical) system generate a C^* -algebra. The Hilbert space realization of states and observables (Dirac-von Neumann Axioms I-III) is then [obtained as] a mathematical result. The existence of observables which satisfy the operationally defined complementarity relations implies that the algebra of observables is not Abelian and it marks the difference between CM and QM. Thus, for a quantum mechanical system the Poisson algebra generated by the canonical variables [i.e. the algebraic-differential relationships between the variables] cannot be represented by commuting operators [owing to the indetermination relationships] and actually canonical quantization (*Axiom IV*) follows from general geometrical structures. The Schrödinger representation (*Axiom V*) is selected by the general properties of irreducibility and regularity. The general setting discussed so far may then pro-

³A free algebra is the non commutative analogue of a polynomial ring since its elements may be described as “polynomials” with non-commuting variables.

vide a more economical and physically motivated alternative to the Dirac-von Neumann axioms for the foundation of quantum mechanics (Strocchi 2012, p. 12).

7. Strocchi's formulation as a PI theory. The lacking characteristic features

Hilbert space of (square summable) functions of calculus clearly represents the AI choice. Instead, Segal's suggestion, being based on an algebraic approach, whose historical tradition relies on constructive mathematical tools, promises an entirely new foundation of QM. As a fact, Strocchi's works suggest an at all new formulation of QM which before put the algebra and later the geometry, as also Heisenberg's formulation of QM did. With respect to the expectations of a quantum measurement this approach deals first with the operators, rather than the states, as Hilbert space does; this choice leads to stress the experimental characteristic feature of the entire formulation, in particular Heisenberg's principle, which Strocchi represents according to a more appropriate mathematical formula which avoids infinities. At last, its theoretical development obtains through Weyl algebra the mathematical technique of the PI&PO theories. In the literature on the QM that I know, I have found no one formulation presenting these merits; only Weyl formulation presents symmetries, yet introduced in an approximate way. For these reasons one may suppose that Segal's tradition represents an unaware and incomplete attempt elicited by many scholars to achieve a formulation of QM which is based on constructive mathematics. In particular, SQM looks as a good basis for searching a constructive (PI) formulation of QM.

In view of improving it as an entirely constructive formulation one has to discover the constructive counter-parts of the following steps of this theory:

- 1) Segal's tradition assumes the boundedness of each physical variable. This assumption is necessary in order to obtain a C^* -algebra of the observables; it assures both the hermiticity of all operators and moreover the solutions of all relevant, differential equations (Pour-El Richards 1989). Strocchi tries to justify this thesis of boundedness through an operational analysis of experimental physics. In my opinion this thesis remains as questionable on an epistemological basis. This objection to his thesis challenges Strocchi's criticisms to the dominant formulation.
- 2) The mathematical definition of a C^* -algebra. It there exists, provided that one accepts the apartness definition (See Bishop Bridges 1986, chp. 7, p. 157; Takamura 2005, p. 81).
- 3) GN theorem. In the case of Abelian algebras; its constructive counter-part was obtained by (Bridges 1979, sect. 6.7; Tanaka 2005, p. 289) through a slightly different notion of norm. Instead, in the case of a non-Abelian algebra, that is necessary for QM, to find a solution seems hopeless (Bridges 2017).

- 4) The argument of the *ad absurdum* proof (AAP) in the next sect. requires to derive from a polynomial C*-algebra a C*-algebra of general functions. Open problem.
- 5) The Dirac quantization through Strocchi's free algebra. Open problem.
- 6) The introduction of both Heisenberg and Weyl algebras and groups in the case of a finite number of observables. Open problem.
- 7) Von Neumann theorem (all regular irreducible representation of Weyl C*-algebras are unitarily equivalent). Open problem.

The difficulties presented by the above unsolved problems seem formidable.

8. Strocchi's formulation as a PO theory. The lacking characteristic features

An accurate inspection of SQM shows that it shares several characteristic features of a PO (see Drago 2012).

- 1) First of all, he argues by means of the intuitionist logic, inside which the law of double negation fails. Indeed, he makes use of doubly negated propositions whose corresponding affirmative propositions lack of evidence or are false (DNPs). In the following, I will spent some space for listing the DNPs occurring in (Strocchi 2012):⁴
 - a) t is impossible to measure coherent superpositions of states belonging to different superselection sectors. [\neq one measures coherent superpositions of states inside a single sector] (Strocchi 2012, p. 2).
 - b) Thus, if two states defined by two apparently different preparation procedures yield the same results of measurements for all observables, i.e. expectations, from an experimental point of view they cannot be considered as physically different [\neq they are the same] ... [to be cont.ed].
 - c) [...] since there is no measurement which distinguishes them [\neq the results of all measurements are equal] (Strocchi 2012, p. 3).
 - d) Similarly [...] there is no available operational way to distinguish them [\neq all operations give the same result] (Strocchi 2012, p. 3).
 - e) [...] the in-avoidable limitations in the preparation of states and measurements of A in general preclude the possibility of obtaining sharp values of A , i.e. $\Delta_\omega(A) = 0$. [\neq the freedom of preparations [...] gives [...] sharp values of ...] (Strocchi 2012, p. 8).
 - f) *Experimental principle* [...] For any given observable A , one can correspondingly prepare states for which a sharp value may be approximated as well as one likes [Here the nature of DNP is given by the point underlined words; they are equivalent to "beyond any bound"; \neq at the infinity] (Strocchi 2012, p. 8).

⁴ In the following I will underline the negative words inside a DNP in order to make apparent its logical nature. Notice that the modal words are equivalent to a DNP (e.g. may: "it not false that it is the case that..." They will be point underlined.

g) This means that it is impossible to have a direct [= non mediated] experimental check of the uncertainty relations [\neq one has a mediated experimental check of the uncertainty relations] ... [to be cont.ed]

h) [...] since one only [= not otherwise \neq surely] measures bounded functions of the position and the momentum (Strocchi 2012, p. 8).

A last proposition of this kind is presented by Strocchi when he introduces a crucial notion. Consistently with the PO model of a theory, he proceeds in a heuristic way in order to look for the mathematical version of the uncertainty relations. In addition, his main result (the proposition 2.8) is a DNP as it will be proved in the following. In a first time he suggests the new definition of complementarity through a negative word:

Definition 2.7. Two observable A, B are called complementary if the following bound holds

$$\Delta(A) + \Delta(B) > 0^{\text{a}}$$
 (Strocchi 2012, p. 8)

Then he states the DNP:

i) Proposition 2.8. If the above experimental principle holds, given a representation π of A the existence of two observables $\pi(A)$, $\pi(B)$ which are complementary, implies that the C^* -algebra $A(A,B)$ generated by $\pi(A)$, $\pi(B)$ cannot be commutative [\neq two observables with $A(A) + \Delta(B) = 0$ commute] (Strocchi 2012, p. 9).⁵

The given problem is not considered as solved without showing the relation between the old and the new notions. First, he relaxes the previous limitation of the observables to be represented by polynomial functions.

The relation between complementarity and non-commutativity is easily displayed if one realizes that in each irreducible representation $\pi(\mathcal{A})$ of the algebra of observables one may enlarge the notion of observables by considering as observables the weak limits of any Abelian C^* -subalgebra $\mathcal{B} \subset \pi(\mathcal{A})$. Technically, this amounts to consider the von Neumann algebra \mathcal{B}^w generated by \mathcal{B} ; one may show that the former contains all the spectral projections of the elements of B. In the Gelfand representation of the Abelian C^* -algebra \mathcal{B} by the set of continuous functions on the spectrum of \mathcal{B} , such weak limits correspond to the pointwise limits of the continuous functions. They are operationally defined by instruments whose outcomes yield the pointwise limits of the functions defined by the measurements of the elements of \mathcal{B} .

This means that one recognizes as observables not only the polynomial functions of elements B belonging to \mathcal{B} and therefore by norm closure the continuous functions of B, but also their pointwise limits (Strocchi 2012, p. 9).

2) Strocchi argues through an AAP. Indeed, the relationship between the two above relations is stated by means of an AAP, exactly the way of reasoning

⁵ Notice that the second negative proposition is not a mere explanation of the first negative proposition, because they are different, physical the former one and mathematical the latter one.

of a PO theory. The argument can be summarized in the following way. By calling “complementarity of A,B” C_p and their “commutativity” C_m , he wants to prove that when C_p holds true then $\neg C_m$ follows. He starts by negating the thesis, $\neg\neg C_m$, which describes a situation where both $\pi(A)$ and $\pi(B)$ (according to a von Neumann’s theorem) can be written as functions of C , i.e. in this case the C^* -algebra is an algebra of functions. Hence, in this algebra the classical logic holds true, and thus $\neg\neg C_m \rightarrow C_m$. His arguing obtains that $C_m \rightarrow \neg C_p$, i.e. the negation of the starting hypothesis, an absurd. Hence, it is not possible that $C_m \rightarrow C_p$, or, $\neg(C_p \rightarrow \neg C_m)$, i.e. the new notion C_p surely grasps more content than the old notion C_m .⁶

- 3) He lucidly bases his theory on the problem of how our knowledge can overcome the unavoidable uncertainty of the measurements of two conjugate observables.

The main problem is the precise interpretation of the principle [of non commutativity of conjugate variables] in terms of unambiguous experimental operations and its precise mathematical formulation (Strocchi 2012, p. 15).

- 4) Yet, the above AAP concerns the relationships of the experimental basis of QM with DvNQM, not the conclusion of the theoretical development of SQM as solving this problem. Hence, one has to organize anew the original development of SQM by basing it on the above problem, at the cost to change some its parts. In fact, the actual starting point of his formal development of SQM is the Axiom A; Strocchi admits that it is not enough sufficiently supported by his “preliminary basic consideration” (Strocchi 2012, p. 6). However, nothing opposes to consider the Axiom A as a methodological principle in the aim at solving the above basic problem in suitable circumstances (see the similar L. Carnot’s change of the common inertia principle; Drago1988). In such a case SQM is relying upon no more than the mathematical content of i.e. the polynomial C^* -algebras of the observables. The boundedness postulate is then admissible, since an algebraic approach does not require the usual idealization of the experimental results by a theoretical physicist; usually, since wants to operate with real numbers and functions, the latter one extrapolates from a finite collection of experimental data a real function, including its points at infinity. Instead, a theorist following the algebraic approach can without problems assume the experimental data in their boundedness. That amounts to avoid the AI assumption on the experimental data for instead bounding the theoretical development to the PI. Moreover, to choose PO allows to start from a finite set of experimental data and hence to state a bound to all their values. These considerations solve the question 1) of previous section.

⁶ Incidentally, in classical logic the proved formula $C_p \rightarrow \neg C_m$ is classically equivalent to $\neg C_p \vee \neg C_m = \neg C_m \vee \neg C_p = C_m \rightarrow \neg C_p$.

- 5) However, one has to suggest a theoretical development where one makes use of more DNPs than those used by Strocchi.
- 6) Moreover, one has to invent a chain of AAPs (including the previous AAP of SQM), concerning the resolution of the basic problem.
- 7) The resolution of the basic above problem is given by the Dirac quantization, that Strocchi obtains as a mathematical consequence of his C^* -algebra. This suffices for closing the kinematics of QM; which through the GNS theorem includes Hilbert space.
- 8) At last, one has to apply to the conclusion of the final AAP the principle of sufficient reason for translating this conclusion in an affirmative proposition; from which one has then to obtain the symmetries.

In sum, in order to change SQM into a PI&PO theory one has to invent a great part of the wanted theory. The task is hard, but a priori not impossible.

All in all, although SQM shares several characteristic features of both choices PI and PO, at present time it is far from being an alternative theory to DvNQM, although its distance is the minimal one among the formulations I have already examined.

I conclude that rather than an alternative to the paradigmatic formulation, the present SQM represents a very interesting divergence from it.

Bibliography

- Bishop E., Bridges D. (1985). *Constructive Analysis*. Berlin: Springer.
- Bridges D. (2017). "Personal communication", Dec. 12th.
- Bridges D. (1979). *Constructive Functional Analysis*. London: Pitman.
- Drago A. (2012). *Pluralism in Logic. The Square of opposition, Leibniz's principle and Markov's principle*, in Béziau J.-Y., Jacquette D. (eds.), *Around and Beyond the Square of Opposition*. Basel: Birkhaueser, pp. 175-189.
- Drago A. (1988). *A Characterization of Newtonian Paradigm*, in Scheurer P.B., Debrock O. (eds.), *Newton's Scientific and Philosophical Legacy*. Dordrecht: Kluwer Acad. P., pp. 239-252.
- Emch G.G. (1984). *Mathematical and Conceptual Foundations of 20th Century Physics*. Amsterdam: North- Holland.
- Pour-El M.B., Richards J.I. (1989). *Computability in Analysis and Physics*. Berlin: Springer.
- Segal I. (1947). "Postulates of general quantum mechanics". *Annals of Mathematics*, 48, pp. 930-948.
- Strocchi F. (2012). "The physical principles of Quantum Mechanics". *European Physical Journal Plus*, 127 (12), pp. 11-24.
- Strocchi F. (2010). *An Introduction to the Mathematical Structure of Quantum Mechanics*. Singapore: World Scientific (1st edition 2008).
- Takamura H. (2005). *An introduction to the theory of C^* -algebras in constructive mathematics*, in Crosilla L. and Schuster P. (eds.), *From Sets and Types to Topology and Analysis*. Oxford: Clarendon, pp. 280-292.

FROM THE MIDDLE AGES TO THE MODERN ERA

King Ruggero II and the Reform of the Calendar¹

Maria Luisa Tuscano – SISFA – mltuscano@gmail.com

Abstract: The measure of time during the reign of Ruggero II was a challenging problem, both for the prominence of the administrative field and for the need to coordinate the different ethnicities of the great state.

Some testimonies emerged for the epigraph of the clock of the Palazzo dei Normanni in Palermo and the peculiar edification of the Cathedral of Cefalù, lead to recognize in the Norman king a great attention for Astronomy. In this contest, Ruggero II need to give the calendar a punctuality no longer respected by the Julian reform still adopted. All this goes toward a possible reform by the king, given the contacts he had with the Persian world where a very accurate calendar was adopted.

Keywords: Normans, Sicily, Astronomy, Cathedral, Calendar.

1. Il profilo culturale di re Ruggero II

Scrivere del profilo culturale di re Ruggero II non costituisce novità. L'educazione che il giovane normanno ricevette, dopo la morte nel 1101 del padre conte Ruggero I, fu orientata dalla madre Adelaide Del Vasto, della famiglia Alemarici del Monferrato, a prepararlo a governare un regno composito sia per ampiezza geografica sia per diversità di culture, idiomi e tradizioni. È stato già scritto sui precettori greci ed arabi che ne curarono la preparazione nel panorama cosmopolita della corte di Palermo, nonché sull'insegnamento delle lingue latina, greca e araba che gli fu impartito.

Le doti culturali di Ruggero II furono elogiate da cronisti coevi e posteriori; tuttavia, quando si affronta l'argomento in modo specifico – nell'attuale relazione per quanto attiene lo studio dell'Astronomia – non si rintracciano molti riferimenti che possano concretamente confermare quanto già diffusamente scritto.

Esiste, però, un documento coevo al re normanno che, letto da una certa angolazione, ci restituisce un ritratto piuttosto dettagliato della sua indole culturale. Si tratta dell'introduzione del *Libro di Re Ruggero* compilato dal cartografo Edrisi, che, su incarico del monarca, a partire dal 1139 realizzò la carta geografica universale.

Un testo studiato o citato frequentemente nella corposa bibliografia ruggeriana che in genere riconosce i ruoli di committente a Ruggero II e di esecutore a Edrisi, concentrando su quest'ultimo le scelte programmatiche e operative del lavoro.

¹ Desidero dedicare questo modesto contributo al prof. ing. Antonio Rini di Bari, appassionato studioso di astronomia, che molti anni fa mi esortò a iniziare una ricerca sull'orologio di Ruggero II a Palazzo dei Normanni a Palermo, argomento di cui scrivo anche nel corso di questa relazione.



Fig. 1. Ruggero II in un particolare della Cappella Palatina di Palermo e accanto la raffigurazione della Sicilia nella carta geografica di Edrisi.

Senza pretesa d'innovativa formulazione, desidero adesso riproporre due brani di questa introduzione che, grazie alla testimonianza dello stesso cartografo, aprono a mio parere spiragli di luce sulla personalità del re normanno (Amari 1872).

Nel primo brano Edrisi si esprime in forma generale ed elogiativa sulle doti culturali di Ruggero II:

Quanto poi alle cognizioni del sovrano nelle scienze matematiche e pratiche, è cosa che sfugge ad ogni computo e limite, l'ampiezza delle sue acquisizioni in ogni branca di dette discipline, dove ha raggiunto mete eccelse con scoperte ed invenzioni personali (al-Idrīsī 1994, p. 18).

Ma proseguendo nel racconto delle fasi preliminari per la realizzazione della carta geografica egli ancora scrive:

Il sovrano si diede alla ricerca di tali ragguagli nei testi relativi a questa specifica materia, e cioè nel «Libro delle meraviglie» di al-Mas'udi, e nelle opere di ciascuno dei seguenti autori: Abu Nasr Saïd al-Giaihani, Abu'l-Qasim Ubaidallāh ibn Ibn Khordādbēh, Ahmad ibn Umar al-Udhri, Abu'l-Qasim Muhammad al-Hauqali al-Baghdadi, Gianākh ibn Khaqān al-Kimaki, Musa ibn Qasim al-Qaradi, Ahmad ibn Yaquḅ – detto al-Yaquḅī – l'astronomo Ishāq ibn al-Hasan, Qudama al-Basri ed infine nei testi di Claudio Tolomeo e di Orosio l'Antiocheno [Paolo Orosio?]. Ma siccome re Ruggero, anziché rintracciarvi una spiegazione esauriente e dettagliata, trovò che quei testi avevano trascurato l'argomento, convocò a corte dotti versati in quella disciplina; senonché dopo avere discusso e dissertato con loro, riscontrò che le loro cognizioni non erano superiori a quelle contenute nelle opere citate. Non appena si avvide di ciò, mandò a chiamare da tutti i suoi domini quanti avessero, su questi territori, conoscenze sicure ed esperienze di viaggio. E dopo averli interrogati in gruppo e singolarmente su quei paesi per mezzo di un intermediario, diede forma scritta definitiva solo a quelle parti delle elocuzioni su cui avevano tutti concordato ed a quanto era risultato attendibile delle loro relazioni, eliminando e rifiutando ogni punto controverso (al-Idrīsī 1994, pp. 18-19).

Questo secondo brano ricorre per lo più nella storiografia come testimonianza dell'indagine documentaria operata da Edrisi per la realizzazione della carta geografica. In realtà l'attore della scena è Ruggero II per il quale scaturiscono alcune dettagliate informazioni:

- a. il re leggeva testi nelle tre lingue di diversa argomentazione, che spaziavano dalla geografia all'astronomia e alla cronaca di viaggi, formulandone un giudizio critico. Era incline all'aggiornamento e al confronto, sapendo mantenere una identità di pensiero che esigeva ulteriori indagini;
- b. egli era edotto sulla possibilità di ottenere dai suoi vasti domini, quindi anche dal contesto arabo e mediorientale, riferimenti scientifici avanzati. Imponendo, inoltre, una formulazione scritta degli argomenti soltanto dopo un'assoluta convergenza delle fonti, egli esternava una naturale attitudine verso un metodo che oggi potremmo definire "moderno".

L'immagine complessiva che ne emerge è, dunque, quella di un intellettuale partecipe della fase progettuale dell'opera, piuttosto che di un illuminato committente.

Sorge allora spontanea la domanda sul ruolo che Ruggero II, nello stesso spirito, possa avere avuto nell'ambito dell'astronomia. Una domanda che mi ero posta anni orsono durante una ricerca sull'iscrizione trilingue di Palazzo del Normanni a Palermo che riguarda un antico orologio fatto realizzare dal re normanno, in cui avevo individuato elementi documentari che motiverebbero un congegno meccanico di tipo astronomico per peculiari esigenze del regno (Tuscano 2014a).

Questa problematica mi si è ripresentata più di recente durante lo studio delle luci equinoziali all'interno del Duomo fatto costruire da Ruggero II a Cefalù.

2. Il Duomo di Cefalù: brevi riferimenti

Il Duomo di Cefalù² fu fondato da Ruggero II nel 1131 e fu dedicato al Santissimo Salvatore e ai SS. Pietro e Paolo. La pietra di fondazione fu collocata domenica 7 giugno per la solennità di Pentecoste.

Con pianta basilicale a tre navate, un profondo presbiterio affiancato da protesi e diaconico e un transetto ad ampio invaso (8,9 m x 38 m), il Duomo ha un asse longitudinale prossimo alla direzione equinoziale da cui differisce di circa 6°. La costruzione fu portata avanti per gradi a partire dal transetto settentrionale, in cui fu collocata la pietra di fondazione, ispirandosi a un progetto stilato dallo stesso Ruggero II in forma più ampia e complessa. La cattedrale "fortezza" per la sua posizione geografica doveva essere un avamposto della reggia di Palermo e al contempo un punto di agevole comunicazione con l'interno dell'isola dove il conte Ruggero aveva costituito una roccaforte a Troina³.

² Nel 2015 il duomo di Cefalù è stato dichiarato dall'UNESCO "Patrimonio dell'Umanità".

³ Nella vulgata Ruggero II fece costruire il Duomo di Cefalù per un voto fatto durante una tempesta in mare. Pur non escludendo la devozione del re, l'edificazione della chiesa rispose soprattutto a un progetto politico.



Fig. 2. Prospetto occidentale del Duomo di Cefalù e accanto navata centrale con l'abside in cui è rappresentato il Cristo Pantocratore, icona dell'Anno della fede.

Il monarca decise che la chiesa sarebbe diventata il mausoleo di famiglia, facendo costruire due tombe porfirie da collocare nelle due ali del transetto, ma questo progetto, dopo la sua morte, non fu mantenuto⁴. La graduale realizzazione dell'edificio comportò una lieve differenza di orientamento nelle sezioni del suo asse longitudinale che ha un azimut geodetico di 96° nell'abside e nel transetto, di 97° nella navata centrale.

La sorveglianza degli aspetti costruttivi e amministrativi fu affidata ai canonici agostiniani del monastero di Santa Maria e i Dodici Apostoli di Bagnara Calabra.

Alla morte di Ruggero II nel 1154 il Duomo era costituito dalla zona presbiteriale, dal transetto e dalla nave, con il tetto ligneo ma senza il prospetto ad occidente. Queste parti costituiscono il nucleo ruggeriano di tutto l'edificio che originariamente includeva nella zona mediana del corpo trasverso le due ali del coro.

Nella parete meridionale del transetto (azimut 186° N→E) furono ricavati tre ordini di finestre dal basso verso l'alto: due aperture piccole e rotonde, due monofore grandi e quattro monofore piccole. Nel corso del Quattrocento, a causa di un incendio, la copertura lignea del ramo meridionale del transetto fu distrutta e, per volontà del vescovo De Luna, nel 1494-95 fu sostituita da una volta a forma di botte spezzata in cui oggi si osservano una finestrella nel muro della mezzaluna e tre fori centrali nel tetto.

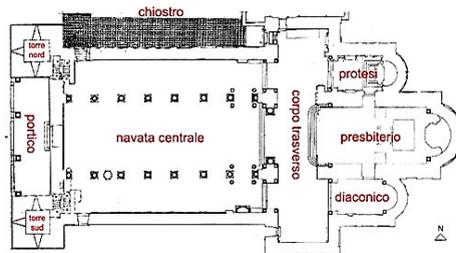


Fig. 3. Pianta del Duomo di Cefalù [online]. URL: <<http://www.regione.sicilia.it/beniculturali/dirbenicult/soprintendenze/duomoCefalu/cattedrale.htm>> [data di accesso: 9/02/2019]. AutORIZZAZIONE del 21 agosto 2019 della Regione siciliana – Assessorato dei Beni culturali e dell'Identità siciliana – Soprintendenza per i Beni culturali di Palermo, che si ringrazia.

⁴ La salma di Ruggero II, morto a Palermo, non fu mai trasportata a Cefalù. Le due tombe porfirie furono trasferite nella Cattedrale di Palermo.



Fig. 4. Le aperture dell'ala meridionale del transetto osservate dall'esterno e dall'interno (Foto: Tuscano M.L.).

3. Il sentiero di luce equinoziale

Nell'attuale relazione descrivo e commento i fenomeni luminosi riconducibili alle strutture di epoca ruggeriana, che ho avuto modo di osservare e fotografare durante gli equinozi di primavera degli anni 2014 e 2015, non entrando nel merito di ulteriori fenomeni visibili in altre date e relativi ad aperture posteriori all'impianto originario⁵.

Nell'anno 2014 l'equinozio di primavera si verificava il 20 marzo alle ore 17h 58m 01s TMEC. Tenuto conto della differenza in longitudine dal meridiano dell'Etna e dell'equazione del tempo, il transito al meridiano del Duomo di Cefalù (38°2'23" N – 14°1'24" E) era atteso alle 12h 11m 35s, quindi 5h 27m 59s prima del momento equinoziale. In tale data ero già all'interno nella chiesa con un largo anticipo rispetto al mezzogiorno solare per verificare eventuali luminosità nel corpo trasverso.

L'attesa ebbe un suo inaspettato riscontro. Infatti, alcuni minuti prima del transito, sul pavimento del transetto prossimo alla navata centrale, si manifestò una macchia di luce che in breve diede origine a un'immagine quasi rotonda tendente a spostarsi verso la parte mediana del transetto. Poco dopo seguì la formazione di una seconda immagine solare e quindi di una terza, infine di una quarta mentre scompariva la prima per l'interposizione di un pilastro a lato dell'abside. Si era formata una fila di immagini in

⁵ Durante il convegno SISFA ad Acireale nel 2013, il prof. Carlo Blanco mi comunicò che durante l'estate, in occasione di una visita al Duomo di Cefalù, aveva osservato insieme ad altri studiosi, tra cui lo gnomonista Giovanni Paltrinieri, un'immagine solare sul pavimento del transetto, che aveva fatto sospettare l'esistenza di un'antica meridiana avente come gnomone uno dei tre fori della volte a botte. Un altro fenomeno luminoso è stato fotografato da Salvatore e Alessandro Varzi il 28 febbraio, ricorrenza della morte di Ruggero II, in prossimità del luogo predisposto per il sarcofago del re normanno, constatando che l'immagine era generata dalla piccola finestra nella mezzaluna della struttura a botte. Sull'orientamento del portone principale aveva, in precedenza, scritto l'arch. Alessandro Di Bennardo. Le icrofanie della chiesa normanna sono state oggetto di un lungo studio teologico da parte di Monsignor Crispino Valenziano. Interessata a chiarire alcune delle luminosità segnalate, nel 2014 decisi di recarmi nel Duomo di Cefalù in coincidenza del giorno dell'equinozio di primavera, consapevole del fatto che in tale data avrei potuto avere conferma o meno di una pregressa linea meridiana a camera oscura sul pavimento del transetto.

un sentiero di luce che progrediva lungo il transetto verso il presbiterio spiccando quasi al centro del tappeto rosso del corridoio centrale della chiesa.

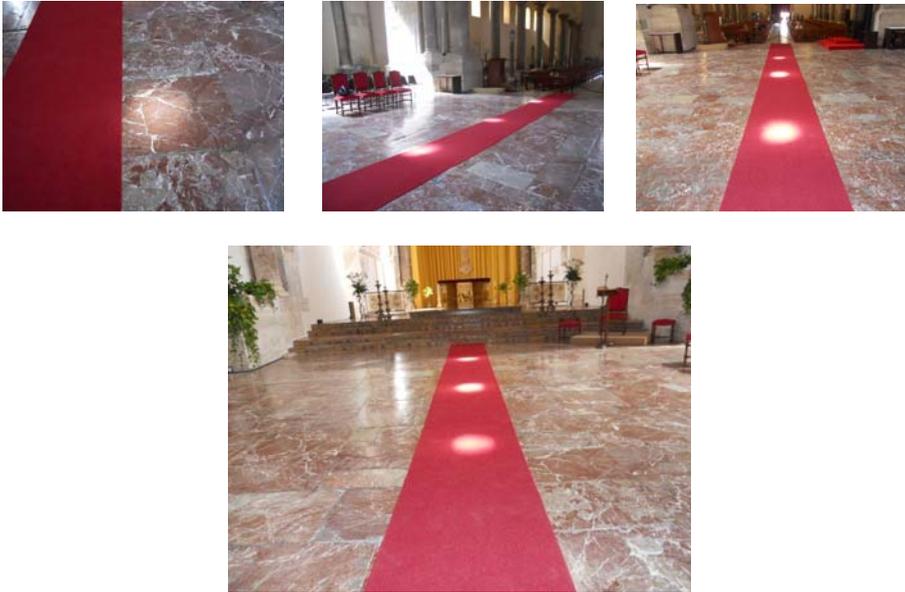


Fig. 5. Fasi evolutive del sentiero luminoso del 20 marzo 2014 (Foto: Tuscano M.L.).

Per avere conferma del fenomeno, l'anno seguente mi recai nuovamente al Duomo di Cefalù nel giorno dell'equinozio di primavera. Nel 2015 l'equinozio si verificava il 20 marzo alle 23h 45m TMEC, quindi 11h 33m 25s dopo il transito al meridiano locale. Il sentiero si ripropose in modo simile all'anno precedente, ma le immagini solari pur formandosi all'interno del tappeto erano più vicine al suo bordo.



Fig. 1. Il sentiero di luce durante l'equinozio di primavera del 20 marzo 2015 (Foto: Tuscano M.L.).

Questo fenomeno a camera oscura è palesemente riconducibile alle quattro monofore piccole la cui altezza deve essere stata opportunamente calcolata per generare immagini equinoziali nel transetto in mezzo alle due ali del coro. Si presume che anche le strombature di queste finestrelle siano state progettate in modo mirato, tenendo conto del fatto che la declinazione solare nel giorno dell'equinozio di primavera ha un'escursione di 24', quindi mediamente di 1'/h, diversamente da quanto avviene nel giorno del solstizio in cui essa si mantiene costante. La posizione dell'asse mediano del sentiero di luce è così non solo il segnale del giorno dell'equinozio ma anche l'indicazione approssimata della frazione del giorno in cui si verifica l'attimo equinoziale. Quest'informazione nel passato risultava importante, in particolar modo quando l'evento si verificava nei margini temporali del giorno (ad es. come per l'equinozio di primavera del 2015, appena 15 m prima di mezzanotte!) perché l'errore di pochi minuti avrebbe potuto modificare la data dell'equinozio di primavera.

A questo punto risulta difficile disconoscere al progetto edificatorio del Duomo di Cefalù un'ulteriore finalità legata alla determinazione della Pasqua e delle festività mobili del calendario liturgico; in questo quadro la pietra di fondazione, collocata nel giorno di Pentecoste, emerge come significativa conferma.

Certamente per Ruggero II, investito del privilegio dell'Apostolica Legazia e assillato dai difficili rapporti con il papato romano, la corretta celebrazione della Pasqua costituiva un affare di Stato da affrontare con peculiari competenze scientifiche che permettessero di calcolare con esattezza il giorno dell'equinozio di primavera e in seconda battuta il plenilunio ad esso successivo⁶. Ciò presupponeva un controllo delle circostanze astronomiche attraverso effemeridi precise e aggiornate di cui il contesto scientifico occidentale nel XII secolo era sprovvisto, tanto da dover fare ancora riferimento alle tavole di Tolomeo, con l'aggravante, per effetto del moto conico e della nutazione dell'asse terrestre, di un calendario civile in disaccordo con quello astronomico di una settimana⁷.

Tali difficoltà non furono superate nei secoli successivi neanche dall'uso delle *Tavole Alfonsine*, redatte nel 1252, come rileva Heilbron nel libro *The Sun in the Church: Cathedrals as Solar Observatories* (2001, p. 38) per la modesta formazione matematica dei computisti: nel 1276 la Pasqua fu celebrata con l'anticipo di un mese! E nel corso del '400 vi furono tre incresciosi incidenti nelle date pasquali, nel 1424 il ritardo di cinque settimane e l'errore di una settimana nel 1433 e nel 1437.

A quali risorse umane e culturali poté allora fare riferimento Ruggero II per realizzare un edificio in grado di registrare effetti derivanti da variazioni di declinazione solare dell'ordine di frazioni di grado?

⁶ Il Consiglio di Nicea del 325, in cui si allineò il calendario civile con quello astronomico e si stabilì che l'equinozio di primavera convenzionalmente dovesse cadere sempre il 21 marzo, decise che la data della Pasqua dovesse essere celebrata la domenica successiva al primo plenilunio dopo l'equinozio di primavera.

⁷ Le *Tavole toledane*, redatte nel XII secolo, furono originariamente compilate in arabo per la latitudine di Toledo e adattate poi ad altre latitudini, ma in anni successivi a quelli in oggetto.

Ai monaci agostiniani di origine francese, insediati a Bagnara Calabria per volontà di Ruggero I e poi richiamati a Cefalù da Ruggero II, si possono riconoscere competenze gnomoniche e costruttive, tramandate negli ordini monastici⁸.

Ma su quali elementi astronomici si basò il progetto? Al colto re normanno non potevano mancare gli aggiornamenti sullo stato di fatto negli studi dell'astronomia, sia per le relazioni che egli intratteneva con il contesto intellettuale di Toledo, favorite peraltro dalle sue nozze con la figlia del re di Castiglia, sia per i rapporti economici che egli stesso manteneva con il mondo mediorientale.

Nel ventaglio degli studi e delle ricerche di matematici e astronomi, tenuti in grande considerazione nell'area musulmana, potevano non emergere al re normanno i risultati ottenuti nell'ambito persiano? L'eco dei versi di Omar Al Khejam poteva pervenire alla corte di Palermo senza l'informazione della determinazione dell'anno solare da lui operato nel 1072 (Rampoldi 1823, p. 563)? È verosimile che Ruggero II, nella sua confermata dimensione culturale, abbia ignorato i calcoli utilizzati per la riforma del Calendario persiano nel 1079?

Il Montucla nella sua *Histoire des Mathématiques* (1758, pp. 371-373) fornisce alcune indicazioni sul calendario persiano, originariamente solare, poi lunare durante gli anni del Califfato arabo, ancora solare sul finire dell'XI secolo e con una struttura che prevedeva l'inizio dell'anno al momento dell'equinozio di primavera, nel 1079 era il 14 marzo, e l'intercalazione di otto giorni ogni 33 anni (distribuiti sette ogni quattro anni e l'ottavo dopo cinque anni). Un calendario ancor oggi considerato di alta precisione e che ebbe una vasta risonanza negli annali musulmani.

4. Conclusioni

Certamente, se le indicazioni persiane furono consultate da Ruggero II, ciò avvenne in una condizione riservata: chiedere consiglio ad un computo musulmano per cercare di risolvere il più importante problema del computo cristiano non avrebbe riscosso approvazione generale e sarebbe stato forse motivo di un'ulteriore scomunica.

D'altronde l'esigenza nel regno normanno di un calendario più aggiornato emergeva anche dal campo amministrativo, come altrove ribadito (Tuscano 2014b). In questo quadro può essere inserita l'iniziativa successiva di un orologio astronomico, fatto realizzare da Ruggero II nel 1142, per il quale si trova conferma dal confronto di una fonte rinvenuta da Amari con un manoscritto di V. Di Giovanni pubblicato dopo la sua morte, nonché dal rinvenimento del meccanismo di Anticitera che, testimoniando l'avanzamento tecnologico nell'area mediterranea intorno al II sec. a. C. rende ammissibile la realizzazione di un congegno di questa natura nel XII secolo.

⁸ Anche nella Basilica di San Miniato al Monte a Firenze e nella Basilica di S. Maria Maddalena a Vezelay in Borgogna le finestre generano sentieri di luce ma in coincidenza dei solstizi in cui è più semplice la gestione del fenomeno per la costanza dei valori di declinazione solare (Bartolini 2013, pp. 57-84).

Bibliografia

- al-Idrīsī (1994). *Il libro di Ruggero: il diletto di chi è appassionato per le peregrinazioni attraverso il mondo, traduzione e note di U. Rizzitano*. Palermo: Flaccovio.
- Amari M. (1872). “Il libro di Re Ruggiero ossia la Geografia di Edrisi”, *Bollettino della Società Geografica Italiana*, 7, pp. 1-24.
- Bartolini S. (2013). *Sun and symbols. The zodiac in the Basilica of San Miniato al Monte and in the Baptistery of san Giovanni in Florence*. Firenze: Polistampa.
- Di Bennardo A. (2005). *Le pietre orientate. La luce nelle chiese di Siria e Sicilia, V-VII secolo*. Roma: Meltemi.
- Filangeri C. (1989). *Il progetto della Cattedrale normanna. Considerazioni introduttive, in Regione siciliana, La Basilica Cattedrale di Cefalù. Materiali per la conoscenza storica e il restauro*, vol. 1. Siracusa: Ediprint, pp. 29-34 e pp. 47-50.
- Flammarion C. (1931). *Annuaire astronomique et météorologique*. Paris: E. Flammarion.
- Heilbron J.L. (2001). *The Sun in the Church. Cathedrals as solar observatories*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Montucla J.E. (1758). *Histoire des mathématiques*. Paris: A. Jombert.
- Paltrinieri G. (2007). *Il sole, il tempo e la luce nella Cattedrale di Cefalù*. Cefalù: S. Marsala.
- Rampoldi G.B. (1823). *Gli annali musulmani dal 974 al 1099 dell'era volgare*, vol. 6. Milano: Rusconi.
- Tuscano M.L. (2014a). *L'orologio di Re Ruggero nel Palazzo dei Normanni di Palermo*, in Giannetto E., Ricciardi S., Antonello E., Mazzoni M. (eds), *Cielo e Terra. Fisica e astronomia, un antico legame*. Roma: Aracne, pp. 403-408.
- Tuscano M.L. (2014b). *Il sentiero del Sole. Dalle luci meridiane nel Duomo di Cefalù agli orologi solari del Parco delle Madonie*, in Id., *Atti del XIX Seminario nazionale di Gnomonica, Cefalù 4-6 aprile 2014*.
- Valenziano C. (1995). *Architetti di Chiese*, Palermo: L'epos.

Jesuit science and epistemology in 17th century

Ivana Gambaro – Università di Genova – ivana.gambaro@unige.it

Abstract: Recent studies in 17th century science have shown the deep interest of religious milieus in scientific inquiry, and the relevant contributions to scientific knowledge by many scholars belonging to religious orders. Definitely the *Societas Jesu* was the religious order most involved in scientific and pedagogical practice and the analysis of some aspects of Jesuit scientific production can shed some light on the influence religious beliefs had on scientific inquiries developed within the *Societas* and on representations of the natural world in the 17th century. In the *Societas Jesu* some groups, less reluctant to consider novel discoveries, played an important role fostering experimental activities in many Jesuit Colleges, allowing discoveries of new phenomena thanks to the accuracy of measurements by Jesuit scholars. However in their scientific treatises there is a noticeable lack of interest in drawing unambiguous conclusions about how the laws of nature operate. It has been asked: “How could so many intelligent scientists invest all that time and energy, become masters of the experimental method, discover all sorts of genuine natural effects, write those magnificent treatises, and yet play such a small role in the essential developments of the scientific revolution?” (Lindberg, Numbers 1986, p. 156). These questions can be put into different perspectives. The one here dealt with emerges from cosmological hypotheses, both geocentric and heliocentric, accepted or rejected using a palette of sophisticated arguments. The analysis will be restricted to a few relevant astronomers and mathematicians: Fabri, De Chales, Riccioli and Tacquet. Some of them have received considerable attention in articles and books recently published.

Keywords: 17th century Astronomy, Fabri, De Chales, Riccioli, Tacquet.

1. Astronomi e matematici della Compagnia di Gesù

In anni recenti numerosi lavori pubblicati sulla attività scientifica dei gesuiti hanno sollevato molti quesiti e problemi di carattere epistemologico, storico, storiografico. La Compagnia, per sua vocazione sorta con obiettivi missionari e educativi, già sul finire del XVI secolo, accanto alla produzione filosofica e teologica, arricchisce con rilevanti contributi le conoscenze del tempo in ambito scientifico, in particolare tra le scienze matematiche, astronomiche e fisiche.

Le attività educative della Compagnia, volta a formare le élite europee tra il XVII e il XVIII secolo, allargano lo spazio in cui operano gli studiosi gesuiti dall’ambito del discorso scientifico a più articolati rapporti istituzionali interni alla Compagnia stessa e

a relazioni più complesse con le autorità politiche del tempo. Gli orientamenti della Compagnia in ambito filosofico e teologico e le forme di controllo sulle opere a stampa, unitamente alle vicende del processo a Galileo, rendono ulteriormente complesso lo scenario in cui operano gli studiosi della Compagnia. I confini di questo agire scientifico sono dunque costantemente negoziati con i vari soggetti e conducono a soluzioni individualmente anche assai diverse e con differenti valenze epistemologiche.

Prendendo in considerazione le problematiche presentate dall'avanzamento delle conoscenze astronomiche porterò l'attenzione a quattro ricercatori e docenti che attraverso le loro opere a stampa, il loro insegnamento o le loro ricerche hanno fornito un contributo rilevante alla scienza gesuitica e alla riflessione epistemologica: Giovanni Battista Riccioli, astronomo (1598 Ferrara - 1671 Bologna), Honoré Fabri, matematico e fisico (1608 Virieu-le-Grand, Ain - 1688 Roma), André Tacquet, matematico (1612 Antwerp - 1660 Antwerp), Claude François Milliet de Chales, matematico (1621 Chambéry - 1678 Torino).¹

2. Riccioli e l'immobilità della Terra

G.B. Riccioli, astronomo e teologo, è attivo nei Collegi a Parma e a Bologna. La sua opera è nota in Italia e all'estero, rinomate le sue conoscenze enciclopediche nel campo astronomico e geografico e le sue competenze in ambito teologico. Grazie all'osservatorio presso il Collegio gesuita di Santa Lucia in Bologna dove insegna, egli realizza numerose osservazioni astronomiche, affiancato da un brillante allievo, Francesco Maria Grimaldi; altri dati gli pervengono in gran numero grazie ai contatti con i numerosi Collegi della Compagnia di Gesù presenti in tutta Europa ed anche in area extra-europea. È autore di alcune opere che ebbero larghissima diffusione nel '600 e '700 e rappresenteranno a lungo testi di riferimento per generazioni di astronomi. Mi riferisco al noto *Almagestum Novum* (1651), due ponderosi tomi *in folio* per un totale di circa 1500 pagine, e alla *Astronomia Reformata* (1665), di fatto il terzo tomo dell'impresa dell'astronomo ferrarese.

In particolare l'*Almagestum Novum*, grande sintesi di sapere astronomico, rappresenta un repertorio ampio e minuzioso di tutto il sapere astronomico del tempo, dove per ogni tematica l'autore, con il valente contributo di Grimaldi, procede ad una rassegna accurata dei risultati che si erano accumulati nel corso degli anni, o dei secoli, su un dato argomento. Sapere a cui lo stesso Riccioli contribuì soprattutto nell'ambito dell'astronomia d'osservazione relativa alle posizioni delle stelle, alle eclissi, e alla Luna. Il suo approccio alle questioni scientifiche è, tuttavia, sempre prudente. Talora nel riportare le varie teorie avanzate, nel corso del tempo, per spiegare fenomeni astronomici o fisici, egli non prende apertamente partito per una tra esse, ma ne individua ora una più ingegnosa, ora altre più o meno probabili, avvalendosi di un metodo che potrebbe esser denominato delle spiegazioni multiple, quasi a rinunciare ad una descrizio-

¹ L'esiguo spazio mi conduce a delineare solo molto schematicamente i risultati della ricerca che vedranno una più adeguata trattazione in altra pubblicazione. Ho scelto comunque di segnalare l'ampia bibliografia utilizzata. Tutte le traduzioni dagli originali latini sono a cura dell'autore.

ne causale e a suggerire che talora le argomentazioni scientifiche non possono portare alla vera rappresentazione del mondo naturale.² Riccioli apprezza l'ingegno di Copernico, ma ravvisa un pericolo nella diffusione delle sue idee:

In realtà se concedessimo ai copernicani quella libertà che si sono dati di interpretare le divine lettere e di eludere i decreti ecclesiastici, questa forse non resterebbe circoscritta all'ambito della sola astronomia e filosofia naturale, ma si potrebbe estendere attraverso altri ad altri e più santi dogmi, se appunto anche una sola volta, se non per manifesta necessità, si permettesse di negare il senso letterale del codice divino. Nel seguito noi dovremo dimostrare, dai principi dell'astronomia e della fisica, che in verità non vi è alcuna necessità di allontanarsene, per quanto grande d'ingegno e di perizia sia l'ipotesi della terra in moto (Riccioli 1651, *pars post.*, p. 290).

Nella *pars posterior* dell'*Almagestum Novum* alla sezione *De Mundi Systemate* egli dedica più di 300 pagine ai diversi modelli cosmologici proposti, e richiama e sviluppa 126 argomenti di cui 49 a favore e 77 contro il moto della Terra. Ciascuno di essi è illustrato e vagliato accuratamente. Alcuni sono più convincenti, altri sono considerati irrilevanti e giudicati dallo stesso Riccioli assurdi e del tutto insostenibili, altri, al contrario, meritano molta attenzione.³ Questi ultimi si possono raccogliere in tre tipologie: un primo gruppo di argomentazioni riguarda il moto di caduta dei gravi e diede luogo ad una polemica vivacissima con echi sulle *Philosophical Transactions* (Riccioli 1651, *pars post.*, pp. 399-404), (Galluzzi 1977, pp. 88-98), (Heilbron 1999, pp. 178-184), (Graney 2015, pp. 108-111); un secondo si sviluppa intorno alle enormi dimensioni che nell'ipotesi eliocentrica avrebbero dovuto esser attribuite alle stelle,⁴ mentre il terzo analizza le traiettorie delle palle di cannone esplose verso i quattro punti cardinali.⁵ Tali argomenti contro il moto della Terra e a favore di un modello geocentrico (ticonico e semi-ticonico) sono ritenuti conclusivi da Riccioli ed estensivamente illustrati nell'*Almagestum Novum*.

Il primo argomento, ripreso da Riccioli stesso nel 1665 nella *Astronomia Reformata*, è ricordato come “argomento fisico-matematico” e si può sinteticamente riassumere in questi termini. A seguito di una interpretazione – non corretta – del moto del grave in caduta quale risultato della combinazione tra il moto circolare uniforme della Terra supposta in moto e il moto perpendicolare accelerato, nel *Dialogo* richiamata da Galileo come “bizzarra”, pareva potersi concludere che l'ipotesi del moto diurno della Terra escludesse l'accelerazione del moto del grave durante la caduta. Ma l'accelerazione, oltre che dalla legge di Galileo, è attestata dall'esperienza, che dimostra più intensa la

² È nota la tesi di Delambre secondo la quale Riccioli poté leggere le opere di Galileo solo a patto di stendere la più articolata confutazione del sistema copernicano mai messa a punto nel corso del Seicento. Critiche successive mosse dagli storici non hanno comunque restituito una convincente immagine di un Riccioli profondamente anti-copernicano.

³ Nel Libro IX, sezione IV della *pars posterior* i 126 argomenti sono diffusamente trattati alle pp. 311-478; una sintesi delle 49 prove a favore del moto della Terra è al cap. 33, pp. 465-472, e un compendio di quelle contro tale moto al cap. 34, pp. 472-477 (Riccioli 1651, *pars post.*). Delambre (1821), tomo II, pp. 274-323.

⁴ Argomento n. 70 (Riccioli 1651, *pars post.*, p. 477).

⁵ Argomento n. 18 (Riccioli 1651, *pars post.*, p. 474). Le traiettorie delle palle di cannone erano già state individuate da Tycho Brahe, anche se in forma meno articolata e precisa, sul finire del XVI secolo quali prove a sostegno dell'immobilità della Terra.

“percossa” del grave che discende da altezza superiore. Dall’osservazione dell’accelerazione nel moto del grave Riccioli concludeva che la Terra è immobile (Galluzzi 1977, p. 92 e pp. 97-98). Molte obiezioni alle considerazioni presenti nel *Dialogo*, su cui riposava questo argomento, erano già state sollevate da Mersenne, Fermat, dallo stesso Galileo e da altri, ma Riccioli, incurante di ciò, si era dedicato a perfezionare questa prova con straordinaria determinazione. L’argomento fu diffusamente analizzato sia nella seconda metà del Seicento da numerosi astronomi con cui il gesuita diede l’avvio ad una vivacissima polemica,⁶ sia nel Novecento da molti storici della scienza (Koyré 1955, Galluzzi 1977, Borgato 2002a).

Il secondo argomento, che si avvale della valutazione, errata, del diametro apparente delle stelle fisse e delle dimensioni del loro orbe, ulteriormente incrementato dall’assenza di parallasse osservata superiore ai 10” d’arco – limite di sensibilità degli strumenti al tempo disponibili – conduceva ad attribuire alle stelle fisse dimensioni immense, ad esempio nel caso di Sirio tali da superare quelle dell’universo ticonico. Tutto ciò sarebbe dovuto apparire assurdo agli scienziati del tempo tanto da condurli, secondo Riccioli, a rigettare l’ipotesi eliocentrica sulla base di motivazioni puramente scientifiche.

Il terzo argomento trae le sue origini da considerazioni avanzate già da Tyco Brahe, e si sviluppa intorno alle traiettorie delle palle di cannone esplose verso i quattro punti cardinali; se la Terra fosse in moto la palla lanciata verso i poli vedrebbe la propria traiettoria deflessa verso est e la forza d’impatto con il bersaglio diminuire rispetto al caso delle palle lanciate verso ovest o est (Riccioli 1651, *pars post.*, pp. 426-427). Di recente questa “prova” ha condotto uno studioso, C. Graney, a individuare nell’astronomo ferrarese addirittura un precursore di Coriolis (Graney 2015, cap. 8).⁷ Sia il suo libro su Riccioli, sia le sue interpretazioni storiche alquanto discutibili compaiono su moltissime pagine del web. A suo avviso particolarmente convincenti sono, non solo per Riccioli, ma per ogni serio astronomo del ’600, sia l’argomento delle dimensioni delle stelle, sia la prova che si basa sull’analisi delle traiettorie delle palle di cannone. La tesi storiografica sostenuta è la seguente. I dati scientifici disponibili nel secolo di Galileo fornivano conferme ai sostenitori dell’astronomia tradizionale e smentivano gli esiti della proposta copernicana, pertanto era l’evidenza sperimentale, e non il principio di autorità, che parlava a favore dell’ipotesi geocentrica.

Mi sono dunque posta l’obiettivo di esaminare alcune pubblicazioni della seconda metà del ’600 per ricostruire quella che poteva esser stata l’accoglienza dei 126 argomenti da parte di alcuni *savants* gesuiti del tempo e ad un’analisi più approfondita queste “prove” a favore del geocentrismo non paiono poi così stringenti per gli astronomi secenteschi come vorrebbe lo studioso americano.⁸

⁶ Basti ricordare G.A. Borelli, S. degli Angeli, M. Manfredi, D. Zerilli che diedero alle stampe una decina di pubblicazioni sul tema (Galluzzi 1977).

⁷ Dove, tuttavia, sono affiancate argomentazioni che Riccioli colloca in capitoli diversi dell’*Almagestum Novum*.

⁸ La ricca disponibilità in rete dei testi originali in lingua latina e delle loro varie edizioni successive, grazie al lavoro prezioso di acquisizione digitale svolto in molte biblioteche europee o americane, rende, rispetto al secolo scorso, assai più accessibile la produzione scientifica secentesca. E conseguentemente ricerche quali la

3. I 126 argomenti e gli astronomi gesuiti

L'accoglienza delle argomentazioni di Riccioli nell'ambiente scientifico del tempo fu infatti diversificata; molti confratelli, astronomi o matematici, ebbero parole di stima e ammirazione per la gran mole di lavoro svolto dal ferrarese, mentre altri studiosi, più vicini a posizioni galileiane o operanti oltralpe, espressero aspre critiche. Qui mi limito ad illustrare le opinioni in merito alle prove dell'immobilità della Terra di alcuni esponenti di rilievo della Compagnia di Gesù che differenziano la loro posizione rispetto a quella sostenuta da Riccioli, pur lodandone la dedizione e l'impegno.

Un esponente di rilievo nel mondo scientifico religioso del tempo è Honoré Fabri, attivo in Francia nei Collegi di Lyon, Arles, Aix en Provence. Vicino a Gassendi e aperto a molte delle nuove idee scientifiche, egli insegna logica, astronomia, matematica, metafisica e filosofia naturale al Collegio della Trinité a Lyon tra il 1640 e il 1646, improntando il suo insegnamento ad una certa libertà didattica. I dissensi con confratelli del Collegio non si fanno attendere. Sul finire del 1646 Fabri è allontanato dall'insegnamento a Lyon, risiede per qualche mese a Fréjus, per raggiungere successivamente Roma ove ricoprirà l'incarico di penitenziere presso la Penitenzieria di San Pietro a Roma, e dove rimarrà, tranne brevi soggiorni in Italia ed Europa. Carla Palmerino scrive a proposito delle opinioni di Fabri, poco gradite ai suoi superiori:

Fabri was convinced of the superiority of mathematics over all other sciences and went so far as to postulate that it was necessary to apply the axiomatic method not only to physico-mathematical disciplines, but to all of philosophy» (Palmerino 2003, p. 193).

Qualche anno dopo egli affianca Eustachio Divini, astronomo e abile costruttore di lenti e telescopi, nella stesura di due testi redatti in lingua latina.⁹ Il primo appare nel 1660 e il successivo nel 1661. Entrambi sono inseriti in una lunga polemica con C. Huygens intorno agli anelli di Saturno, di cui Fabri negava l'esistenza, ipotizzando invece la presenza di alcuni satelliti. Nel testo del 1661 possiamo leggere:

dai vostri e da quei Corifei non una sola volta è stato chiesto se avessero qualche dimostrazione per sostenere il moto della Terra; mai osarono asserire ciò; nulla quindi impedisce che la Chiesa intenda quei passi in senso letterale, e che dichiarati che così debbano essere intesi, fintanto che il contrario non sia provato con una dimostrazione; e se eventualmente un giorno sarà da voi immaginata (cosa che a mala pena crederai), in questo caso in nessun modo si può dubitare che la Chiesa dichiari-

presente ne risultano assai facilitate, a patto, ovviamente, di padroneggiare adeguatamente oltre ai contenuti, anche la lingua latina, che Graney sembra non conoscere, per sua esplicita ammissione (Graney 2015, p. xiii).

⁹ Di ciò vi è traccia nelle lettere di Divini al Principe Leopoldo. Eustachio Divini al Principe Leopoldo, 10 luglio 1660: «sicché a lui [a Fabri] debbo tutto [ovvero la stesura dell'opera], non avendo io fatto professione delle lettere latine» (Fabroni 1775, vol. 2, p. 69).

rà che quei passi devono essere intesi in senso figurato ed improprio, come quel Poeta: “e terre e città si ritirano” (Divini [& Fabri] 1661, p. 49).¹⁰

Se la paternità del passo citato non può esser con sicurezza attribuita al solo Fabri, comunque il gesuita doveva condividere appieno il senso di quelle asserzioni! Non desta quindi stupore la posizione che nel suo *Dialogi Physici in quibus de motu Terrae disputatur*, pubblicato nel 1665, egli assume riguardo agli argomenti più cari a Riccioli a sostegno dell’immobilità della Terra. I personaggi dei suoi *Dialogi Physici* sono tre: Antimus rappresenta Fabri, Augustinus sostiene le tesi copernicane e Chrysomachus riveste il ruolo del filosofo scolastico richiamando quello delineato da Galileo nel suo *Dialogo* nelle vesti di Simplicio. Prudentemente senza nominar il gesuita nel *Dialogus Secundus* Fabri riprende la prova riferita al moto di caduta di un grave che avrebbe visto l’aumento di spazi percorsi nell’unità di tempo solo nel caso di una Terra in quiete. La analizza e ne dimostra la fallacia (Fabri 1665, p. 69). Nel medesimo testo Fabri affronta anche l’argomento delle palle di cannone esplose nelle diverse direzioni, pure in questo caso senza nominare l’illustre confratello. Antimus, ovvero l’autore, prega i suoi interlocutori di abbandonare, in quanto inutili paralogismi (Fabri 1665, p. 69), gli argomenti precedenti, ovvero quello fisico-matematico, per esaminarne altri che intendono dimostrare l’immobilità della Terra analizzando le traiettorie delle palle di cannone esplose verso nord. Queste, nel caso della Terra in moto, dovrebbero assumere una traiettoria obliqua raggiungendo l’obiettivo con minor forza, e poiché ciò non si osserva se ne dedurrebbe l’immobilità della Terra. Secondo Antimus anche in questo caso l’argomento è fallace, poiché, se la Terra fosse in moto, le palle esplose sarebbero soggette a due impeti, l’uno comune alle altre parti della Terra e l’altro diretto verso il polo. È facile dimostrare che i due moti sono indipendenti l’uno dall’altro come è chiaro nel caso del moto della nave; pertanto sia nel caso della Terra in moto, sia in quello della Terra immobile la traiettoria e la forza con cui è percorso il bersaglio sono le medesime. Non è dunque possibile utilizzare questo argomento per provare l’immobilità della Terra (Fabri 1665, p. 69).

Con esiti simili, ma con motivazioni ben differenti, si pronuncia un altro autorevole matematico del tempo, André Tacquet. Nato e formatosi in una delle capitali culturali del Seicento, Antwerp, insegna nei Collegi di Louvain e Antwerp e dà alle stampe alcune significative opere matematiche che hanno un notevole seguito grazie alla loro chiarezza e efficacia didattica. L’*Opera Mathematica*, il testo più noto, che raccoglie anche la sua *Astronomia*, è pubblicata postuma nel 1669.

Nella *Astronomia methodo scientifica octo libri a fundamentis explicata ac demonstrata*, primo libro compreso nella sua *Opera Mathematica*, Tacquet illustra le diverse ipotesi cosmologiche con grande cura, mettendo in evidenza gli aspetti validi e quelli problematici di ogni teoria proposta.¹¹ Nel capitolo in cui esamina i 126 argomenti di Riccioli, egli esprime tutte le sue perplessità riguardo alla prova che si avvarrebbe delle

¹⁰ È interessante notare che la medesima citazione da Virgilio (*Eneide*, Libro 3, v.72) era stata utilizzata da Tacquet qualche anno prima nella sua *Astronomia*, pubblicata postuma nel 1669 (Tacquet 1669, pp. 330-331).

¹¹ In Tacquet (1669) sono raccolti diversi scritti del gesuita fiammingo, che trattano astronomia, trigonometria sferica, geometria, ottica, fortificazioni; l’*Astronomia* è presente nel primo volume alle pp. 1-356.

dimensioni enormi riferite alle stelle fisse, utilizzando il medesimo argomento che Galileo pone in bocca a Salviati (Galilei 1929-1939, vol. 4, pp. 394-395), per controbattere l'obiezione di Simplicio all'ipotesi che assegna grandi dimensioni al firmamento:

Bisogna ammetter nondimeno che, allorché nulla si possa aggiungere, non ha molta forza questo argomento, secondo cui quella grandezza dei corpi celesti è dimostrata essere incredibile o assurda. Domandarsi per quale uso o fine masse tanto grandi sono create, è di poco conto; potendo essere innumerevoli gli scopi a noi sconosciuti che la mente eterna del Creatore ha considerato (Tacquet 1669, vol. 1, p. 329).

E per quanto riguarda la sezione *De aliis contra motum Terrae argumentis*, e in particolare le prove che Riccioli riteneva più convincenti, Tacquet dimostra che molti degli argomenti dell'*A.N.* a favore dell'immobilità della Terra sono in realtà dei paralogismi, o sono palesemente fallaci come quello della caduta dei gravi che egli analizza con cura e a proposito del quale conclude: «In una parola pertanto la fallacia della dimostrazione addotta è manifesta, cosa che qui si voleva mostrare» (Tacquet 1669, vol. 1, pp. 326-329, citazione a p. 329).

Già nelle pagine iniziali egli aveva evidenziato il suo approccio epistemologico al tema: la scienza, la sola scienza, non può stabilire se la Terra sia al centro del mondo o vi sia il Sole, essa può soltanto, con le varie teorie proposte, “salvare i fenomeni” (Tacquet 1669, vol. 1, p. 13). La quiete della Terra e il moto del Sole sono stati affermati con parole assai chiare dalle Scritture. I copernicani sostengono che esse parlino in senso gradito al popolo e secondo l'apparenza, allo stesso modo in cui il poeta scriveva «Ci allontaniamo dal porto e terre e città si ritirano», ma la Regola indiscutibile rivendicata dai santi Padri e dai Teologi tutti è dover interpretare i passi delle Scritture nel senso letterale loro proprio (Tacquet 1669, vol. 1, pp. 330-331. Cfr. Heilbron 1999, pp. 188-189).

Qualche anno dopo nei collegi di Clermont, Lyon, Chambéry insegna Claude François Milliet De Chales, un promettente matematico che aveva svolto anche attività missionaria in Turchia. Successivamente egli si trasferirà a Marsiglia, e concluderà la sua carriera all'Università di Torino. Il suo *Cursus seu mundus mathematicus* pubblicato in tre volumi a Lyon nel 1674 diventerà un best seller per l'insegnamento della matematica nei collegi della Compagnia di Gesù e anche in altri istituti superiori. Il talento del matematico e astronomo savoiardo è soprattutto didattico, ed è alla completezza e alla chiarezza della sua trattazione che è dovuta la fortuna del *Cursus*. Nel Tomo 3 egli riserva un'ampia sezione all'astronomia, ove affronta il tema dei *systemata terrae immotae* e quello del *systema terrae motae* (De Chales 1674, vol. 3, pp. 277-584). De Chales vi esamina le prove addotte e tra le altre critica quelle proposte da Riccioli, sempre lodando l'ingegnosità e la sapienza del confratello. Nel Libro VI, quando tratta delle Tavole dei moti dei tre pianeti superiori, precisa che:

Questa cosa [i problemi tecnici già menzionati] non sfuggì al Padre Riccioli che sebbene fosse certamente estraneo all'ipotesi copernicana, e l'avesse condannata in misura delle sue forze, tuttavia non poté predisporre nessuna tavola che concordasse mediocrementemente con le osservazioni, se non secondo il modello della terra in moto,

per quanto chiamasse singolari sostegni, e si fosse servito di epicicli variabili, e inclinati rispetto all'eclittica o in maniera diversa soggetti al continuo aumento o decremento, per cui nella sua *Astronomia Reformata*, in cui si era impegnato a fornire accuratissime tabelle dei moti celesti riferite a tutte le osservazioni, ricade nell'ipotesi della terra in moto: non perché affermi esser vera, ma perché ne fa uso in maniera di pura ipotesi, così come della più semplice, e nella sua semplicità di quella maggiormente congruente con i dati osservati (De Chales 1674, vol. 3, p. 516).

Infine, prudentemente, De Chales conclude che se è vero che quella copernicana è l'ipotesi più semplice e più facile a spiegare i fenomeni, ciò non è sufficiente a che noi l'abbracciamo, infatti l'incompatibilità che presenta con le Scritture, la interdice del tutto (De Chales 1674, vol. 3, pp. 289-290. Cfr. Heilbron 1999, pp. 189-190).

4. Conclusioni

Intorno alla metà del '600 i dati scientifici non confermavano con tutta evidenza i modelli geocentrici confutando la proposta copernicana. Il quadro è molto più complesso. Gli scienziati che operavano negli ordini religiosi dovevano accordare gli orientamenti della Chiesa in materia di fede con un mondo di fenomeni talora riluttante, e le soluzioni furono molteplici. Tacquet insegnò che non c'era evidenza fisica che opponeva l'ipotesi eliocentrica, la vera conoscenza era irraggiungibile e solo le Sacre Scritture potevano guidarci; De Chales che non c'era altra ipotesi altrettanto buona di quella copernicana, ma i testi divini l'interdicevano; Fabri che le obiezioni sorte dalle Sacre Scritture avrebbero potuto esser accantonate nel caso fossero emerse nuove evidenze a favore del moto terrestre.

I matematici dell'Ordine tenevano in gran conto queste opinioni. Fin dagli anni '60 molti tra loro non si occuparono più di confutare il copernicanesimo, insegnarono matematica e meccanica alla maniera di Galileo e diedero contributi alla geometria, all'astronomia d'osservazione e alla matematica applicata. Anche all'interno della Compagnia di Gesù, pur con tutte le cautele necessarie, molti *savants* utilizzarono sistematicamente il modello eliocentrico per effettuare calcoli e previsioni (Heilbron 1999, p. 191). Infine lo stesso Riccioli, pur non essendo segretamente un sostenitore di Copernico e aderendo ad una epistemologia tradizionale, sembra manifestare talvolta perplessità riguardo al modello geocentrico. Ashworth ha efficacemente osservato:

While most Catholics did genuinely believe that the Church was one of the twin pillars of the faith, they were willing to admit that the Church was occasionally wrong, or at least misguided. Such a tolerant attitude was denied [by] the Jesuits; for them the Church was never wrong, and its every pronouncement was to be accepted without question and defended without misgiving (Ashworth 1986, p. 159).

Molti furono dunque gli studiosi gesuiti che cercarono faticosamente di riconciliare i nuovi fenomeni osservati con una fede che ne contrastava adeguate interpretazioni teologiche, una fede a cui sinceramente aderivano. Il loro orientamento verso l'eclettismo, l'ipotesicismo e il probabilismo e la loro modesta propensione a svolgere indagini di

ampio respiro, se molto favorì l'efficacia dell'azione missionaria dell'Ordine, indica il loro sincero sforzo volto a riconciliare la fede con un mondo fenomenico riluttante (Ashworth 1986). Sembra dunque assai poco credibile la tesi sostenuta da Graney, e da coloro che in lui si riconoscono, che interpreta i dati scientifici disponibili nel secolo di Galileo quali conferme dell'astronomia tradizionale e confutazioni della proposta copernicana. Quand'anche si tralascino le argomentazioni degli studiosi che operavano al di fuori degli ordini religiosi, è sufficiente una lettura attenta dei testi originali a stampa degli studiosi gesuiti, in lingua latina, per rilevare l'insostenibilità della tesi che nella seconda metà del Seicento sia stata l'evidenza sperimentale, e non il principio di autorità, ad avvalorare l'ipotesi geocentrica.

Bibliografia

- Ashworth W.B. (1986). *Catholicism and Early Modern Science*, in Lindberg, Numbers (1986), pp.136-166.
- Auzout A. (1665). *Lettre à monsieur l'abbé Charles sur le Ragguaglio di due nuove osservazioni & c. da Giuseppe Campani*. Paris: Jean Cusson.
- Baillet A. (1691). *La vie de monsieur Des-Cartes*. Paris: Daniel Horthemels.
- Baldini U. (1992). *Legem impone subactis. Studi su filosofia e scienza dei gesuiti in Italia, 1540-1632*. Roma: Bulzoni.
- Baldini U. (1980). *L'attività scientifica nel primo Settecento*, in Micheli G. (a cura di), *Storia d'Italia. Annali 3. Scienza e tecnica nella cultura e nella società dal Rinascimento a oggi*. Torino: Einaudi, pp. 467-545.
- Battistini A. (2000). *Galileo e i gesuiti: miti letterari e retorica della scienza*. Milano: Vita e Pensiero.
- Bayle P., Chauffepié J.G. (1750). *Nouveau dictionnaire historique et critique, pour servir de supplement ou de continuation au Dictionnaire historique et critique de Mr. Pierre Bayle*, Tome 2. Amsterdam: chez Z. Chatelain.
- Bertoloni Meli D. (1998). "From Borelli's *Theoricae* to the *Saggi* of the Cimento". *The British Journal for the History of Science*, 31 (4), pp. 383-402.
- Biancani G. (1620). *Sphaera mundi, seu Cosmographia*. Bononiae: typis Sebastiani Bonomij.
- Blum P. (2012). *Studies on Early Modern Aristotelianism*. Leiden: Brill.
- Bonoli F. (2002). *Riccioli e gli strumenti dell'astronomia*, in Borgato (2002a), pp. 133-157.
- Borgato M.T. (a cura di) (2002a). *Giambattista Riccioli e il merito scientifico dei gesuiti nell'età barocca* (Atti del Convegno di studi, Ferrara e Bondeno, 15-16 ottobre 1998). Firenze: Olschki.
- Borgato M.T. (2002b). "Riccioli e la caduta dei gravi", in Borgato (2002a), pp. 79-118.
- Boschiero L. (2007). *Experiment and Natural Philosophy in Seventeenth-Century Tuscany: The History of the Accademia del Cimento*. Dordrecht: Springer.
- Bosmans H. (1927). "André Tacquet (S.J.) et son traité d'Arithmétique théorique et pratique". *Isis*, 9 (1), pp. 66-82.

- Brizzi G.P., Greci R. (a cura di) (2002). *Gesuiti e università in Europa, secoli XVI-XVIII* (Atti del Convegno di studi, Parma, 13-15 dicembre 2001). Bologna: CLUEB.
- Casanovas J. (2002). *Riccioli e l'astronomia dopo Keplero*, in Borgato (2002a), pp. 119-131.
- Costantini C. (1969). *Baliani e i Gesuiti*. Firenze: Giunti-G. Barbera.
- Dear P. (1995). *Mersenne's Suggestion. Cartesian Meditation and the Mathematical Model of Knowledge in the Seventeenth Century*, in Ariew R., Grene M. (eds.), *Descartes and His Contemporaries. Meditations, Objections, and Replies*. Chicago: University of Chicago Press, pp. 44-62.
- Delambre J.B. (1821). *Histoire de l'astronomie moderne*. Paris: Huzard-Courcier.
- De Lucca D. (2012). *Jesuits and Fortifications: The Contribution of the Jesuits to Military Architecture in the Baroque Age*. Leiden: Brill.
- De Chales Milliet C. F. (1674). *Cursus seu mundus mathematicus*. Lugduni: ex officina Anissoniana.
- Del Prete A. (2009). *Gli astronomi romani e i loro strumenti: Christiaan Huygens di fronte agli estimatori e detrattori romani delle osservazioni di Saturno (1655-1665)*, in Romano A. (ed.), *Rome et la science moderne*. Rome: Publications de l'École française de Rome, pp. 473-489.
- Dinis A. (2003). *Giovanni Battista Riccioli and the Science of His Time*, in Feingold (2003a), pp. 195-224.
- Dinis A. (2002). *Was Riccioli a Secret Copernican?*, in Borgato (2002a), pp. 49-77.
- Dinis A., Balsas A., Batista R.B. (eds) (2017). *A Jesuit Against Galileo? The Strange Case of Giovanni Battista Riccioli Cosmology*. Braga: Axioma – Publicações da Faculdade Filosofia.
- Di Teodoro E., Bedogni R., Bonoli F. (2010). "I primi esperimenti sulla caduta dei gravi: Galileo e Riccioli". *Giornale di Astronomia*, 36, pp. 32-40.
- Divini E. [& Fabri H.] (1661). *Eustachius de Divinis Septempedanus pro sua annotatione in systema Saturnium*. Romae: typis Dragonellianis.
- Divini E. [& Fabri H.] (1660). *Brevis annotatio in systema Saturnium*. Romae: Ex typographia Iacobi Dragonelli.
- Elazar M. (2011). *Honoré Fabri and the Concept of Impetus. A Bridge between Conceptual Frameworks*. Dordrecht: Springer.
- Fabri H. (1674). *Honorati Fabri Societatis Jesu ad P. Ignatium Gastonem Pardesium ejusdem Societatis Jesu Epistolae tres de sua hypothesi philosophica*. Moguntiae: apud Joan. Petrum Zubrodt, ex typographeio Christophori Kûchleri.
- Fabri H. (1665). *Dialogi physici, in quibus de motu terra disputatur, marini aestus nova causa proponitur*. Lugduni; sumptibus Christophori Fourmy.
- Fabri H. (1646). *Philosophiae tomus primus: qui complectitur scientiarum methodum sex libris explicatam*. Lugduni: sumptibus Joannis Champion.
- Fabroni A. (1775). *Lettere inedite di uomini illustri*, vol. 2. Firenze: Stamperia di Francesco Moücke.
- Feingold M. (ed.) (2003a). *Jesuit Science and the Republic of Letters*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Feingold M. (ed.) (2003b). *The New Science and the Jesuit Science: Seventeenth Century Perspectives*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Feingold M. (2003c). *Jesuits: Savants*, in Feingold (2003a), pp. 1-46.
- Feldhay R. (1999). *The Cultural Field of Jesuit Science*, in O'Malley (1999), pp. 107-130.
- Feldhay R. (1995). *Galileo and the Church. Political Inquisition or Critical Dialogue?* Cambridge MA: Cambridge University Press.
- Finocchiaro M.A. (2007). *Retrying Galileo, 1633-1992*. Berkeley: University of California Press.
- Galilei G. (1929-1939). *Le opere. Ristampa dell'ed. nazionale sotto l'alto patronato di S. M. il Re d'Italia e di S. E. Benito Mussolini*. Firenze: G. Barbera.
- Galluzzi P. (1977). "Galileo contro Copernico. Il dibattito sulla prova galileiana di G.B. Riccioli contro il moto della terra alla luce di nuovi documenti". *Annali dell'Istituto e Museo di storia della scienza di Firenze*, 2 (2), pp. 87-148.
- Gambaro I. (2016). "Giovanni Battista Riccioli, infaticabile astronomo, e la censura romana". *Giornale di astronomia*, 42 (3), pp. 46-51.
- Gambaro I. (1989). *Astronomia e tecniche di ricerca nelle lettere di G.B. Riccioli ad A. Kircher*. Genova: Università degli Studi di Genova (Quaderni del Centro di Studio sulla Storia della Tecnica del CNR, n. 15).
- Gambaro I. (1982). *Alcuni aspetti della produzione scientifica di G.B. Riccioli, astronomo gesuita, in riferimento all'ambiente culturale del Seicento italiano*, in Bevilacqua F., Russo A. (a cura di), *Atti del 3. Congresso nazionale di Storia della Fisica. Palermo, 11-16 ottobre 1982*. Milano: Gruppo Nazionale di Coordinamento per la Storia della Fisica del CNR, pp. 50-62.
- Gorman M.J. (1999). *The Scientific Counter-Revolution. Mathematics, Natural Philosophy and Experimentalism in Jesuit Culture 1580-c.1670* (PhD thesis). European University Institute (FI).
- Graney C.M. (2016). "The Coriolis Effect Further Described in the Seventeenth Century" [online]. URL: <<https://arxiv.org/abs/1611.07912>> [data di accesso: 15/01/2018].
- Graney C.M. (2015). *Setting Aside All Authority. Giovanni Battista Riccioli and the Science against Copernicus in the Age of Galileo*. Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- Graney C.M. (2011). "Coriolis Effect, Two Centuries before Coriolis". *Physics Today*, 64 (8), pp. 8-9.
- Heilbron J.L. (1999). *The Sun in the Church. Cathedrals as Solar Observatories*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Heilbron J.L. (1979). *Electricity in the 17th and 18th Centuries. A Study of Early Modern Physics*. Berkeley: University of California Press.
- Koyré A. (1955). "A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton". *Transactions of the American Philosophical Society*, new series, 45 (4), pp. 329-396.
- Lindberg D.C., Numbers R.L. (eds) (1986). *God and Nature. Historical Essays on the Encounter between Christianity and Science*. Berkeley: University of California Press.

- O'Malley J.W.O., Bailey G.A., Harris S.J., Kennedy T.F. (eds) (2006). *The Jesuits II. Cultures, Sciences, and the Arts, 1540-1773*. Toronto: University of Toronto Press.
- O'Malley J.W.O., Bailey G.A., Harris S.J., Kennedy T.F. (eds) (1999). *The Jesuits. Cultures, Sciences, and the Arts, 1540-1773*. Toronto: University of Toronto Press.
- Mancosu P. (1996). *Philosophy of Mathematics and Mathematical Practice in the Seventeenth Century*. New York: Oxford University Press.
- Palmerino C.R. (2003). *Two Jesuit Responses to Galilei's Science of Motion: Honoré Fabri and Pierre Le Cazre*, in Feingold (2003b), pp. 187-227.
- Nardi A. (1999). "Un galileiano eccentrico. Il gesuita François Milliet Dechaes tra Galileo e Newton". *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 49 (142), pp. 32-74.
- Riccioli G.B. (1669). *Apologia R.P. Io. Bapt. Riccioli Societatis Iesu pro argumento physicomathematico contra systema Copernicanum*. Venetij: apud Franciscum Salerni, & Ioannem Cagnolini.
- Riccioli G.B. (1665). *Astronomia reformata ad serenissimum D. Ferdinandum Mariam Bauariae etc. ducem*. Bononiae: Ex typographia haeredis Victorij Benatij.
- Riccioli G.B. (1651). *Almagestum novum astronomiam veterem nouamque [...] in tres tomos distributam*. Bononiae: Ex typographia haeredis Victorij Benatij.
- Romano A. (1999). *La Contre-Réforme mathématique. Constitution et diffusion d'une culture mathématique jésuite à la Renaissance (1540-1640)*. Rome: École française de Rome.
- Roux S. (2005). *La philosophie naturelle d'Honoré Fabri (1607-1688)*, in Fouilloux E., Hours B. (eds.), *Les Jésuites à Lyon*. Lyon: Presses de l'ENS-LSH, pp. 75-94.
- Sommervogel C. (1890-1932). *Bibliothèque de la Compagnie de Jésus*, 12 vols. Bruxelles: Oscar Schepens, Paris: Alphonse Picard.
- Tacquet A. (1669). *Opera Mathematica*, 2 vols. Antuerpiae: apud Iacobum Meursium.
- Tannery P., Waard (de), C., Rochot B. (eds.) (1932-1988). *Correspondance du P. Marin Mersenne religieux Minime*, 17 vols. Paris: G. Beauchesne et CNRS.
- Van Helden, A. (1970). "Eustachio Divini versus Christian Huygens. A reappraisal". *Physis*, 12, pp. 36-50.
- Vanpaemel G.H.W. (2003). *Jesuit Science in the Spanish Netherlands*, in Feingold (2003a), pp. 389-432.
- Vasconi, P. (a cura di) (2015). *Cristoforo Clavio e la cultura scientifica del suo tempo* (Atti del Convegno di studi, Roma, Liceo "Ennio Quirino Visconti", 18 ottobre 2012). Roma: Gangemi.
- Waddell M.A. (2015). *Jesuit Science and the End of Nature's Secrets*. Burlington, VT: Ashgate.
- Westman R.S. (1994). "A second look at Kuhn's *The Copernican Revolution*", *Isis*, 85 (1), pp. 79-115.

Della Porta, Colonna e Fontana e le prime osservazioni astronomiche a Napoli

Mauro Gargano – INAF – Osservatorio Astronomico di Capodimonte –
mauro.gargano@inaf.it

Abstract: Giovan Battista Della Porta is known for his idea of experimental science, Fabio Colonna is well-known for his botanical studies, and Francesco Fontana for his powerful telescopes and the exact observations of the Moon and planets. All three interested in astronomy. But when and what was observed in Naples for the first time with a telescope? And by whom? This communication, based on the correspondence of the protagonists, wants to contribute to retrace the events of the first Neapolitan astronomical observations.

Keywords: Astronomy, Telescopes, Observations, Giovanni Battista Della Porta, Fabio Colonna, Francesco Fontana.

1. Il cannocchiale di Galileo

«El S.^r Galileo de i Galilieggi, vero arecoltore delle smatemateghe, e slenzaore in lo Bo de Pava à gi scuclari della so prefission» è l'intestazione di una dedicatoria in dialetto pavano scritta nel marzo 1608 dal gioviale poeta e pittore padovano Giuseppe Gagliardi (Firenze, Biblioteca Nazionale Centrale (FBNC), Manoscritti Galileiani (Mss. Gal.), Gagliardi 1608, P. I, T. III, cc. 68-82). In quest'epoca il "Coltivatore" Galilei è senza dubbio un raffinato professore dell'Università di Padova e un eccellente costruttore di strumenti matematici. Lo scienziato di Pisa comincia a praticare l'astronomia con l'esplosione "de stella nova in pede serpentari" verso la fine dell'ottobre 1604. Questo straordinario evento, il secondo in pochi anni dopo la supernova del 1572 osservata da Tycho Brahe, segna l'inizio del grande interesse verso lo studio del cosmo dello studioso toscano, che aveva «abbracciato l'opinione di Copernico già da molti anni» (Vienna, Biblioteca Nazionale Austriaca, Cod. 10702, Galilei 1597, car. 62), trasformando l'antica scienza del cielo nella nuova astronomia.

Le vicende della realizzazione del primo cannocchiale sono raccontate dallo stesso Galilei in una lettera a suo cognato Benedetto Landucci (1569-?) scritta quattro giorni dopo aver presentato il suo "occhiale" al Doge e al Senato della Serenissima:

Doppo che ricevei il vino mandatomi da voi non vi ho più scritto [...] Dovete dunque sapere come sono circa a 2 mesi che qua fu sparsa fama che in Fiandra era stato presentato al Conte Maurizio un occhiale fabbricato con tale artificio che le cose molto lontane le faceva vedere come vicinissime [...] parendomi che dovessi havere fondamento su la scientia di prospettiva, mi messi a pensare sopra la sua fabbrica, la quale finalm. ritrovai, e cosi perfettam. che uno che ne ho fabbricato,

supera di assai la fama di quello di Fiandra (FBNC, Mss. Gal., Galilei 1609, P. VI, T. VI, car. 17).

Già dal luglio di quell'anno a Padova e Venezia circola la notizia del nuovo occhiale d'Olanda, ma Paolo Sarpi (1552-1623) lo reputa di scarso interesse e di poca utilità:

In Italia, non habbiamo cosa nuova, solo è comparso quello occhiale che fa vedere le cose lontane, il quale io ammiro molto per la bellezza dell'invention e per la dignità dell'arte ma per uso della guerra (né in terra, né in mare), io non lo stimo niente (Roma, Archivio Segreto Vaticano, "Fondo Borghese II", Sarpi 1609, 451).

Dell'invenzione ovvero dell'uso di lenti per ingrandire gli oggetti lontani la letteratura propone molti esempi illustri. Forse il più antico testo che descrive gli effetti di ingrandimento delle "visione rifratta" è l'*Opus Majus* di Ruggero Bacon, scritto nel 1267, nel quale il filosofo e scienziato inglese dice che con opportune lenti si possono vedere «da un'incredibile distanza [...] il Sole, la Luna e le stelle» (Bacone 1733, p. 357). Lo stesso Leonardo da Vinci nei suoi studi sull'ottica ragiona intorno ad alcuni apparati che permettono «da vedere la Luna grande» (Milano, Biblioteca Ambrosiana, Leonardo da Vinci, fol. 518r) e analogamente fa Girolamo Fracastoro nell'*Homocentrica* (Fracastoro 1538, p. 58).

Il primo documento che attesta l'uso di un cannocchiale è il rapporto al principe Maurizio di Nassau (1567-1625), statolder degli Stati Generali dell'Aia, per la visita della delegazione diplomatica del Siam giunta all'Aia con il vascello l'Orange dell'ammiraglio Cornelis Matelief (1570-1632) (Renneville 1725, p. 243). Alla presenza del generale genovese Ambrogio Spinola Doria (1569-1630) l'ottico Hans Lippershey (1570-1619) mostra come il tubo ottico di sua costruzione permetta di vedere ravvicinati oggetti lontani fino a 12-16 chilometri.¹ A metà settembre 1608, Lippershey presenta la richiesta di brevetto² per i suoi occhiali e quindici giorni più tardi Jacob Metius (1571-1628) fa altrettanto (L'Aja, Archivio Nazionale dei Paesi Bassi, Mss. Staten-Generaal, f. 169r; ivi, f. 178v). La notizia e i nuovi dispositivi si diffondono rapidamente in tutta Europa. Nell'aprile 1609 *Le Mercure françois* e il *Journal du regne de Henry IV* descrivono l'entusiasmo dei parigini per i vetri olandesi che «consentono di vedere distintamente gli oggetti lontani» (L'Etoile P. de 1741, p. 513; *Le Mercure François* 1611, 338v-339r). Il cannocchiale diventa un elemento di distinzione degli uomini illustri anche nei dipinti dell'epoca: il generale Spinola alla fortezza di Breda nel dipinto di Velasquez (1624ca.), o l'arciduca Alberto VII d'Asburgo nel dipinto di Bruegel il vecchio (1609ca.); appare come uno status symbol da ostentare come ne *L'allegoria della visione* di Bruegel (1617) e di Rubens (1617), o un "divertissement" da giardino. Anche la prima osservazione astronomica fatta da Thomas Harriot (1560-1621) sembra più un appunto di diario per ricordare una serata vis-à-vis con "la faccia argentea della bella Cinzia" (Capocci 1857, p. 11), che come un dato scientifico da studiare. Nella residenza londinese del conte di Northumberland, il prolifico matematico e accorto astronomo, che nel 1607 osserva e studia la cometa di Halley, entra in possesso di un tubo ottico e il 26 luglio 1609 osserva

¹ *Ambassades du Roy de Siam envoyé a l'excellence du Prince Maurice, arrivé à la Haye le 10. September 1608*, 1608.

² È del 25 settembre 1608 la lettera di raccomandazione delle autorità dello Zeeland agli stati Generali dei Paesi Bassi per rilasciare il brevetto all'invenzione di Lippershey (Zuidervaart 2010, p. 11).

la Luna facendone un piccolo ritratto. Il disegno, seppure interessante per comprendere le reali capacità delle lenti, mostra il terminatore e i contorni dei crateri principali alquanto incerti. Saranno le osservazioni di Galilei fatte nelle ultime settimane del 1609 a mostrare il vero volto della Luna, le irregolarità della superficie, i crateri, le montagne e le valli:

Ma lasciate le [osservazioni] terrestri, mi volsi alle speculazioni del cielo; e primamente vidi la Luna così vicina come distasse appena due raggi terrestri. Dopo questa, con incredibile godimento dell'animo, osservai più volte le stelle sia fisse che erranti; e poiché le vidi assai fitte, cominciai a studiare il modo con cui potessi misurare le loro distanze, e finalmente lo trovai (Galilei 1610, 6r-v).

Le osservazioni di Galileo non hanno nulla di fenomenico ma si rivolgono da subito, con incredibile godimento dell'anima, "ad Coelestium speculationem". Galilei analizza i dati osservativi, studia gli aspetti fisici e perfeziona le modalità di indagine. Nasce il metodo scientifico applicato all'analisi del cosmo. Nasce l'astronomia moderna.

2. I primi passi dell'astronomia osservativa a Napoli

Chi ha inventato il cannocchiale? Galileo, Lippershey, o come scrive van Helden: il telescopio è stato inventato *ex nihilo* (Van Helden 1977, p. 24). Da Napoli, Giovanni Battista Della Porta e Francesco Fontana avanzano la paternità nell'aver pensato e costruito i primi telescopi. La città della sirena Parthenope aveva un terreno fertile per incentivare e sviluppare tali slanci scientifici e tecnologici? Per tutto il XVI e XVII secolo Napoli e il suo Regno sono stati sotto il controllo vicereale di Austria e Spagna e il tessuto culturale e accademico è stato condizionato dal dominio imperiale, trasformando la "Napoli gentile" nella "Napoli fedelissima", come ha definito questo mutamento lo storico Giuseppe Galasso in un'acuta analisi di quell'epoca (Galasso 1996, pp. 47-121). La dottrina scolastica è il faro del dibattito culturale, ivi compreso quello scientifico. La tradizione delle grandi accademie di Giovanni Pontano e Jacopo Sannazaro appare offuscata da alcuni conciliaboli di erudizione più inclini alle "vane dicerie pompose" che alle "lettioni utili e ricche" (Napoli, Biblioteca Nazionale (NBN), Cesi 1616, ms. XII.E.4). Il terreno fertile per promuovere anche a Napoli un dibattito scientifico al pari del resto d'Europa lo si trova, invece, nei circoli e nelle accademie "private" come quella degli Oziosi di Giovan Battista Manso (1567-1645), dei Secreti di Della Porta e dei Lincei.

Tra i personaggi che animano queste assemblee, uomini come Giovanni Battista Della Porta, Fabio Colonna, Ferrante Imperato, Marco Aurelio Severino e Niccolò Stelliola hanno una caratura tale da valicare i confini napoletani, ponendosi come sicuri interlocutori nell'ambito delle scienze fisiche, mediche e botaniche. All'autorevolezza di questi scienziati si aggiunge la figura di Francesco Fontana che con il telescopio di sua costruzione e le sue osservazioni attirerà l'attenzione di gran parte degli astronomi del tempo.

Giovanni Battista Della Porta (1535-1615) è certamente lo scienziato che più di tutti ha investigato «con l'ale velocissime della mente» (Crasso 1996, p. 170) molteplici aspetti della fisica naturale: alchimia, astrologia, fisiognomica e ottica. Nel suo più noto

volume, il *Magiae Naturalis*, pubblicato nel 1558 e poi nel 1589,³ Della Porta approfondisce i suoi studi di ottica analizzando la diversa configurazione delle lenti concave e convesse, che – esorta lo scienziato – «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).

Non sappiamo se Della Porta abbia avuto tra le mani il tubo d'Olanda, ma alla notizia del cannocchiale di Galileo, scrive a Federico Cesi ricordandogli che il “segreto dell'occhiale” si richiama alla sua intuizione di combinare due diverse “lenticchie” per ottenere un grande vantaggio nell'osservazione telescopica. Riconosce, però, a Galileo di aver perfezionato lo strumento per ottenerne risultati meravigliosi:

l'invenzione dell'occhiale in quel tubo è stata mia invenzione, e Galileo lettore 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 (Roma, Biblioteca dell'Accademia Nazionale dei Lincei e Corsiniana (RBANLC), Ms. Archivio Linceo (Ms. Arch. Linc.) 12, Della Porta s.d.).

La posizione di Della Porta sembra accontentare tutti. In realtà è Giovan Battista Manso che confida a Paolo Beni (1552-1625), lettore a Padova, come «il S.^r Galileo per aver ridotta a tanta perfezione l'invention de gli occhiali [...] ha recata non picciola gelosia al nostro S.^r Porta» (FBNC, Mss. Gal., P. VI, T. XIV, car. 84-87). Anche Keplero nella *Disseratio cum nuncio sidereo*, confermando la validità delle scoperte galileane, non manca di sottolineare il suo pensiero sulla diatriba:

A molti sembra incredibile la realizzazione di un *perspicillo* tanto efficace, invece non è né impossibile né nuova, né è comparsa soltanto ora per opera degli Olandesi, ma già da molto tempo fu mostrata da Giovan Battista della Porta nel cap. X, Sulle proprietà della lente cristallina, nel libro XVII del *Magiae Naturalis* (FBNC, Mss. Gal., Keplero 1610, P. III, T. VII, 1, car. 7-22).

La contesa sembra chiudersi definitivamente con la pubblicazione de *Il Saggiatore* nel 1623. Questo testo è preceduto da un'ode poetica “Ad Galilæum Galilæi” di Johann Faber (1574-1629), lo scienziato tedesco che nel 1608 soggiorna per alcuni mesi a Napoli, il cui incipit recita: «Della Porta ha il primato, i tedeschi sono secondi, ma tu, Galileo, risplendi davanti a tutti». Sarà poi un altro incipit, qualche anno più tardi, a riaprire la querelle: quello del napoletano Francesco Fontana che nel *Novæ Cælestium terrestriumque observationes* afferma di aver costruito un telescopio già nel 1608.

Nel corso dei suoi studi Francesco Fontana, il giurista napoletano appassionato di astronomia e di tecnologia astronomica, realizza una lunga serie di osservazioni della Luna, componendo il primo “atlante” selenografico, e dei pianeti, scorgendo la rotazione di Marte, disegnando i “rigli” dell'atmosfera di Giove e ipotizzando la struttura degli anelli di Saturno (Molaro 2017). Ma da quando Fontana comincia le sue speculazioni? Con quali strumenti e da dove osserva? Le vicende biografiche di Francesco Fontana sono molto frammentarie, a partire dalla data di nascita che, affidandosi al ritratto

³ La prima edizione del 1558, scritta da Della Porta a soli quindi anni, fu messa all'indice dall'Inquisizione spagnola; il volume del 1589, rivisto e aumentato, fornisce una rappresentazione esauriente dell'attività sperimentale dello scienziato napoletano (Valente 1999, pp. 415-434).

pubblicato nel suo volume, dovrebbe essere tra il 1585 e il 1589.⁴ Il Crasso, invece, ci informa che muore insieme a tutta la famiglia nel luglio del 1656 a causa dell'epidemia di peste che infesta Napoli (Crasso 1666, pp. 296-300). Ancora più oscura appare la notizia su dove abiti e compia le sue osservazioni. A tal riguardo un "accuratissimo ragguaglio" sui danni prodotti dal terremoto del 1688 scritto da Antonio Bulifon ci dà un'importante informazione:

In san Biagio dei Librari cadde parte della gradiata del fu insigne nostro matematico Francesco Fontana, la qual era di gradini 121 e diede sopra il Palagio del Duca di Marzano, dove furono oppressi due cavalli. All'incontro cadde l'Appartamento superiore d'un altro Palagio del fu Dottor Luigi Caracciolo (Bulifon 1698, p. 80).

Quindi Fontana vive nel cuore storico di Napoli, nel decumano inferiore, non lontano dal Collegio Massimo dei gesuiti dove Gerolamo Sirsale (1584-1654) insegna teologia. Questi testimonianze di aver visto un microscopio costruito da Fontana nel 1625 - più avanti approfondiremo questo aspetto - mentre i professori di matematica del Collegio, Giovanni Giacomo Staserio (1565-1635), allievo di Clavio, e Giovan Battista Zupi (1590-1650), affermano di aver osservato in casa di Fontana nel 1614 con un telescopio composto da due lenti convesse «non sine utriusque admiratione, & delectatione» (Fontana 1646, p. 5). Zupi attesta che Fontana abbia raggiunto tanta perfezione dopo molti anni di studio e di pertinace lavoro, ma indica di aver consigliato, insieme al suo confratello, l'uso di due lenti convesse. Fontana invece sostiene di aver montato un telescopio a doppia lente convessa già nel 1608 e che Keplero sia pervenuto alla stessa ipotesi ottica in modo indipendente non conoscendo ciascuno i reciproci studi in corso (Fontana 1646, p. 20). La prima osservazione nota di Fontana è solo del 31 ottobre 1629. La Luna che disegna è ricca di dettagli ben analizzati nel lavoro di Molaro. La fama degli occhiali "esquisitissimi" e delle osservazioni "del Napoletano" comincia a diffondersi solo dal 1637. Una lettera di quell'anno di Benedetto Castelli (1578-1643) a Galilei testimonia che a Roma già circolavano gli occhiali napoletani (FBNC, Mss. Gal., Castelli 1637, P. I, T. XI, car. 291) e Raffaello Magiotti (1597-1656) asserisce che «il cristallo [...] dà grandissimo gusto intorno alle Stelle Medicee». Agli scettici Magiotti suggerisce una forte terapia a base di elleboro (FBNC, Mss. Gal., Magiotti 1937, P. VI, T. XIII, car. 14). In una lettera del 1638 a Vincenzo de' Medici, agente del Granducato a Napoli, è lo stesso Fontana a raccontare che «a qualsivoglia vetro dò perfettamente la forma spherica», che «l'arte di polire i vetri [...] non è stata mai mia professione, dal che è nato, che tutti i vetri da me composti, siano signiati»; inoltre dice di averne regalati «uno alla felice mem.^a del Duca d'Alcalá, un'altro al Em. Cardinal Buoncompagno, et l'altro all'Ill.mo mo.^f Nuntio di Sua S.^{ta} Regnante»⁵ e di averne «venduti, alcuni ad un Padre Gesuita Ger.^o Sersale [e] al Riv.^{mo} Pre D. Benedetto Castelli» (Firenze, Museo Galileo, Fotografie Bazzeschi, Fontana 1638). Nell'ottobre del 1639 "il Napoletano"

⁴ La legenda del ritratto recita: Francesco Fontana napoletano, inventore del nuovo tubo ottico astronomico nell'anno 1608, "Ætatis Suae" 61 ma potrebbe leggersi anche 19. Escludendo che nel 1608 Fontana potesse avere 61 anni, se l'età si riferisce all'anno 1608 si deve leggere 19 e quindi egli è nato nel 1589. Se invece la data si riferisce all'anno di pubblicazione dell'opera, il 1646, allora deve leggersi 61 e quindi Fontana sarebbe nato nel 1585. Come chiosa il Crasso: "oscuro Fato d'un Uomo illustre".

⁵ Si tratta di: Fernando Enriquez d'Afán de Ribera (1583-1637), duca di Alcalá e viceré di Napoli dal 1629 al 1631; Francesco III Boncompagni (1592-1641), arcivescovo metropolitano di Napoli dal 1623 al 1641; e Niccolò Enriquez de Herrera, nunzio apostolico a Napoli dal 1630 al 1639.

invia al Gran Duca di Toscana «un convesso de 22 palmi ch'avanza di gran' lunga ogn'altro» e per testimoniare la bontà delle sue lenti allega alla lettera un disegno di Giove con ben tracciate le bande orizzontali della sua atmosfera: «questi rigghi, che si veggano in Giove è cosa nova, da niuno ancora osservata» (Firenze, Archivio di Stato, Miscellanea Medicea, Fontana 1639, f. 1). Infine Giovanni Camillo Gloriosi (1572-1643), successore di Galileo alla cattedra di Padova, in una lettera ad Antonio Santini magnifica il telescopio napoletano con il quale «si vedono gl'oggetti chiari, e vicinissimi, mà sibene alla riversa, per le cose del cielo è mirabile, et massime per la luna, che la fa tanto vicina che si può dire, che si tocchi con la mano» (FBNC, Mss. Gal., Gloriosi 1638, Gal. 95, cc.75v, 78r). In una successiva missiva Gloriosi invia il disegno di Saturno che appare ora “ovato” ora circolare per la “diversa positura del sole” e che il “vacuo” tra le anse “è cielo” (FBNC, Mss. Gal., Gloriosi 1638, Gal. 95, cc. 82r).

Della questione di Fontana inventore del telescopio la corrispondenza nota non risolve la faccenda. Torricelli però, in una lettera del 1644, soddisfatto per aver egli stesso realizzato un'occhiale paragonabile a “quel perfittis.^{mo} del G.Duca fatto dal Fontana”, riferisce che la sua lente è “il meglio che sia stato fatto tra mille vetri nello spazio di 30 anni dal Fontana” (FBNC, Mss. Gal., Torricelli 1644, 150, car. 36r-v). Questa precisazione implicita di Torricelli induce a pensare che “il Napoletano” realizzi telescopi almeno dal 1614. Della qualità “circa i telescopij del Fontana di Napoli e delle novità” è lo stesso Galilei a sottolineare che

quanto al ingrandire gli oggetti, più de gli altri Telescopij nostrali, e più corti, è verissimo: e circa al ingrandire la Luna, e mostrarla maggiore del mercato di Napoli, questo è un parlare del Volgo, argomento della poca intelligenza del Napolitano artefice [...] non e già, che vi si scorgano cose nuove, e differenti dalle prime scoperte da me, e poi riconosciute da molti altri (FBNC, Mss. Gal., Galileo 1639, P. VI, T. VI, car. 97b.-97d).

La diffusione dei telescopi napoletani ha una grande eco al pari della diffidenza sulla reale efficacia delle lenti realizzate da Francesco Fontana. Lo scienziato bolognese Carlo Antonio Manzini (1600-1677), allievo di Magini e in contatto con i più illustri scienziati bolognesi come Marsili e Riccioli, effettua una lunga serie di osservazioni astronomiche con strumenti di primissima qualità come quelli di Torricelli, Divini e Fontana. Nel 1641 Manzini decide di recarsi nella “metropoli delle buone Arti” per incontrare Fontana e ottenere ragguagli “dell'Arte mirabile Dioptrica pratica”. Nel proemio del suo volume “L'occhiale all'occhio”, pubblicato nel 1660 quattro anni dopo la morte di Fontana, Manzini si rammarica della perdita dei “meravigliosi segreti” ideati a Napoli e descrive il telescopio napoletano come “una Tromba terminata da due, benchè fragili Cristalli” che egli usa per la prima volta a Modena nel giardino del palazzo ducale di Francesco I d'Este (Bellé 2009).

3. Le osservazioni al telescopio di Colonna e Della Porta

In via della Maschera d'oro, nel palazzo Cesi-Gaddi, Federico Cesi fonda il 17 agosto 1603 l'Accademia dei Lincei insieme ad altri tre giovani coetanei: lo scienziato Francesco Stelluti (1577-1653), il medico Johannes van Heeck (1574-1616) e l'astronomo Anastasio

de Filiis (1577-1608), con lo scopo di eguagliare lo sguardo della lince nell'osservazione dei fenomeni naturali. Il progetto di Cesi prevede la costituzione di sedi lincee in tutta Europa. L'unica sede che però riesce a formarsi sarà il "Linceo Napoletano" legato alla figura di Della Porta, ascrivito a socio dell'Accademia l'8 luglio 1610. Il sodalizio tra il giovane "Principe Lynceo" e l'anziano scienziato napoletano, che ha gran fama in tutta Europa, è fruttuoso sia per Cesi che vede crescere di importanza la sua istituzione sia per Della Porta che per l'influenza di Cesi presso i censori romani riesce a veder pubblicati con maggiore sollecitudine i volumi: *De Aeris transmutationibus* (1608), *Elementorum curvilinearum* (1610), *De Distillazione* (1610), tutti dedicati a Federico Cesi.

Nel 1612 Della Porta istituisce la colonia napoletana dei Lincei avanzando la richiesta di fondi per dare all'Accademia una sede adeguata. Il palazzo alla riviera di Chiaia verrà poi acquistato da un alto dignitario della corte partenopea. Della Porta indica anche una lista di uomini «exquitisissimi, che di filosofi, e medici et huomini ordinarij, ne son piene tutte le stalle di napoli» (RBANLC, Ms. Arch. Linc. 12, Della Porta 1612). I soci proposti sono il matematico Nicola Antonio Stelliola, il naturalista Fabio Colonna, Filesio Costanzo, giovane nipote di Della Porta, e l'orientalista Diego de Urrea.

Fabio Colonna è tra i più stretti collaboratori di Della Porta il quale riesce a produrre nuovi progressi scientifici e tecnologici fino a poco prima della sua morte avvenuta il 4 febbraio 1615, con grande soddisfazione di Cesi che se ne rallegra con Galilei: «l'acuto et indefesso ingegno del S.^r Porta nostro, in così decrepita età, non cessa di fatigare e specular, e in molte cose restarà a mettere in pratica» (FBNC, Mss. Gal., Cesi 1613, P. VI, T. IX, car. 62, 63a e 63b).

Nipote del cardinale Pompeo, Fabio Colonna è un avvocato "per l'esigenza del vivere". Diventa amico di Ferrante Imperato e assiduo frequentatore del giardino di Giovanni Vincenzo Spinelli, ma più in generale Fabio Colonna è interessato a ogni tipo di investigazione della natura senza essere "schiavi ne d'Aristotele ne d'altro Filosofo", in piena sintonia con la concezione unitaria della natura di Della Porta e con le metodologie scientifiche seguite da Cesi e da Galilei per «conseguire pienissima intelligenza delle scienze [...] dopo le osservazioni, et esperimenti [...] ma anco una propagation delle scienze, una communicatione, e perpetuatione a pubblico utile della dottrina» (NBN, Cesi 1616, ms. XII.E.4).

Il sodalizio con Della Porta conduce Fabio Colonna a interessarsi anche di telescopi e di osservazioni astronomiche. Nel marzo del 1613 Galilei pubblica la *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti* con una lunga serie di osservazioni di macchie solari che l'Astronomo dice essere "nugole" non dissimili alla "fumosità intorno alla Terra". Anche Fabio Colonna intraprende un'analoga indagine realizzando 57 osservazioni delle macchie solari che disegna e annota. Il disegno del 1° agosto 1613 è a tutt'oggi la prima osservazione astronomica conosciuta che si effettua a Napoli con un cannocchiale. Le "nugole" di Colonna appaiono incerte sia per la poca pratica sia per il "cattivo strumento", come evidenzia lo stesso Colonna in una lettera a Galilei: «con tutto che non siano così ben osservate, come sono dipinte al suo libro con quelli chiari et scuri» (FBNC, Mss. Gal., Colonna 1613, P. VI, T. IX, car. 97-98). Galilei però apprezza l'entusiasmo e l'interesse e di ciò Colonna è riconoscente:

Ho volentieri inteso che le gustino le macchie da me fatte, le quali, per essere principiante et senza aiuto, ch'è qui nessuno altro se diletta nè fa tali osservazioni che

ne potessi imparare qualche osservazione, et però volentieri ne farò ancora per l'avenire (FBNC, Mss. Gal., Colonna 1613, P. VI, T. IX, car. 109).

Nella lettera Colonna si rammarica che “in Napoli non ci è chi sappia far telescopii perfetti”, affermazione che contrasta con l'asserto di Fontana. Colonna è persona tenace e dice a Galilei di essersi messo all'opera per costruire da sé un cannocchiale, evidenziando tutte le difficoltà della politura delle lenti:

Ritrovo molti difetti si nelli cristalli come nel lavoro... et ritrovo che facendosi di maggior circonferenza il convesso, si acquisterà maggior grandezza nelle cose se guarderanno: ma la difficoltà è di lavorarli che rieschino buoni” (FBNC, Mss. Gal., Colonna 1613, P. VI, T. IX, car. 81).

Non si conosce la replica di Galileo a questa lettera, ma forse ci avrà visto del buono tanto da offrire al novello astronomo napoletano alcune sue lenti che Colonna accetta di buon grado: «Quando me fara la grā delli cristalli le facci rinchiudere in una scatoletta sigillata ben conditionata, ne fiat, in itinere fraus» (FBNC, Mss. Gal., Colonna 1613, P. VI, T. IX, car. 97-98). Intanto Fabio Colonna approfondisce la tecnica di realizzazione delle lenti e dice a Galileo di averne realizzata una con la quale osserva “Saturno con le stelle”, il Sole e Luna. Tra il 15 e il 18 giugno 1614 Colonna osserva i satelliti medicei «con grandissimo mio gusto, et più con grandissima ammiratione della sua virtù et sapienza, ho osservato quelle da lei con grandissima verità anteviste et calcolate, et ultimamente recorrente in alcune minutissime avvertenze» (FBNC, Mss. Gal., Colonna 1614, P. VI, T. IX, car. 186).

Della Porta intanto ritorna su alcuni suoi studi di ottica cominciati già nel 1610 che raccoglie nel volume *De Telescopio*, «la più difficile impresa et la più ardua di quante mai avesse pigliato» (RBANLC, Ms. Arch. Linc., Stelliola 1615). Il testo, inedito fino al 1962⁶, approfondisce gli scritti sull'ottica già trattati nel *Magiae naturalis* e nel *De refractione* e anticipa alcuni concetti che Keplero analizza nel *Dioptrice* (Borrelli 2017). L'entusiasmo di Della Porta per questi nuovi studi sulle lenti convesse e piano-convesse e per i progressi di Colonna è evidente dalla lettera del 26 settembre 1614 a Galilei:

Fabricamo co 'l S. Fabio Colonna, che è molto ingegnoso, e meccanico 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 (FBNC, Mss. Gal., Della Porta 1614, P. I, T. VII, car. 174).

I due lincei napoletani usano questo nuovo telescopio in occasione dell'eclisse di Sole del 3 ottobre 1614. Fabio Colonna, rifuggendo dagli impegni in tribunale, osserva il fenomeno celeste «alla peggio che ho possuto et saputo» e realizza:

sei imagini dell'eclisse di hoggi [...] si nello camino della luna, o per dir meglio del sole [e segna] le macchie solari precise et con lor grandezza, che per la fretta et poco pensiero non ho possuto: pure si et in quantum V. S. vedrà un sbozzo di ogni cosa

⁶ Con la morte dello scienziato napoletano nel 1615, il manoscritto resta inedito e se ne perdono le tracce. Il testo autografo è stato ritrovato nell'Archivio dell'Accademia dei Lincei nel 1940 da Giuseppe Gabrieli e pubblicato dall'editore Olschki nel 1962 con la curatela di V. Ronchi e M. A. Naldoni.

grossissimo, et potrà conoscere il vero et pigliarne quel che si può, et drizzarle alla positione dritta, essendo quelle alla reversa uscite dal cannone (FBNC, Mss. Gal., Colonna 1614, P. VI, T. IX, car. 204a e 204b).

Quindi Colonna usa un telescopio e non un cannocchiale. Questa risulta essere dunque la prima osservazione ottenuta a Napoli con uno strumento di tipo kepleriano; e questa nuova configurazione ottica non sembra derivare né dagli studi dell'astronomo tedesco né da quelli del napoletano Fontana, ma dall'ingegno teorico e applicativo di Della Porta e Colonna.

Il tratto dei disegni è grossolano, ma le sei immagini realizzate tra le 12:32 e le 13.40 offrono un buon dettaglio delle fasi dell'evento astronomico e delle macchie solari. Ci sono quindi tutti i presupposti per migliorare le tecniche di lavorazione delle lenti e approfondire i temi di ricerca astronomica. Ma all'inizio del 1615 Giovanni Battista Della Porta si ammala nuovamente e il 4 febbraio muore. Privato di una guida così forte Colonna perde rapidamente entusiasmo, realizza "per gusto" poche altre osservazioni e si dice intenzionato a lavorare altre lenti (FBNC, Mss. Gal., Colonna 1615, P. VI, T. IX, car. 85), ma della spinta propulsiva dei due accademici a Napoli resterà scarsa traccia se non le industriose ricerche del linceo Stelliola.

Trascorreranno quattordici anni prima che Colonna elogi i telescopi e le osservazioni di Francesco Fontana, raccontando a Cesi del «Cannone di otto palmi con il quale se ben allo rovescio [fa] vedere la luna et stelle et qualunq cosa di vicino di grandezza molte volte piu dello solito cannone che fa dritto dell'istessa lunghezza. et fa chiarissimo piu del solito» (RBNLC, Ms. Arch. Linc., Colonna 1629). Probabilmente l'incontro tra i due napoletani avviene verso la fine del 1625 quando Colonna segue gli studi naturalistici di Cesi pubblicati nell'*Apiarum*. Il linceo napoletano scrive al principe romano di un «amico dell'Ape [che] è stato un poco indisposto che patisce di sputo di sangue, ma servirà VEcc.^a come anco stesso fa un cristallo [che] moltiplica ben tanto che si vedeno le incisure delli peli dell'ape» (RBNLC, Ms. Arch. Linc., Colonna 1626). Verso al fine del 1626 questo anonimo amico invia a Cesi un disegno delle api osservate con grande dettaglio perché fosse inciso da Matthäus Greuter. Solo con la pubblicazione del *Persio* di Francesco Stelluti nel 1630, il nome di Fontana appare legato alle osservazioni delle api fatte con Colonna «havendo [...] il tutto ancora esquisitamente osservato, e disegnato il signor Francesco Fontana: onde feci qui in Roma intagliare in rame tre Api rappresentanti l'Arme di Nostro Signore Papa Urbano VIII» (Stelluti 1630, p. 47).

I protagonisti di questa rapida avventura scientifica scompaiono nel giro di pochi anni e il "secreto dell'occhiale" napoletano, frutto di "una sagacissima industria", sconta il presagio temuto da Manzini: «Muoiono gli huomoni [e] con essi le Arti, tanto a gli huomini necessarie, si seppelliscono» (Manzini 1666, c. †4r).

Bibliografia

- Bacone R. (1733). *Opus Majus*. Londini: Typis Gulielmi Bowyer.
- Bellé R. (2009). "L'occhiale all'occhio. Un testo del XVII secolo sulla costruzione dei telescopi". *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 64 (3), pp. 453-480.

- Borrelli A. (2017). *Optical Diagrams as "Paper Tools"*, in Borrelli A., Hon G., Zik Y., *The Optics of Giambattista Della Porta (ca. 1535-1615)*. Cham: Springer, pp. 57-96.
- Bulifon A. (1698). *Lettere memorabili, istoriche, politiche, ed erudite*, 3. Napoli: Antonio Bulifon.
- Capocci E. (1857). *Relazione del primo viaggio alla Luna fatto da una donna l'anno di grazia 2057*. Napoli: T. Cottrau.
- Crasso L. (1666). *Elogii d'Huomini Letterati*, 2. Venetia: Combi, & La Noù.
- Della Porta G. B. (1611). *Della magia naturale del sig. Gio. Battista Della Porta linceo napolitano*. Napoli: Gio. Iacomo Carlino e Costantino Vitale.
- Fontana F. (1646). *Novæ Cælestium terrestriumque observatione*. Neapoli: Gaffarum.
- Fracastoro G. (1538). *Homocentrica*. Venetiis, p. 58.
- Galasso G. (1996). "Da Napoli gentile a Napoli fedelissima". *Annali dell'Istituto Suor Orsola Benincasa*, pp. 47-121.
- Galilei G. (1610). *Sidereus Nuncius*. Venetiis: Thomam Baglionum.
- L'Etoile P. de (1741). *Journal du regne de Henry IV*, 3. La Haye: chez les freres Vaillant.
- Le Mercure François ou la Suite de l'histoire de la paix commençant l'an 1605 pour suite du Septénaire du D. Cayer, et finissant au sacre du très grand Roy de France et de Navarre Louis XIII* (1611). Paris: J. Richer.
- Manzini C.A. (1666). *L'occhiale all'occhio*. Bologna: per l'Herede del Benacci.
- Molaro P. (2017). "Francesco Fontana and the birth of the astronomical telescope". *Journal of Astronomical History and Heritage*, 20 (3), pp. 271-288.
- Renneville C. de (1725). *Recueil des voïages qui ont servi à l'établissement et aux progrès de la Compagnie des Indes orientales, formée dans les Provinces-Unies des Pais-Bas*, 4. Rouen: Jean-Baptiste Machuel le jeune.
- Stelluti F. (1630). *Persio*. Roma: Giacomo Mascardi.
- Valente M. (1999). "Della Porta e l'Inquisizione". *Brunelliana & Campanelliana*, 2, pp. 415-434.
- Van Helden A. (1977). *The Invention of the Telescope*. Philadelphia: The American Philosophical Society.
- Zuidervaart H.J. (2010). *The "true inventor" of the telescope*, in van Helden A., Dupré S., van Gent R., Zuidervaart H. (eds.), *The origins of the telescope*. Amsterdam: KNAW, pp. 9-44.

Fonti d'archivio

Firenze:

Archivio di Stato, Miscellanea Medicea,

- Lettera di F. Fontana a F. de' Medici, Napoli, 23 ottobre 1639, f. 1.

Biblioteca Nazionale Centrale (FBNC), Manoscritti Galileiani (Mss. Gal.),

- "Astronomia", Lettera di J. Keplero a G. Galilei, Praga, 19 aprile 1610, P. III, T. VII, 1, car. 7-22.
- [G. Gagliardi], *Faelamento de Rovegiò bon Magon dalle Valle de fuora e de Tuogno Regonò della Villa de Vegian, sora la nieve dell'anno 1608*, P. I, T. III, cc. 68-82.

- “Lettere familiari”, Lettera di B. Castelli a G. Galilei, Roma, 2 maggio 1637, P. I, T. XI, car. 291.
- -, Lettera di G. B. Della Porta a G. Galilei, Napoli, 26 settembre 1614, P. I, T. VII, car. 174.
- “Lettere scientifiche”, Lettera di F. Colonna a G. Galilei, Napoli, 3 agosto 1613, P. VI, T. IX, car. 81.
- -, Lettera di F. Colonna a G. Galilei, Napoli, 25 settembre 1613, P. VI, T. IX, car. 97-98.
- -, Lettera di F. Colonna a G. Galilei, Napoli, 6 dicembre 1613, P. VI, T. IX, car. 109.
- -, Lettera di Colonna F. a G. Galilei, Napoli, 8 agosto 1614, P. VI, T. IX, car. 186.
- -, Lettera di F. Colonna a G. Galilei, Napoli, 3 ottobre 1614, P. VI, T. IX, car. 204a e 204b.
- -, Lettera F. Colonna a G. Galilei, Napoli, 14 agosto 1615, P. VI, T. IX, car. 85.
- -, Lettera di F. Colonna a G. Galilei, Napoli, 3 febbraio 1617, P. VI, T. X, car. 19.
- -, Lettera di F. Cesi a G. Galilei, Roma, 29 giugno 1613, P. VI, T. IX, car. 62, 63a e 63b.
- -, “Lettera, ovvero discorso del Sig.^r Gallilei sopra l’occhiale di Napoli oltra nominato”, Arcetri, 15 gennaio 1639, P. VI, T. VI, car. 97b.-97d.
- -, Lettera di G. Galilei a B. Landucci, Venezia, 29 agosto 1609, P. VI, T. VI, car. 17.
- -, Lettera di G.C. Gloriosi a A. Santini, Napoli, 15 marzo 1638, Gal. 95, cc. 75v, 78r.
- -, Lettera di G.C. Gloriosi a A. Santini, Napoli, 21 settembre 1638, Gal. 95, c. 82r.
- -, Lettera di R. Magiotti a G. Galilei, Roma, 21 marzo 1637, P. VI, T. XIII, car. 14.
- -, Lettera di G. Manso a P. Beni, [marzo] 1610, P. VI, T. XIV, car. 84-87.
- -, Lettera di E. Torricelli a R. Magiotti, Firenze, 6 febbraio 1644, 150, car. 36r-v.

Museo Galileo, Fotografie Bazzi, XXV,

- Lettera di F. Fontana a V. de’ Medici, Napoli, 3 gennaio 1638.

L’Aja (The Hague):

Archivio Nazionale dei Paesi Bassi (Algemeen Rijksarchief), Mss. Staten-Generaal, Minute Book of the States General of the Netherlands,

- Patent Application of Hans Lipperhey, L’Aja, 2 Ottobre 1608, 33, f. 169r.
- Patent Application of Jacob Metius, L’Aja, 17 Ottobre 1608, f. 178v.

Milano:

Biblioteca Ambrosiana, Leonardo da Vinci,

- Codice Atlantico, fol. 518r.

Napoli:

Biblioteca Nazionale (NBN),

- Cesi F. (1616). *Del natural desiderio di sapere et Institutione de Lincei per adempimento di esso*, ms. XII.E.4.

Roma:

Archivio Segreto Vaticano, “Fondo Borghese II”,

- Lettera di P. Sarpi a F. Castrino, Venezia, 21 luglio 1609, 451.

Biblioteca dell’Accademia Nazionale dei Lincei e Corsiniana (RBANLC), Ms. Archivio Linceo (Ms. Arch. Linc.) 12, “Lettere di molti accademici Lyncei scritte al sig. principe Cesi fundatore di detta accademia”,

- Lettera di F. Colonna a F. Cesi, Napoli, 29 settembre 1626.
- Lettera di F. Colonna a F. Cesi, Napoli, 30 novembre 1629.
- Lettera di G. B. Della Porta a F. Cesi, [Napoli] (s.d.).
- Lettera di G. B. Della Porta a F. Cesi, Napoli, 30 marzo 1612.
- Lettera di N.A. Stelliola a F. Cesi, Napoli, 10 aprile 1615.

Vienna (Wien):

Biblioteca Nazionale Austriaca (Österreichische Nationalbibliothek), ex Biblioteca Palatina, Cod. 10702,

- Lettera di G. Galilei a J. Kepler, Padova, 4 agosto 1597, car. 62.

PHYSICS IN THE 19TH CENTURY

Christian Epistemology of Gabrio Piola. The *Lettere di Evasio a Uranio*

Danilo Capecchi – Università di Roma *La Sapienza* – danilo.capecchi@uniroma1.it

Abstract: During the restoration of the Ancient Regime, in the first half of the 19th century in Italy, mathematicians who professed an epistemology in keeping with Catholic orthodoxy could raise their voice thanks to the existing conservative atmosphere. For some of them the adherence to Catholicism also meant the rejection of new mathematical developments achieved in the revolutionary France, also due to mathematicians all but revolutionary like Cauchy and Saint Venant, by favoring the geometric approach on the analytical one. Gabrio Piola did not belong to this category but looked forward albeit cautiously to the international scene. In the present paper focus is addressed on epistemology of Piola as it is reported in his most significant writing on the subject, the *Lettere di Evasio a Uranio*.

Keywords: Mathematical physics, epistemology, apologetic writings, religion.

1. Introduction

Gabrio Piola Daverio (1794-1850) was born in Milan, in a rich and noble family; first educated at home, then attended a local high school. He soon showed excellent attitudes toward mathematics and physics, perfected at the University of Pavia as a pupil of Vincenzo Brunacci (1768-1818). Piola obtained the degree in mathematics in 1816 and in 1818 edited the *Elementi di geometria e algebra* by Brunacci (1809). In 1820 he was appointed as learner of the “Specola” of Brera, publishing *Sulla teorica dei cannocchiali* (1820). In 1824 he participated in the competition announced in 1822 by the “Royal Institute” of Lombardy on the analytical mechanics of Lagrange, winning it with a long article on the applications of Lagrangian mechanics, *Sull'applicazione de' principj della meccanica analitica del Lagrange ai principali problemi*. In the same year he received the offer of the chair of applied mathematics at the University of Pavia, that refused for family reasons.

Despite the renunciation to the academic career Piola devoted much of his time to the teaching of mathematics and together with Paolo Frisiani (1797-1880) gave regular lessons at home. Among his students there were Francesco Brioschi (1824-1897), later a professor of rational mechanics in Pavia and founder of the Milan Polytechnic, and Placido Tardy (1816-1914), a professor of mathematics at the University of Messina. Piola also taught religion for twenty-four years in a Milanese parish.

Piola was elected among the Dotti (learned) of the “Royal lombard institute” in 1828 (to become an effective member in 1839), he was a member of the “Italian society of sci-

ences” (Accademia dei XL), a corresponding member of the “New pontifical academy of the Lincei”, in 1849. Since 1825 he was a member of the “Roman academy of Catholic religion”. He participated in the conferences of Italian scientists who began to be held annually since 1839. He was also editor of a magazine, *Opuscoli matematici e fisici di diversi autori* (1832-1834) of which only two volumes came out. Among other things, this magazine was the medium of diffusion of the mathematical theories of Augustin Cauchy in Italy, containing some of his fundamental works translated into Italian.

A scholar of high culture, besides natural sciences Piola devoted himself to history, literature and philosophy. Important are his commemorations of Vincenzo Brunacci (1768-1818), *Necrologio di Vincenzo Brunacci* (1818) and Bonaventura Cavalieri, *Elogio di Bonaventura Cavalieri* (1844). The latter in particular is a well-written and well-documented essay, still useful to modern scholars of Cavalieri. His epistemological conceptions on science in general and on mathematics in particular, are contained in the *Lettere di Evasio ad Uranio intorno alle scienze matematiche* (1825), a text that still has some publishing success today. Here the truths of faith are compared with those of science, highlighting a possible agreement.

He was a friend of Antonio Rosmini (1797-1855), the greatest exponent of the Italian Catholic spiritualism; a traditionalist and fervent Catholic like Cauchy, one of the reasons why the last held Piola as a point of reference among the Italian scientists during his stay in Italy from 1830 to 1833. After some reticence Piola began to appreciate the new mathematical conceptions of Cauchy, without however coming to share them fully.¹

Among Brunacci’s pupils, Piola was the most interested in mathematical physics, in particular in mechanics of “extended solid bodies” and fluids. He wrote important memoirs of pure mathematics on finite differences (*Sull’applicazione del calcolo delle differenze finite alle questioni di analisi indeterminata*, in *Annali di scienze matematiche e fisiche*, vol. 1, (1850), pp. 263-281) and on the theory of Integration (*Note relative al calcolo degli integrali definiti*, in *Atti dell’VIII Riunione degli scienziati Italiani* (1846)); his most important contributions are scattered through his work in mathematical physics. The fundamental works in this field are those of continuum mechanics, published in the years 1833-1848, *La meccanica de’ corpi naturalmente estesi trattata col calcolo delle variazioni*, in *Opuscoli matematici e fisici di diversi autori*, (1832), pp. 201-236; *Nuova analisi per tutte le questioni della meccanica molecolare* in *Memorie di matematica e fisica della Società italiana delle scienze*, vol. 21, (1836), pp. 155-321; *Intorno alle equazioni fondamentali del movimento di corpi qualsivogliono considerati secondo la naturale loro forma e costituzione*, in *Memorie di matematica e fisica della Società italiana delle scienze*, vol. 24 (1848) pp. 1-186 and eventually *Di un principio controverso della Meccanica Analitica di Lagrange e delle sue molteplici applicazioni*, in *Memorie dell’Istituto Lombardo*, vol. 6 (1856), pp. 389-496, published posthumously edited by Francesco Brioschi, which represents a mature revision of the work of 1848 (Capecchi, Ruta 2014).

Although he was one of the brightest rational mechanicians of the 19th century, probably the brightest of the Italians, Piola is a little known and evaluated author. This is

¹ For an interesting and quite complete biography on Piola see (Filoni, Giampaglia 2006).

due to various reasons, of a general nature, associated with the scientific provincialism of Italy at the time, of a particular nature associated with the character of Piola rather shy, to his choice to write only in Italian, despite knowing the developments of the French mathematical physics. His message, however, has passed especially in Germany, and his name is one of the few to be cited in the modern literature of continuum mechanics. There are references to Piola in some important monographs of the early twentieth century in which the treatment of mechanics substantially coincides with the contemporary one. In the international literature the name of Piola is associated to two tension tensors and a theorem on the derivation of balance equations from the equation of virtual works.

1.1. Apologetic writings

The age in which Piola lived was the *Restoration*, after the defeat of Napoleon and French Revolution. Not only political restoration but also cultural. In the universities and academies many professors involved in the Napoleonic administration were replaced by loyalist people, not always up. An exception was represented by Paolo Ruffini, conservative and clerical at the highest degree, but with impressive scientific credentials. Somehow it was also put into question the modern “sublime mathematics” because the result of the godless French men. Piola will never come to these excesses; indeed he was open enough toward the “French” innovation, though he had some difficulty in fully accepting the analysis developed by Cauchy.

He defended the Catholic religion from the attacks of modern scientists, the bearers of the values of the Enlightenment in various writings (Piola 1822; 1823-1824-1825-1827; 1822-1823-1824; 1828):

- “Lettere di Evasio ad Uranio toccanti lo studio delle Matematiche”. *L'Amico d'Italia*, 1, 1822, pp. 293-308; 2, 1822, pp. 285-306; 3, 1823, pp. 301-321, e 5, 1824, pp. 97-116.
- “Sulla certezza”. Lettera di G. P. a G. B. in occasione del libro che ha per titolo “Teorica e Pratica del Probabile dell’Ab. Giuseppe Bravi. Memorie di religione, di morale e di letteratura di Modena”, 14, 1828, pp. 433-462. One more letter of G. P. to G.B., written in his own hand, is found among Piola’s papers.

Before going on to examine the *Letters* it is better to refer for a while to two other writings of epistemological nature by Piola. In 1819 Laplace had published his famous treatise *Essai philosophique sur les probabilités*, where he extended the calculus of probability even outside the natural sciences, for example to sociology and ethics. In particular, according to Laplace, a choice based on aspects not completely evident, as could be for example for the verdict of a judge, had to be based on the calculus of probabilities. The thesis that could be stimulating and worthy of study for an open mind, had caused a sensation and scandal in the closed Italian Catholic community, even among the people who could follow Laplace’s mathematical reasoning.

In 1821 Paolo Ruffini (1765-1822) wrote *Riflessioni critiche sopra il saggio filosofico intorno alle probabilità*, in which he challenged Laplace’s positions, partly on the basis of his Catholic prejudices, which saw the capacity of free will violated and threatened

the role of divine providence, in part with arguments of merit that highlighted some real contradictions of the mathematical theory. Piola shortly after the death of his friend Ruffini, indeed just to commemorate it, took up the thesis of Ruffini and combined it according to his positions, in the short paper *Riflessioni critiche sopra il saggio filosofico intorno alle probabilità del signor conte Laplace fatte dal dottor Paolo Ruffini*. The initial part of the paper, from which the spirit of the Restoration becomes clear, is of some interest.

The philosophical essay on probabilities, and some other part of the works of Mr. Laplace present the scandal of various dissonant passages from religion and morality, very badly placed among the beautiful scientific truths taught by that first-rate Geometer. Those learned men, who connect the rectitude of the heart to the knowledge of the spirit, saw with regret to enter in such a way into the mathematical sciences, by themselves pure and innocent, a spirit of vain fallacy *resembling that which in the past century smeared with so many proscriptions the venerable names of reason and philosophy* [emphasis added] (Piola 1822, pp. 308-309).

Note the fierce attack of the Enlightenment century.

Apart from some considerations of technical nature, probably, the most convincing criticism by Piola to the use of probability in the human sciences is the following comment:

Let's imagine a case. The cause of an accused innocent hangs from the judgment of an assembly and the peremptory sentence is about to come out. He whose life is deciding, in the midst of the disturbance which causes him the uncertainty of the human judgments he raises the Father of enlightenment a fiery prayer to clear the mind of his judges and make his innocence clear. [...] If while on the ground on his knees, he is soliciting that divine benefit, he is approached by one of those who are infatuated with new doctrines and tells him: what are you doing here? to what vain do you sigh? Do you want to know your fate? come and see. And in doing so, he led him before Laplace's packs to evaluate on them the probability of the favorable sentence. Would this approach not precipitate the indignation not only of the oppressed person, but of everyone who still preserved the good of the intellect? (Piola 1828b, last page)

Of some interest also a letter to the friend astronomer Giuseppe Bianchi (1791-1866) entitled *Sulla certezza che contiene una critica a uno scritto di Giuseppe Bravi*. Bravi talked about certain types of certainty, taking up a theme that was widely discussed in the 18th century. There are three types of certainty, the metaphysical, the physical and the moral. That metaphysical, obtained through the sole reason, as we have in some branches of philosophy and in mathematics, would be the only form of certain knowledge to be valid according to Bravi. Of the other two types of knowledge one can only give a probability character, to be calculated according to the mathematical rules developed by Laplace. Piola disputed the affirmation; mainly for what concerns the moral certainty, because a doubt about it undermines the Catholic religion. Another element of criticism was the minimization of the role of Ruffini in the discussion on the calculus of probabilities.

The criticisms, even if originated by a strong prevention due to his religious belief, develops on sufficiently rigorous arguments. Piola disputed Bravi not to have distinguished between certainty and evidence – a difference that still embarrasses many philosophers today. For Piola, certainty is a state of our mind that believes to have seen the truth. The evidence is the actual clear recognition of the truth. Certainty would come after the act of recognizing of the truth (evidence). Mistaking evidence and certainty is mistaking cause and effect.

2. Letters of Evasio to Uranio

The *Lettere di Evasio ad Uranio toccanti lo studio delle Matematiche*, hereafter referred to as *Lettere di Evasio ad Uranio*, or even more simply as *Letters*, represent the apologetic text of Piola having most editorial success. Their publication was quite lively; even today, copies can be found. On the net there is an e-book to download with just over a euro. They are the object of interesting comments in (Bottazzini, Nastasi 2013; Fliloni, Giampaglia 2003). Below some editions.

Table 1. Edition of the letters

1822-1824. *Lettere di Evasio ad Uranio toccanti lo studio delle Matematiche*. L'Amico d'Italia, vol. 1, 1822, pp. 293-308; vol. 2, 1822, pp. 285-306; vol. 3, 1823, pp. 301-321, and vol. 5, 1824, pp. 97-116.

1824? "Annotations to the *Lettere di Evasio ad Uranio toccanti lo studio delle Matematiche*." L'Amico d'Italia, vol. 8, 1825, pp. 237-246. Two other editions are registered under nos. 57 and 58.

1824. *Lettere di Evasio ad Uranio*. Novara: Girolamo Miglio. It is a reprint of the letters limited to the first three of them.

1825. *Lettere di Evasio ad Uranio intorno alle scienze matematiche*. Modena: Tipografia Reale. The book collects the Letters now reprinted with some retouching of the author whose name is still missing. This edition, promoted by the Archduke Massimiliano, was curated by the astronomer Giuseppe Bianchi, as can be seen from the correspondence Bianchi-Piola.

The letters, four in number, are written by the master (Evasio) to a young mathematician disciple (Uranium). The names do not refer to really existing people. Uranium refers to the Greek heaven and indicates the abstract scientific interests of the young; less clear the etymology of the name of the master Evasio, Piola himself. There is, for example, a saint Evasio.

In the first letter, the most interesting one from the point of view of the following paper, Evasio-Piola expounds his Christian-style epistemology. First of all, the value of faith, or belief in the Christian religion, is exalted:

We have, or my Uranio, a treasure far more precious than any human wisdom, a treasure that cannot be lost to illness, or death, but that may be snatched away from

us if we do not take due care. It is Religion I am referring to (Piola 1822-1824, Letter I, pp. 294-295.)

According to Piola, religion has a higher degree of evidence than science, including mathematics. He argues first that religion is not less evident than mathematics. Both refer to principles that are obvious to intuition but cannot be rationally proved. Even the certainty derived from mathematical demonstration is entrusted to a kind of faith; the belief that the argumentations of logic are not fallacious.

We entrust a problem to calculation, which for some kind of mechanism leads us to the solution, without seeing any of those intermediate links which connect the data of the question to the result: we remain convinced, but not persuaded (Piola 1822-1824, Letter I, pp. 296-297).

Furthermore, the mathematical knowledge is clearly incomplete:

The more you study the more you penetrate the views of the great geometers and find how to expand, on all sides, the province of what can be known but which is still not known (Piola 1822-1824, Letter I, p. 296).

From this point of view it does not make much sense to affirm that religion requires a sacrifice of reason:

When I think to that language, I hear so frequently, that Religion requires a sacrifice of reason, that reason, which triumphs in mathematics, where everything is light and evidence, I cannot remain convinced of such thoughtlessness, since it seems rather to me that my reason very often finds itself, in the study of mathematics, in such circumstances, where its freedom is no greater than when faith proposes to believe the mysteries and dogmas of revelation (Piola 1822-1824, Letter I, p. 297).

Moreover religion is superior to mathematics because even without study, men can be convinced of its truth with the highest degree of certainty. We must be careful, however, that religion is under attack even by valuable scientists. It is claimed for example:

The society would have been able to give the greatest benefits, if the ecclesiastical power, increasingly intolerant, always armed with thunderbolts had not hindered and impeded their careers (Piola 1822-1824, Letter I, p. 303).

A sneaky attack on religion comes from trying to put God aside in explaining natural phenomena.

So naming God, the Creator, the infinite Wisdom, the Divine Providence governing the world, as the Galileo, the Leibniz, the Euler never get tired to do, is now in disuse among mathematicians, and in each case the most philosophical name of Nature is used, and Nature is said that it did, it predicted, it preordained; Nature that makes, keeps, provides etc., perhaps without noticing that this custom is very old, and already disapproved by Seneca (Piola 1822-1824, Letter I, p. 305).

The second letter focuses on the contestation of the application of mathematics to moral sciences, with a clear statement:

But I already wrote to you, that a barrier separates the moral sciences from the science of quantity: thus my assertion is in conflict with that of some of the great geometers (Piola 1822-1824, Letter II, p. 287).

As already commented in the previous section, the controversy dates back to Laplace's publication of the text *Essai philosophique sur les probabilités* of 1819, translated into Italian by L. M. Fanelli in 1820.

While the first two letters represent the *destruens* part with respect to the mathematics, the last two letters represent the *costruens* part. The third letter is dedicated to pure mathematics. Piola shows how some concepts of mathematics help to conceive the existence and essence of God. Among them there is the concept of mathematical infinity. Which gives an idea of the infinite in general. The presence of evil in the world is explained with an argument already used by Leibniz, referring to the laws of statics (which is not a pure mathematics however).

To make headway in addressing the issue, we pretend that someone of those men just now mentioned, proud and censors, are conducted to visit a complicated machine-constructed by skillful craftsman in the act of operating. He, on examination, says to the very skillful mechanic: Look, my friend, that swivel goes very slow, that lever moves almost nothing: why this huge amount for that cylinder? why that counterweight which delays the movement? If you are so clever, you have to make a quick motion on the lever and the swivel, lighten all the parts to ensure that each furnish the maximum effect possible. Forgive, will soon respond the wise maker (Piola 1822-1824, Letter III, pp. 316-317).

The fourth and last letter is dedicated to those that Piola calls mixed mathematics, or the mathematical physical sciences. They are based on empirical principles, mathematical laws or experimentally extracted forms. As such these principles can be fallacious and history has shown it, Piola takes into account the possibility of error in the establishment of the principles and the risk that there is to give an absolute value to the deductions from them, which sometimes may be in contrast with religion.

In the letter Piola traces the days of creation as referred to by the Genesis. He compares the results of science with what is stated in the Genesis and shows how science can provide some explanations but not all of them. There are numerous quotations from Newton's *Principia* and *Opticks*. Here and also in the other letters Piola proves to be a profound connoisseur of scientific literature, recent and past confirming. The last letter ends with the following comment:

It remains for us to continue to proceed in such a wonderful endeavor and to seize the best fruit; and after recognizing God, by pondering his works, still recognize his dominion over us, the benefices that we owe, and our obligations to him, and among ourselves. This also we are told by Newton with that judgment, with which I do end: "For so far as we can know by natural Philosophy what is the first Cause, what Po-

wer he has over us, and what benefits we receive from him, so far our Duty towards him, as well as that towards one another, will appear to us by the Light of Nature (Piola 1822-1824, Letter IV, p. 116).

3. Concluding remarks

Given the ideology of Piola, outlined in the previous pages, it is not surprising that he had become a mathematician and not a physicist. In this way his faith ran no risk. And when he was detached from pure mathematics to move toward mathematical physics he did it by dealing with solid mechanics, a subject that certainly could not give rise to heretical ideas.

References

- Bravi G. (1829). *Ragionamento critico della teoria del probabile e sopra un relativo articolo pubblicato nelle memorie religiose e letterarie di Modena*. Bergamo: Mazzoleni.
- Capecchi D., Ruta G. (2007). "On Piola's contribution to continuum mechanics". *Archive for the history and exact sciences*, 61, pp. 303-342.
- Bottazzini U., Nastasi P. (2013). *La patria ci vuole eroi. Matematici e vita politica nell'Italia del Risorgimento*. Bologna: Zanichelli.
- Filoni A., Giampaglia A. (eds.) (2006). *Gabrio Piola 1794-1850. Biografia di un matematico umanista*. Missaglia: Bellavite.
- Laplace P.S. (1819). *Essai philosophique sur les probabilités*. Paris: Courcier.
- Piola G. (1828). "Sulla certezza. Lettera di G. P. a G. B. in occasione del libro che ha per titolo *Teorica e Pratica del Probabile* dell'Ab. Giuseppe Bravi". *Memorie di religione, di morale e di letteratura*, 14, pp. 433-462.
- Piola G. (1826?). "Sull'applicazione del calcolo delle probabilità alle scienze morali. Lettera seconda di G. P. a G. B.". *Fund Piola*, Polytechnic of Milano.
- Piola G. (1823-1824-1825-1827). "Veglie di un filosofo". *Memorie di religione, di morale e di letteratura di Modena*, 3, pp. 441-464; 5, p. 41-64; 7, pp. 51-70; 8, pp. 413-446 e 11, pp. 225-254.
- Piola G. (1822-1824). "Lettere di Evasio ad Uranio toccanti lo studio delle Matematiche". *L'Amico d'Italia di Torino*, 1, 1822, pp. 293-308; 2, 1822, pp. 285-306; 3, 1823, pp. 301-321; 5, 1824, pp. 97-116.
- Piola G. (1822). "Riflessioni critiche sopra il *Saggio filosofico intorno alle probabilità* del signor Conte Laplace fatte dal Dottor Paolo Ruffini ecc". *L'Amico d'Italia di Torino*, 1, pp. 308-318; 2, pp. 63-72; 157-169.
- Ruffini P. (1821). *Riflessioni critiche sopra il saggio filosofico intorno alle probabilità del signor conte Laplace fatte dal dottor Paolo Ruffini*. Modena: Società Tipografica.

Topical Session:

FRANCO SELLERI (1936-2013): HIS RESEARCH AND LEGACY ON THE
FOUNDATIONS OF QUANTUM MECHANICS AND RELATIVITY

Λ -Units and Λ -Mega Quantum of action in their historical context

Ludwik Kostro, ATENEUM – University of Higher Education, Gdańsk, prof. emeritus at Gdańsk University, Poland, fizlk@univ.gda.pl

Abstract: In Physics we are using conventional units, e.g. nowadays the SI system. Some physicists, among them G. J. Stoney, M. Planck, and Ch. Kittel have introduced into physics the so-called “Natural Units” determined by universal constants. Since several years I am trying to introduce a set of natural units determined by the three Einstein’s constants c , $\kappa = \frac{8\pi G}{c^4}$ and Λ . Since long time in Relativistic Cosmology there are already used some units determined by c , κ and Λ : the Λ -force $= \frac{1}{\kappa}$; Λ -pressure of the physical vacuum $P_\Lambda = \frac{\Lambda}{\kappa}$; Λ -mass density $\rho_\Lambda = \frac{\Lambda}{\kappa c^2}$ and Λ - energy density $\rho_\Lambda c^2 = \frac{\Lambda}{\kappa}$. In my paper (Kostro 2018) there was published the whole list of Λ -units. I call them Λ - units because they are determined, for the first time, also by the cosmological constant. Among them there are the Mega Units (perhaps Mega Quanta): of Λ -Mass $M_\Lambda = \frac{1}{c^2 \kappa \Lambda^{1/2}}$, of Λ -Energy $E_\Lambda = \frac{1}{\kappa \Lambda^{1/2}}$; the Mega Quantum of Λ -Action $H_\Lambda = \frac{1}{\kappa \Lambda}$. Since some of Λ -units can be interpreted as de Broglie like Λ -period $T_\Lambda = \frac{1}{c \Lambda^{1/2}}$, Λ -frequency $\nu_\Lambda = c \Lambda^{1/2}$, Λ -energy $E_\Lambda = H_\Lambda \nu_\Lambda$ and Λ -wave length $\lambda_\Lambda = \frac{H_\Lambda}{M_\Lambda c}$ and because between the all universal constants there are correlations and interconnections we can ask the question whether in the Nature there are perhaps Λ -mega waves, Λ -mega fluctuations. We can ask also the question whether the unification of the Relativistic Cosmology with QM has to be done rather in the Large Scale than in the Small Scale. It will be also indicated that the crucial date in the evolution of our Universe i.e. its expansion acceleration about the 9 billion years after the Big Bang, coincides with the lambda time $t_\Lambda \sim 9$ billion years.

Keywords: universal constants, cosmological constant, natural units.

1. General data regarding the so-called “natural units” and their historical context

In Physics we use conventional units, e.g. nowadays the SI system. There were physicists (Stoney, Planck, Kittel and others) that introduced units called by them “natural units” because they are determined by universal constants which govern in our universe and are recognized as fundamental and important in the contemporary physics.

1.1. Some historical pieces of information about Stoney's Units

In 1874 the Irish physicist George Stoney (1826-1911), who is famous for his introduction of the term “electron” to describe the elementary unit of electricity and for his calculation of its value from Faraday’s law of electrolysis, introduced his “physical units of nature” determined by c – velocity of light, G – Newton’s gravitational constant and e – the elementary unit of electric charge. Stoney expressed them in the framework of cgs units. Here they are

$$l_s = \left(\frac{Ge^2}{c^4}\right)^{\frac{1}{2}}; \quad t_s = \left(\frac{Ge^2}{c^6}\right)^{\frac{1}{2}}; \quad m_s = \left(\frac{e^2}{G}\right)^{\frac{1}{2}}$$

The scientific community has recognized his discovery of the “electron” the existence of which was proved experimentally in 1897 by Joseph J. Thomson (1856-1940). But Stoney personally was convinced that the discovery of his “natural units” is more important and therefore he published his paper with the title *On the Physical Units of Nature* (Stoney 1874, 1881 pp. 381-391).

In the framework of the SI system of units Stoney’s Units are given by

$$l_s = \left(\frac{Ke^2G}{c^4}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.38 \cdot 10^{-36}m; \quad t_s = \left(\frac{Ke^2G}{c^6}\right)^{\frac{1}{2}} = 4.605 \cdot 10^{-45}s;$$

$$m_s = \left(\frac{Ke^2}{G}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.86 \cdot 10^{-9}kg$$

and the quantum of action $h_s = \frac{Ke^2}{c} = 7.704 \cdot 10^{-37} J \cdot s$

where $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \cdot 10^9 Nm^2/s^2$.

Many known physicist (e.g. Eddington, Schrödinger) indicated that the ratio of Stoney’s quantum of action h_s and Planck’s quantum of angular momentum $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ gives the Sommerfeld fine structure constant $\frac{h_s}{\hbar} \sim \frac{1}{137}$.

1.2. Some historical pieces of information about Planck's Natural Units

At the turn of XIX and XX century, Max Planck (1858–1947) has not only introduced his very important constant $h = 6.626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$ called by himself “the elementary quantum of action”, but he has also, at the same time, introduced his Natural Units determined by three universal constants c – velocity of light, G – Newton’s gravitational constant and his constant h (Planck 1899). The scientific community has soon recognized the importance of Planck’s constant that became the quantization parameter of the new born Quantum Mechanics. But as regards Planck’s Units the scientific community has longtime ignored them. So Planck during 12 years has added to all his papers his Units believing that the community will finally recognize also the importance of his Units.

Later in order to avoid in theoretical considerations the Mathematical Collapse of the whole Universe into a mathematical point the Planck’s units were introduced *ad hoc* into modern cosmology.

Especially the cosmologists to avoid the mentioned collapse have recognized their importance and nowadays we speak even about the Planck's era existing at the beginning of the cosmic evolution.

That was done first using the Units introduced by Planck himself with

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s};$$

$$l_p = \left(\frac{\hbar G}{c^3}\right)^{\frac{1}{2}} = 4.05 \cdot 10^{-35} \text{ m}; \quad t_p = \left(\frac{\hbar G}{c^5}\right)^{\frac{1}{2}} = 1.35 \cdot 10^{-43} \text{ s}$$

$$m_p = \left(\frac{\hbar c}{G}\right)^{\frac{1}{2}} = 5.45 \cdot 10^{-8} \text{ kg}; \quad \mathcal{T}_p = \left(\frac{\hbar c^5}{k^2 G}\right)^{\frac{1}{2}} = 3,55 \cdot 10^{32} \text{ K}^o$$

And later using Planck's Units with $\hbar = \frac{h}{2\pi}$. In such a way Planck's era became 2,5 times shorter and the governing initial temperature \mathcal{T}_p became 2,5 times less high.

$$l_p = \left(\frac{\hbar G}{c^3}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ m}; \quad t_p = \left(\frac{\hbar G}{c^5}\right)^{\frac{1}{2}} = 5,4 \cdot 10^{-44} \text{ s}$$

$$m_p = \left(\frac{\hbar c}{G}\right)^{\frac{1}{2}} = 2,17 \cdot 10^{-8} \text{ kg}; \quad \mathcal{T}_p = \left(\frac{\hbar c^5}{k^2 G}\right)^{\frac{1}{2}} = 1,41 \cdot 10^{32} \text{ K}^o.$$

1.3. Some historical pieces of information about Kittel's gravitational Natural Units for a concrete ponderable mass m_G

Ch. Kittel (1965, p. 302) has indicated (or better reminded) that for any given gravitational mass m_G its gravitational length, time and mass are given by

$$l_G = \frac{Gm_G}{c^2}; \quad t_G = \frac{Gm_G}{c^3}; \quad m_G = m.$$

In Kittel's set of units the quantum of action for concrete m_G is given by $\hbar_G = \frac{Gm_G^2}{c}$ and hence

$$m_G = \left(\frac{\hbar_G c}{G}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{and} \quad E_G = \left(\frac{\hbar_G c^5}{G}\right)^{\frac{1}{2}}$$

where m_G is the gravitational charge of a particle, of a body, of a star or even of the gravitational matter embedded, according to the standard model, in a Hubble visible sphere. Note that the gravitational length l_G is in a strict relation with the so-called gravitational radius R_G called also Schwartzschild radius. In General Relativity we are dealing with three possibilities of R_G , indicated by S. Weinberg (1972, pp. 207-208). They depend on the used system of coordinates and metric.

$$R_{G(1)} = \frac{2Gm_G}{c^2}; \quad R_{G(2)} = \frac{Gm_G}{c^2}; \quad R_{G(3)} = \frac{Gm_G}{2c^2}$$

In the case $R_{G(2)} = l_G$ the metric is expressed in its harmonic form.

1.4. Some historical pieces of information about Natural Units determined by three Einstein's relativity theory constants c , κ and Λ

In the present paper I am going to introduce a toy-model of some domains of the physical reality in which the Einstein's cosmological constant Λ plays its important part. I call it toy-model because I shall play with universal constants recognized in our human physics. They are the players in the proposed game. My purpose is only to indicate some new

aspects connected with the still hypothetical Dark Energy. Of course, the objective problems connected with Dark Energy cannot be resolved only by playing with constants. They must be resolved first of all by hard sophisticated mathematical work and by always more precise observations and experiments.

Nevertheless playing with universal constants we can sometimes arrive to interesting results. For example the coefficients $\frac{c^4}{G}$ and $\frac{c^5}{G}$ composed of two universal constants c and G used in General Relativity and Relativistic Cosmology have the dimensions of force and power and it is easy to show (Kostro 1999, pp.182-189; 2000, pp. 143-149) that these two coefficients have to be considered as the greatest possible limitary force F_{lim} and power P_{lim} in Nature

$$F_{lim} = \frac{c^4}{G} = 1.2107 \cdot 10^{44} \text{ N}; \quad P_{lim} = \frac{c^5}{G} = 3.63 \cdot 10^{52} \text{ W}.$$

Therefore e.g. we cannot construct an accelerator in which the increase of momentum per second and the liberation of energy per second could be greater then $\frac{c^4}{G}$ and $\frac{c^5}{G}$ (Kostro 2010, pp. 165-179). Aristotle and medieval philosophers talked already about *minima et maxima naturalia*. F_{lim} and P_{lim} are *maxima naturalia*.

2. The players of the proposed toy-model

Let's introduce first the players that I will use frequently in the A -toy- model of our visible universe and its Dark Energy.

- a. c – the limitary velocity of transfer of energy and momentum. The velocity of light is the best example of such a limitary transfer.
- b. G – gravitational mathematical coefficient introduced by Newton to connect the gravitational force $F = mg$ with two gravitationally interacting charges m and m inversely to the square of distance $\frac{1}{R^2}$, $F = mg = \frac{Gm^2}{R^2}$. The ratio $\frac{m^2}{R^2}$ has not the dimension of a force. To receive such dimension we must multiply it with the coefficient G .

Note, however, that its inverse $\frac{1}{G} = 1.498 \cdot 10^{10} \text{ kg m}^{-3} \text{ s}^2$ has a specific physical meaning in GR. The dimensional analysis of it shows that it is a product of mass density $\rho = \frac{m}{l^3}$ and the square of time t^2 . Hence $\frac{1}{G} = \frac{m}{l^3} t^2 = \rho t^2$. For example, in the introduced above Stoney's, Planck's and Kittel's Units we are dealing with the following relations:

$$\rho_p t_p^2 = \rho_s t_s^2 = \rho_G t_G^2 = \frac{1}{G} = 1.498 \cdot 10^{10} \text{ kg m}^{-3} \text{ s}^2$$

Note that the relation between density and time has also a real physical meaning in the whole Universe shown in Friedman's equations.

- c. The physical cosmic meaning of the inverse of the Newtonian gravitational constant $\frac{1}{G}$.

Since the gravitational constant concerns the whole universe let's study the part played by the relation mass density and square time $\frac{1}{G} = \frac{m}{l^3} t^2 = \rho t^2$ in the standard model of the Universe in which it is assumed that $\Lambda > 0$ and its geometry is flat and therefore its curvature parameter $k = 0$. Let's repeat that the relation ρt^2 is contained as a basic mathematical structure in Friedman equations also in the standard model in which on the base of recent observations and theoretical consideration the age of the Universe is estimated to be $T_{H_0} = \frac{1}{H_0} \sim 13,84$ billion years i.e., $\sim 4.367452262 \cdot 10^{17}$ s.

The Friedman equation of the model with $k = 0$ and $\Lambda > 0$ has the following form

$$(8\pi G \rho_G / 3) + (\Lambda c^2 / 3) - H^2 = 0$$

(where ρ_G is the average mass density of the gravitational ponderable matter).

In the standard model the average mass density $\rho = \rho_G + \rho_\Lambda$ in the universe is considered to be equal to the so-called time depended critical density ρ_{crit} . It means that

$$\rho = \rho_{crit} = \frac{3H_0^2}{8\pi G} \text{ and } = \frac{3}{8\pi G T_0^2}$$

because in the standard model the Hubble parameter $H_0 = \frac{1}{T_{H_0}}$. The average mass density is considered as the sum of the average mass density of the gravitational ponderable matter ρ_G and the mass density ρ_Λ of lambda mass corresponding to Dark Energy.

$$\rho = \rho_G + \rho_\Lambda = \rho_{crit} = \frac{3H_0^2}{8\pi G} = \frac{3}{8\pi G T_0^2} \sim 9,46 \times 10^{-27} \text{ kg/m}^3$$

Remember that we use in the considered model also the dimensionless density parameters $\Omega_G = \rho_G / \rho_{crit}$; $\Omega_\Lambda = \rho_\Lambda / \rho_{crit}$ related between them as follows $\Omega_G + \Omega_\Lambda = 1$. On the basis of observational WMAP 7-year results $\Omega_\Lambda = 0,728 \pm 0,016$ and $\Omega_G = 0,272 \pm 0,016$. It means that in our present day universe we are dealing with about 72% of Dark Energy and about 28% of gravitational ponderable matter.

Which is the relation between the present day critical density ρ_{crit} , and the present day square age of our Universe T_0^2 ? Is it equal to $\frac{1}{G}$? The $\frac{1}{G}$ enters in the relation but with a dimensionless coefficient. Here it is: $\rho_{crit} T_0^2 = \left(\frac{3}{8\pi}\right) \frac{1}{G}$; The dimensionless coefficients for $\rho_G T_0^2$, $\rho_\Lambda T_0^2$ and also $\rho_\Lambda t_\Lambda^2$ have their own dimensionless coefficients used in GR. When the age of the universe was equal to t_Λ then the coefficient was $\left(\frac{1}{8\pi}\right)$. Therefore we write $\rho_\Lambda t_\Lambda^2 = \left(\frac{1}{8\pi}\right) \frac{1}{G}$.

- d. $\kappa = 8\pi G c^{-4}$

The constant κ is sometimes called Einstein's gravitational constant. It is the coefficient that is a component of his General Relativity equation. It has the dimension of an inverse force, as was already indicated, of the lambda force

$$F_\Lambda = c^4/8\pi G = \frac{1}{\kappa} = 4,81 \cdot 10^{42} \text{ N}$$

As well known in GR we do not speak about gravitational force. Gravitation is considered as result of the curvature of space – time. However the GR equation that contains in itself the force $\frac{1}{\kappa}$ in a hidden way is not complete. When we would like to apply it to the whole universe there must be introduced into it a centrifugal pressure to avoid the gravitational collapse. This pressure consists in the acting of the lambda force $\frac{1}{\kappa}$ on an inverse surface that is just lambda Λ . So we see that the force $\frac{1}{\kappa}$ is not a gravitational force but the Λ -force.

It is present in the action Lagrangian $S = \int [\frac{1}{2\kappa}(R - 2\Lambda) + \mathcal{L}_M] \sqrt{-g} d^4x$.

Note that from this Lagrangian can be derived the Einstein's equation of GR with Λ applied by him to the whole universe.

e. Λ constant.

When Einstein in 1917 applied his General Relativity to the whole Universe he became aware that because of gravitation his universe will collapse. But he was convinced that the universe is stable. Therefore to introduce equilibrium and stability he introduced an anti-gravitational pressure of the vacuum. We are dealing with pressure when a force is acting on a surface. In our case it is the lambda force $\frac{1}{\kappa}$ acting on lambda surface A_Λ

$$P_\Lambda = \frac{\Lambda c^4}{8\pi G} = \frac{\Lambda}{\kappa} \sim 5,73 \cdot 10^{-10} \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

In our human scale it is weak. Some properties of the Dark Energy are considered by cosmologists as constant e.g. its density of mass and energy.

The lambda pressure P_Λ is known since long time in Relativistic Cosmology, but the majority of lambda units that I try to introduce are unknown.

As regards the cosmological constant Λ . it has the dimension of an inverse surface i.e. a unit surface on which the Λ - force $= \frac{1}{\kappa}$ presses. We can obtain it for the standard model as result of Friedman eqs.

$$\Lambda = 3\Omega_{\Lambda 0}/R_{H0}^2 = 3\Omega_{\Lambda 0}/c^2 T_{H0}^2 \sim 1.28 \cdot 10^{-52} \text{ m}^{-2}$$

Where R_{H0} is the present day Hubble radius and T_{H0} - the present day Hubble time i.e. the present day age of the Universe.

3. The three basic lambda units: Lambda-length, Lambda-time and Lambda-mass reminded

Since Λ has the dimensions of an inverse surface we obtain, in easy way. the Λ - surface. Inverting Λ we obtain

$$\Lambda \text{ - surface} \quad A_\Lambda = \frac{1}{\Lambda} \sim 7,8 \cdot 10^{51} \text{ m}^2$$

Since A_Λ as unit is a square the Λ - length is its side. Hence

$$\Lambda \text{ - length} \quad l_\Lambda = \frac{1}{\Lambda^{1/2}} \sim 8,84 \cdot 10^{25} \text{ m} \sim 9,34 \text{ billion light years}$$

Since $l_\Lambda = ct_\Lambda$ hence $t_\Lambda = \frac{1}{c\Lambda^{1/2}} \sim 2,95 \cdot 10^{17} \text{ s} \sim 9,34 \text{ billion years}$

As we can see l_Λ and t_Λ are extremely large especially with respect to Stoney's l_s and t_s and Planck's l_p and t_p which are extremely small.

Λ - mass as unit can be derived in simple way writing the product of Λ - mass density ϱ_Λ (known since longtime in the standard model) and of Λ - volume as unit l_Λ^3

$$m_\Lambda = \varrho_\Lambda l_\Lambda^3 = \frac{c^2}{8\pi G \Lambda^{1/2}} = \frac{1}{c^2 \kappa \Lambda^{1/2}} \sim 4.75 \cdot 10^{51} \text{ kg}$$

In the same way we derive the unit Λ - energy E_Λ writing the product of Λ - energy density $\varrho_\Lambda c^2$ (known also since longtime in the standard model) and of Λ - volume as unit l_Λ^3

$$E_\Lambda = \varrho_\Lambda c^2 l_\Lambda^3 = \frac{c^4}{8\pi G \Lambda^{1/2}} = \frac{1}{\kappa \Lambda^{1/2}} \sim 4,27 \cdot 10^{68} \text{ J}$$

They are also extremely large especially with respect to Stoney and Planck mass and energy. In my paper (Kostro 2018) I introduced the whole list of Λ - Units.

Among the Λ - units there are (1) the Λ - Mega Quantum of Action

$$H_\Lambda = \frac{1}{c\kappa\Lambda} \sim 1,35 \cdot 10^{86} \text{ J} \cdot \text{s} \sim 8,42 \cdot 10^{95} \text{ GeV} \cdot \text{s}$$

and (2) the Λ - Mega Quantum of Angular Momentum

$${}'H_\Lambda = \frac{1}{2\pi c\kappa\Lambda} \sim 2,15 \cdot 10^{85} \text{ J} \cdot \text{s}.$$

They look esthetically very well because in them there is an inverse of the three Einstein's constants c , κ and Λ . But have they any physical meaning? Does correspond to them anything in the physical reality? Can we attribute a kind of spin to all visible spheres? Let's now put them in their historical context.

4. Some historical data concerning the introduction and physical meaning of the quantity called action

The physical quantity called *action* has been introduced into classical physics by Pierre Louis Moreau. de Maupertuis (1698-1759). He also introduced the principle of the least action. In order to understand the physical meaning of the new quantity let me first introduce some historical data concerning the evolution of the dynamical conception of the physical causality in classical physics and its impact on modern physics. To visualize the evolution let's use the following schedule

	cause	=	effect
Newton	F	=	ma
Descartes	$F\Delta t$	=	$m \Delta v$
Leibniz	$F\Delta l$	=	$\frac{mv^2}{2}$
Maupertuis	$F\Delta l \Delta t$	=	$ma \Delta l \Delta t$
	$W\Delta t$	=	$E_{kin} \Delta t$
	$I\Delta l$	=	$m \Delta v \Delta l$

According to Newton the category of cause is represented by the force F itself and the category of effect by acceleration a . Descartes was of the opinion that the category of cause is represented by the impulse of the force $F\Delta t$ because according to him the force to be able to do something must act during certain time interval and the effect manifests itself in the increase of momentum $m \Delta v$, Leibniz was of the opinion that the category of cause is represented by the work $F\Delta l$ done by force because according to him the force to be able to do something must act along certain path and the effect manifests itself in the increase of kinetical energy $\frac{mv^2}{2}$. Finally Maupertuis has shown that the acting force in order to do something must act along certain path and during certain time. So in his definition of the physical cause we are dealing with the acting force that has its path and time of acting. He gave to $F\Delta l \Delta t = W\Delta t = I\Delta l$ the name «action».

We are dealing with action not only in an accelerated motion considered above but also in all other kinds of motion because in all kinds of movement we are dealing with a transfer of momentum and energy along certain spatial distance (path) and during certain time (time interval) and also with a transfer of angular momentum in rotational motion when the angle of rotation changes.

The known Polish physicist Czesław Białobrzęski has often pointed out that action is the richest in meaning physical quantity because the notion of action expresses a physical dynamical process, in which the dynamical quantities are connected with space-time parameters:

dynamical quantities		space-time parameters
$action = momentum$	×	$path$
$action = energy$	×	$time$
$action = angular momentum$	×	$angle \ of \ translation$
$action = force$	×	$path \times \ time$
$action = work$	×	$time$
$action = impulse \ of \ force$	×	$path$

At the beginning of XX century the quantic nature of action and angular momentum in the micro-world was discovered. This quanta are interpreted sometimes as fundamental physical events because we deal in such cases with quantic transfer of energy and momentum along a certain distance and during certain time interval and also with a quantized transfer of angular momentum in rotational motion when the angle of rotation changes.

Maupertuis formulated also the “Least Action Principle” describing the trajectory in space and time of the transfer of energy and momentum. However, when the variational calculus has been introduced into the formulation of the mentioned principle it has been discovered that action is submitted to a larger variational principle because it is not only a minimum but, in certain cases, it can be also a maximum. Therefore it is now more correctly to call it principle of extremal action. It is often called also principle of stationary action. Since the Planck’s quanta of action and angular momentum h and \hbar and Stoney’s quantum of action h_S , which govern in the micro-world, are extremely small ($h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.054 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ and $h_S = K \frac{e^2}{c} = 7,69 \cdot 10^{-37} \text{ J} \cdot \text{s}$) we can ask the question whether the A - Mega Unit of Action, which is extremely Large ($H_\Lambda = \frac{1}{c\kappa\Lambda} \sim 1.35 \cdot 10^{86} \text{ J} \cdot \text{s} \sim 8.42 \cdot 10^{95} \text{ GeV} \cdot \text{s}$), is the Mega Quantum of Action which governs in the Large Scale–World.

The stationary (extremal) principle of action mentioned above was central in the classical physics and remains central in modern physics being applied in the theory of relativity (special and general), in quantum mechanics and quantum field theory. In General Relativity applied to the cosmos i.e. with Einstein’s cosmological constant Λ the Lagrangian of action has the following form.

$$S = \int [\frac{1}{2\kappa}(R - 2\Lambda) + \mathcal{L}_M] \sqrt{-gd^4x}$$

Where $\frac{1}{\kappa}$ is the lambda force, R is the Ricci curvature scalar, Λ is Einstein’s cosmological constant, the term \mathcal{L}_M is describing any matter fields appearing in the theory and $g = \det(g_{\mu\nu})$ is the determinant of the metric tensor.

When we introduce the lambda unit of action into the action Lagrangian of GR then it looks as follows

$$S = \int [H_\Lambda (R \frac{\Lambda c}{2} - \Lambda^2 c) + \mathcal{L}_M] \sqrt{-gd^4x}$$

In such a way we can see how the action in General Relativity with Λ depends in a natural way on the A - mega unit of action. This aspect is here explicitly shown.

5. Toy-point-observers

Like Boltzman has introduced his demon and Schrödinger his cat let me introduce the toy-point- observers that exist in every point of our universe from the beginning and have eyes looking in all directions. Each of them has his sphere of observation, his visible sphere. The background radiation is seen in each visible sphere as their visible horizon

Their visible universes are a spherical volumes (balls) centered on a toy-observer. Every location of a toy observer in the Universe has its own visible universe, which may or may not overlap with the one centered on Earth. The radius R_o of each visible sphere increases with time. The present day R_o is for each observer about 13, 84 billion light years long. Each visible sphere is a ball causally bounded because of the limitary velocity c . The horizon of each toy observer runs away with the velocity c . In the expanding space

of the Universe the causally bounded observation spheres can be separated, can touch or partially cover (overlap) each other.

Cosmologists has introduced also another observable sphere called Hubble sphere in which it is shown how far the observed galaxies are really now. The edge of the observable universe conceived in such a way is about 46,5 billion light years away. So the diameter of the Hubble sphere is about 93 billion light-years long.

According to our present day knowledge our universe is flat at least in the scale of our visible sphere and therefore we can use with great approximation to such a sphere the Euclidian equation $V = (4/3)\pi R^3$. So, when the age of the universe was equal to the Λ - time the Λ - sphere volume was $S_\Lambda = \frac{4\pi}{3(\Lambda^{1/2})^3} \sim 3,22 \cdot 10^{78} m^3$.

When we “turn back our clocks” then we can imagine the past. The visible spheres would become smaller and smaller and the toy-point-observers would be closer and closer to each other. But there are minimal limitary distances between them. In Planck system of units the Planck length is such a limitary distance.

6. Crucial age in the evolution of our universe. The new acceleration of its expansion called by some cosmologist the second inflation that took place about 9 billion years after the Bing Bang does it coincides with the lambda time?

Every point in the universe (from which the universe becomes “visible” when we connect with it “a toy-point-observer”) is the center of the centrifugal pressure that is the source of the expansion of the universe in all directions. The accelerating expansion of the universe manifests itself in the observation that the universe expands at an increasing rate, so that the velocity at which a distant cluster of galaxies is receding from the observer is continuously increasing with time. The accelerated expansion was discovered in 1998, Cosmologists at the time expected that the expansion would be decelerating due to the gravitational attraction of the matter in the universe. The observations have proved the opposite. It is estimated that the second inflation began about 9 billion years after the Bing Bang. So the expansion of the universe is thought to have been accelerating since the universe entered its dark-energy-dominated era roughly 5 billion years ago.

It is interesting to note that just at the crucial age the radius of the universe was about 9, 34 billion light years long (i.e. it was equal to the Λ – length $l_\Lambda = \frac{1}{\Lambda^{1/2}} \sim 8,84 \cdot 10^{25} m$) and the age of the universe was about 9, 34 billion years old (i.e. it was equal to Λ - time $t_\Lambda = \frac{1}{c\Lambda^{1/2}} \sim 2,95 \cdot 10^{17} s$). Let’s add that in the crucial event Λ - time became fully real and the Λ – length as well. Thus we can say that the age of the accelerating expansion of the universe and the Λ - time coincide. At the crucial age of the universe $T_+ = t_\Lambda = \frac{1}{c\Lambda^{1/2}}$ also the Mega Quantum of Action $H_\Lambda = \frac{1}{c\kappa\Lambda}$ fully occurred. The lambda force $\frac{1}{\kappa}$ acting in all directions along the crucial radius of the causally bounded visible universe $R_+ = l_\Lambda = \frac{1}{\Lambda^{1/2}}$ during the crucial age of the universe $T_+ = t_\Lambda = \frac{1}{c\Lambda^{1/2}}$ does perform the Mega quantum of Action $H_\Lambda = \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{1}{\Lambda^{1/2}} \cdot \frac{1}{c\Lambda^{1/2}} = \frac{1}{c\kappa\Lambda} \sim 1.35 \cdot 10^{86} J \cdot s$). If we assume the interpretation that

quanta of action have to be considered as physical events then at the beginning of the crucial era a Mega Physical Event happened. At the crucial event there appeared also the lambda portions of energy as unites $E_\Lambda = \rho_\Lambda c^2 l_\Lambda^3 = \frac{c^4}{8\pi G \Lambda^{1/2}} = \frac{1}{\kappa \Lambda^{1/2}} \sim 4,27 \cdot 10^{68} J$ (i.e. lambda energy contained in a Λ - volume forming an Euclidian cube with the side equal to $l_\Lambda = \frac{1}{\Lambda^{1/2}}$) and the portions of the corresponding Λ - mass units $m_\Lambda = \rho_\Lambda l_\Lambda^3 = \frac{c^2}{8\pi G \Lambda^{1/2}} = \frac{1}{c^2 \kappa \Lambda^{1/2}} \sim 4,75 \cdot 10^{51} kg$ contained in the same Λ - volumes.

6.1. Which was the proportion between the Dark Energy and Gravitational Ponderable Matter at the crucial age $T_+ = t_\Lambda$ of the Universe?

At the crucial age $T_+ = t_\Lambda = \frac{1}{c \Lambda^{1/2}}$ the so-called critical density of the Universe was $\rho_{crit+} = \frac{3H_+^2}{8\pi G} = \frac{3}{8\pi G T_+^2} = \frac{3}{8\pi G t_\Lambda^2}$. Then the a-dimensional density parameters $\Omega_{A+} = \rho_\Lambda / \rho_{crit+} = 0,33$ and $\Omega_{G+} = \rho_G / \rho_{crit+} = 0,66$. It means that at the crucial age of the Universe there were 33% of Dark Energy and 66% of Gravitational Ponderable Matter.

Nevertheless the centrifugal pressure of Dark Energy overcame the gravitational attraction of the ponderable matter. Why? The gravitational interactions are interactions between masses of the ponderable matter. So we can assume that at the crucial age the half part of the ponderable matter interacted with the second part. We can divide the matter inside the causally bounded sphere doing symmetrical sections of the sphere into two hemispheres, Such hemispheres interact on the average at the distance equal to the radius of the sphere $R_+ = l_\Lambda = \frac{1}{\Lambda^{1/2}}$. At the crucial age the Kittel's gravitational action, is given by $H_{G+} = \frac{G m_{G+}^2}{c}$ where m_{G+} is the half part of M_{G+} . Simple mathematical transformations and calculations show that $H_{G+} = \frac{H_\Lambda}{8\pi} = \frac{1}{8\pi \kappa \Lambda}$ and that, applying the Newtonian approximation, the $F_{G+} = \frac{F_\Lambda}{8\pi} = \frac{1}{8\pi \kappa}$. As we can see the gravitational interactions began then to be 8π times weaker than the Λ - pressure and so the second inflation could develop. Note that the quantity of Dark energy increases when the radius R of the causally bounded sphere increases. The radius is raised to the third power according to the equation $E_{\Lambda o} = \rho_\Lambda c^2 R_o^3$.

6.2. Will there be a second crucial age in the evolution of our Universe when it enters in the age equal to $2 t_\Lambda$ i.e. when our Universe will be 18,68 billion years old? Will then begin a second crucial epoch T_{++} ?

On the one hand when the lambda epoch like era began the quantity of the Dark Energy permanently increases. On the other hand the gravitational ponderable matter becomes permanently rarified and therefore the gravitation attraction is becoming weaker and weaker. What will be happen when our Universe will enter in the age $T_{++} = 2t_\Lambda = \frac{2}{c \Lambda^{1/2}} \sim 18,68$ billion years? Will it change its topology? Now in the standard model (i.e. with the curvature parameter $k=0$ and $\Lambda > 0$) it is considered to be flat. Will it change its curvature parameter into $k=+1$ or $k=-1$? These are open questions. Note that at the

second crucial age $T_{++} = 2t_{\Lambda} = \frac{2}{c\Lambda^{1/2}}$ the so-called critical density of the Universe will be $\rho_{crit++} = \frac{3H_{++}^2}{8\pi G} = \frac{3}{8\pi G T_{++}^2} = \frac{3}{8\pi G (2t_{\Lambda})^2} = \frac{3}{\kappa c^4 (2t_{\Lambda})^2}$. Since $(2t_{\Lambda})^2 = \frac{4}{c^2\Lambda}$ we obtain finally $\rho_{crit++} = \frac{3\Lambda c^2}{4 \times 8\pi G} = \frac{3\Lambda}{4\kappa c^2}$. The mass density of Dark Energy is treated in the standard model as constant $\rho_{\Lambda} = \frac{\Lambda c^2}{8\pi G} = \frac{\Lambda}{\kappa c^2} = \text{const.}$ Let's now calculate the a-dimensional density parameter $\Omega_{\Lambda} = \rho_{\Lambda} / \rho_{crit++} = \frac{\frac{\Lambda}{\kappa c^2}}{\frac{3\Lambda}{4\kappa c^2}} = \frac{4}{3} = 1,33$. As we can see ρ_{Λ} is greater than ρ_{crit++} . What does it mean? I ask the question to the scientific community.

Let's conclude Stoney's and Planck units play an important part especially at the beginning of the Universe instead the lambda units in its evolution that is still investigated.

7. The proposed toy-model fits to a certain extent with Louis de Broglie relativistic wave mechanics that was introduced at the historical beginning of QM

Perhaps we have to start with de Broglie wave mechanics of large scale. De Broglie started with the assumption that $h\nu = mc^2$. Let's follow him taking into account the Λ -Units.

$H_{\Lambda}v_{\Lambda} = m_{\Lambda}c^2 = E_{\Lambda} \sim 4,41 \cdot 10^{68} J$ where $v_{\Lambda} = \frac{1}{t_{\Lambda}}$ (i.e. ones every 9.34 billion years) and the lambda wavelength is then equal to lambda length $\lambda_{\Lambda} = l_{\Lambda} = \frac{H_{\Lambda}}{m_{\Lambda}c} \sim 9,34$ billion light years and the lambda wave period is equal to lambda time $T_{\Lambda} = t_{\Lambda} = \frac{H_{\Lambda}}{E_{\Lambda}} \sim 9,34$ billion years.

Let's repeat that the lambda mass M_{Λ} is not a ponderable gravitational mass. The Dark Energy is a pure energy and its corresponding mass is not a rest mass. The lambda wave can be treated by the toy-observers in their visible spheres as a spherical wave the front of which is running away with the velocity c . Its frequency $\nu_{\Lambda} = 1/T_{\Lambda} = c\Lambda^{1/2} = (c^2\Lambda)^{1/2} \sim 3,27 \cdot 10^{18} s^{-1}$.

Let's return to Maupertuis operational definitions of the physical dynamical cause considered as physical action: $F \cdot \Delta l \cdot \Delta t$ (i.e. product of the acting force and path and time of its acting) or $W \cdot \Delta t$ (*work \cdot time*) or $I \cdot \Delta l$ (*impulse of force \cdot path*).

Let's now apply them to the causality of Dark Energy. Its repulsive action caused by the centrifugal lambda force $F_{\Lambda} = \frac{1}{\kappa}$ in all directions along the radius $R_{+} = l_{\Lambda}$ and during the time $T_{+} = l_{\Lambda}$ of expansion was with respect to each chosen toy- point observer in our Universe when our Universe was 9,34 billion years old. Then in every causally bounded observational sphere a lambda quantum of action H_{Λ} occurred. There (i.e. in every causally bounded observational sphere) occurred also a mega quantum of centripetal action of the ponderable matter $H_{G+} = \frac{H_{\Lambda}}{8\pi} \sim 5,37 \cdot 10^{84} J \cdot s \sim 3,35 \cdot 10^{94} GeV \cdot s$. So when the first crucial epoch happen two mega quanta occurred in the visible causally

bounded spheres in the Universe. In the micro-world there are working the Planck's and Stoney's quanta of action which are extremely small. Perhaps in the large-scale-world there are working large-scale quanta of action which are extremely large.

Since in each visible sphere the distribution of the ponderable matter (Dark Matter and Ordinary Matter) is very random and λ stands in relation with the metric tensor Ag , with its components ($g_{\mu\nu}$) therefore we can try to introduce Mega Heisenberg uncertainties relations concerning Dark Energy and Ponderable Matter. That is only my suggestion

$$\begin{aligned} \Delta E_{\Lambda} \Delta t_{\Lambda} &\geq H_{\Lambda} & \Delta E_G \Delta t_G &\geq H_G \\ \Delta p_{\Lambda} \Delta l_{\Lambda} &\geq H_{\Lambda} & \Delta p_G \Delta l_G &\geq H_G \end{aligned}$$

Can H_G that occurred also at the crucial moment be considered as constant or is it time dependent because the density of ponderable matter slows down. Both of them occurred at the critical crucial moment. Can the two constants H_{Λ} and H_G become paramiters of the future quantisation in mega scale? I am not able to answer this question? That is an open question that I ask the scientific community. When the answer will be "Yes" then we can try to introduce the Heisenberg like mega uncertainty relations. At the crucial moment the first lambda mega quantum of action H_{Λ} occurred. The density of the ponderable matter mass and energy began to decrease. Perhaps the unification of the Relativistic Cosmology with QM has to be done in the mega scale domain and not in the micro scale one.

8. Final remarks

Gravitational and lambda interactions are entirely negligible and insignificant in the micro world of the elementary particles and at the beginning of the universe evolution. But they are very significant in the mega scale among celestial bodies, galaxies and especially among the clusters of galaxies and therefore H_{Λ} and H_G play their part in Mega Scale. Note that the gravitational waves were discovered when great black holes collided. Perhaps lambda fluctuations will be discovered in large scale phenomena like e.g. the so-called second inflation. When the age of the universe will arrive to $2t_{\Lambda}$ what will happen? The future generations will answer the question.

We must be aware that mathematical models of reality are not the reality but only our mental constructions that help us in our cognition of the reality. The mathematical model of the atom of hydrogen is not an atom of hydrogen as well as the mathematical model of our universe is not the universe.

All our mathematical models contain approximations and sometimes dangerous simplifications. We must control and investigate the degree of approximation and simplification. We must control if the degree of approximation and simplification are still admissible and therefore good or bad. In a good theory the degree of approximation should be the highest possible and the degree of the bad simplification the lowest possible.

Perhaps the introduced in my paper toy-model belongs to models created only by my human fantasy and Einstein if he was present at our congress he would get a loud laugh of it.

References

- Białobrzeski Cz. (1937). „Syntetyczny rozwój pojęć fizyki”. *Przegląd Filozoficzny*, 40 (1), pp. 8-18.
- Kittel Ch., Knight W.D., Ruderman M. A. (1965). *Berkeley Physics Course: Mechanics*, 1. New York: McGraw-Hill.
- Kostro L. (2018). *A- Units and A- Quantum of Action have they any physical sense?* in Amoroso R.L., Kauffman L.H., Rowlands P., Albertini G. (eds.), *Unified Field Mechanics II: Formulations and Empirical Tests. Proceedings of the Xth Symposium Honoring Noted French Mathematical Physicist Jean-Pierre Vigiér*, Porto Novo, 25-28 July 2016, March 2018. Singapore: World Scientific, pp. 481-487.
- Kostro L. (2016). *Are there Mega Quanta of Action Playing Part in Hubble Spheres?*, in Amoroso R.L., Kauffman L.H., Rowlands P., Albertini G. (eds.), *Unified Field Mechanics: Natural Science Beyond the Veil of Spacetime. Proceedings of the IXth Symposium Honoring Noted French Mathematical Physicist Jean-Pierre Vigiér*, Morgan State University, USA, 16-19 November 2014. Singapore: World Scientific, pp. 518-521.
- Kostro L. (2010). “The Physical Meaning of the Coefficients c^n/G , ($n=0, 1\dots5$) and the Standard Model of the Universe”, in Amoroso R.L., Rowlands P., Stanley J. (eds.), *Search for Fundamental Theory*. New York: AIP, pp. 165-179.
- Kostro L. (2000). “The quantity c^5/G interpreted as the greatest possible power in nature”. *Physics Essays*, 13 (1), pp. 143-149.
- Kostro L., Lange B. (1999). “Is c^4/G the greatest possible force in nature?”. *Physics Essays*, 12 (1), pp. 182-189.
- Planck M. (1899). “Sitzungsberichte der Preuss”. *Akademie der Wissenschaften, Mitteilung*, 5, pp. 440-480.
- Stoney G.J. (1881). “On the Physical Units of Nature”. *Philosophical Magazine*, 5 (11), pp. 381-391.
- Stoney G.J. (1874). “On the Physical Units of Nature”. *Notes and Records of the Royal Society*, 29, (October 1874), Plate 14.
- Weinberg S. (1972). *Gravitation and Cosmology*. New York: J. Wiley and Sons.

Franco Selleri. The courage of ideas

Francesco Guerra – Università di Roma “La Sapienza” – Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, sezione di Roma – francesco.guerra@roma1.infn.it

Caro Augusto,

mi compiacio altamente per la vostra iniziativa di dedicare una *topical session* al tema *Franco Selleri (1936-2013). His research and legacy on the foundations of Quantum mechanics and relativity*, nell’ambito del XXXVII Congresso nazionale della Società italiana degli storici della Fisica e dell’Astronomia.

Avevo aderito prontamente al vostro cortese e graditissimo invito, con l’intento di svolgere una relazione dal titolo *Franco Selleri. The courage of ideas*.

Sfortunatamente la tempistica dei programmi rende impossibile la mia partecipazione.

Tuttavia vorrei essere presente all’importante evento di Bari non solo *in spiritu*, ma anche con una testimonianza diretta. Vorrei pregarti quindi di leggere questa lettera ai partecipanti, dove ho sintetizzato i passi più rilevanti del mio intervento.

Ho conosciuto personalmente Franco Selleri a Bari nel 1973, dove mi aveva invitato per un seminario sulla meccanica stocastica di Edward Nelson, applicata alla teoria quantistica dei campi. Un argomento che per le sue motivazioni s’inquadrava bene con i recenti interessi di Selleri sui fondamenti della Meccanica quantistica.

Ero da poco tornato da Princeton, dove avevo mostrato la grande utilità della formulazione euclidea della teoria dei campi, a lungo propugnata da Kurt Symanzik e da Edward Nelson. In collaborazione poi con Lon Rosen e Barry Simon, avevamo ottenuto una serie importante di risultati nell’ambito della teoria costruttiva, che portarono in particolare alla dimostrazione dell’esistenza di campi quantistici interagenti, che soddisfano gli assiomi di Wightman, almeno in uno spazio-tempo bidimensionale, o anche tridimensionale.

Dopo il ritorno da Princeton, mi ero dedicato allo studio e approfondimento di un’altra grande idea di Nelson: la formulazione della Meccanica quantistica in un ambito probabilistico, che forniva, nelle parole di Nelson, una «Derivation of the Schrödinger equation from Newtonian mechanics». Si tratta della celebre meccanica stocastica di Nelson, sulla quale si è svolta un’intensa attività di ricerca sull’arco degli ultimi cinquant’anni. L’impostazione originaria di Nelson, come testimonia anche il titolo del suo primo lavoro, lo fa includere tra gli “eretici”, nel senso precisato in seguito.

Insieme con Patrizia Ruggiero, allora coinvolta nella preparazione della tesi di laurea, avevamo fatto vedere che la teoria euclidea dei campi coincide con un’estensione della meccanica stocastica di Nelson al caso di campi relativistici.

Nel corso della mia visita a Bari la discussione si allargò in modo naturale, dalla meccanica stocastica di Nelson alle strutture generali della Meccanica quantistica e ai

paradossi dell'interpretazione di Copenaghen. Fui impressionato dalla personalità complessiva di Franco Selleri in cui una solida formazione fisica, si accoppiava con una forte spinta culturale verso il realismo, in un ambito di grande coraggio intellettuale e di assoluta onestà scientifica. La sua pacatezza nell'affrontare le questioni, anche quelle più scottanti dove non c'era accordo, e il suo argomentare sempre rivolto verso gli aspetti concettuali oggettivi e le possibili verifiche empiriche, destavano grande ammirazione. Queste caratteristiche peculiari sono state pienamente confermate in tutti i nostri frequenti incontri successivi, nel corso di quasi quarant'anni.

Franco Selleri è innanzitutto un fisico teorico di grande classe, capace di dare contributi d'altissimo livello nei settori più avanzati della fisica teorica delle particelle elementari, fin dagli anni giovanili. Il suo modello "periferico", che interpreta una parte rilevante dell'interazione protone-protone come dovuta allo scambio di un singolo mesone, trovò immediatamente molteplici applicazioni, in particolare sulla produzione di mesoni nell'urto e sulla diffusione diffrattiva, in una serie di lavori svolti in prestigiose collaborazioni, con Ugo Amaldi, Francesco Bonsignori, Ezio Ferrari.

Non è solo una curiosità ricordare che anche Giuseppe Da Prato, il famoso matematico di Pisa, lavorò in epoca giovanile su questi problemi.

Verso la fine degli anni Sessanta si matura una profonda conversione degli interessi scientifici di Selleri verso i fondamenti della Meccanica quantistica.

Si profila un Selleri "eretico". Cercherò di dimostrare che non si tratta di "eresia", ma della coraggiosa esplorazione di territori scientifici e concettuali, comunemente ritenuti ben sistemati, in realtà ben lungi dall'aver ottenuto la sistemazione definitiva. Un sottoprodotto dell'interesse verso i fondamenti della Meccanica quantistica è stata l'analisi critica della Relatività ristretta, che ha portato addirittura alla formulazione di nuove proposte per la teoria relativistica.

Il primo segno di "eresia" in Selleri, nella seconda metà degli anni Sessanta, fu la sua proposta di non conservazione del momento angolare, che avrebbe portato ad una migliore comprensione di alcuni aspetti peculiari della fisica di un insieme di particelle elementari, dette convenzionalmente "strane". La proposta fu inizialmente accolta con grande interesse. Ricordo che a Napoli ne discutemmo a fondo. Addirittura persi uno studente brillantissimo che mi aveva chiesto una tesina sulla teoria quantistica dei campi, e che poi optò per il nuovo scottante argomento della non conservazione del momento angolare.

La proposta di Selleri era fisicamente ben fondata. Il momento angolare mancante sarebbe stato assorbito da una nuova forma di eccitazione del vuoto, detta spurione, privo di energia e momento, ma dotato di momento angolare. Lo spurione aveva una origine nobile, proposto addirittura da Werner Heisenberg. Purtroppo la natura aveva deciso di non utilizzare questa possibilità. La non conservazione del momento angolare si rivelò contraria all'evidenza sperimentale e la proposta cadde.

L'"eresia" prosegue con la marcata conversione dalla fisica delle particelle elementari ai fondamenti della meccanica quantistica, verso la fine degli anni Sessanta. L'impostazione culturale di Selleri è improntata ad un sano realismo di origine non semplicemente filosofica, ma spiccatamente fisica, frutto della sua esperienza nella fenomenologia delle particelle elementari. Alcuni degli aspetti più sconcertanti dell'inter-

pretazione della Meccanica quantistica fornita dalla scuola di Copenaghen, e formalizzati in modo matematicamente rigoroso nell'opera di John von Neumann, sembrano manifestamente contrari ad ogni forma di realismo, anche blanda. Il partito degli "eretici" è numeroso e scientificamente ben qualificato, comprendendo nomi del calibro di Maurice de Broglie, Erwin Schrödinger, Albert Einstein, David Bohm, Jean-Pierre Vigièr e così via. Il problema c'è e non può essere eluso.

Selleri si avvicina agli "eretici", e nel corso di una paziente e frenetica attività durata alcuni decenni, fino alla morte, aiutato da un pugno di coraggiosi collaboratori, sottopone a critica serrata tutti gli assunti dell'interpretazione ortodossa, dalla sovrapposizione delle funzioni d'onda, alla riduzione del pacchetto d'onda, alle distribuzioni probabilistiche previste per le osservabili, alla natura convenzionale della funzione d'onda, all'evoluzione non locale e non causale della funzione d'onda.

La critica è condotta sempre con stretto rigore metodologico, coerente con la solida esperienza precedente nel campo della fisica delle particelle elementari, e con la costante guida del valore ultimo dell'esperimento come garanzia della validità di ogni teoria fisica. Un'impostazione generale di schietto stampo galileiano.

Di particolare rilievo l'analisi critica dei risultati sperimentali che si andavano accumulando nel tempo sulla effettiva violazione delle diseuguaglianze di Bell per le distribuzioni quantistiche e le innovative proposte di nuovi esperimenti per chiarire definitivamente la questione.

L'opera complessiva di Franco Selleri si trova dispersa in numerosi articoli su rivista, rassegne, interviste. Sarebbe auspicabile una dettagliata presentazione critica, che mostrasse la dinamica interna dello svolgersi delle sue ricerche, i risultati ottenuti, le speranze non realizzate.

Allo scopo di precisare la mia valutazione della "legacy" di Franco Selleri sui fondamenti della Meccanica quantistica, ritengo opportuno richiamare alcuni punti importanti sulla storia della moderna Meccanica quantistica.

Occorre distinguere nettamente tra "Göttingen" e "Copenaghen".

La moderna Meccanica quantistica è stata "creata" da Werner Heisenberg nel 1925, dopo il famoso soggiorno sull'isola di Helgoland per curarsi da un violento attacco di febbre da fieno. Infatti la motivazione per il premio Nobel per la Fisica del 1932 (annunciato nel 1933), a lui conferito, recita testualmente: «for the creation of Quantum mechanics, the application of which has, *inter alia*, led to the discovery of the allotropic forms of hydrogen».

La struttura introdotta da Heisenberg è estremamente semplice, e motivata dall'esigenza di introdurre solo grandezze osservabili, in contrasto con la vecchia Meccanica quantistica di Niels Bohr e Arnold Sommerfeld, che invece introduceva orbite quantizzate, intrinsecamente non osservabili. La procedura è basata su una geniale *Umdeutung* (reinterpretazione) delle osservabili della meccanica classica, tipicamente posizioni e impulsi di particelle. Le osservabili della Meccanica quantistica sono le stesse della meccanica classica e soddisfano le stesse equazioni del moto. Solo che vengono reinterpretate in senso quantomeccanico. Mentre le osservabili classiche sono contraddistinte dai loro valori numerici che evolvono nel tempo, le osservabili quantistiche in-

vece sono operatori, con appropriate regole di commutazione, che evolvono nel tempo seguendo le stesse equazioni classiche.

L'originaria teoria di Heisenberg (meccanica delle matrici) acquisì in pochi mesi piena completezza fisica con l'apporto di ulteriori importanti contributi da parte di Max Born, di Pascual Jordan e dello stesso Heisenberg, culminati nel famoso *Lavoro dei tre uomini* (*Dreie Männer Arbeit*) del 1926. Arriviamo così alla formulazione della Meccanica quantistica moderna, secondo la scuola di Göttingen (Heisenberg-Born-Jordan).

La caratteristica più importante della formulazione di Göttingen è di fare uso solo di grandezze osservabili. Non esiste il concetto di stato quantistico, che non è un osservabile. In un certo senso tutti gli stati vengono trattati contemporaneamente sullo stesso piano. Lo schema teorico permette di determinare tutte le grandezze osservabili oggetto di misura, in particolare gli autovalori degli stati discreti e la matrice S che fornisce i valori delle sezioni d'urto di tutti i processi di diffusione.

Applicare praticamente questo schema non è facile. Wolfgang Pauli riesce a calcolare lo spettro dell'atomo di idrogeno, in un ambito puramente operatoriale, solo tramite una serie di ardite acrobazie matematiche.

Nella sua essenza strutturale, questo schema costituisce un'estensione della meccanica classica in un senso ben preciso. L'evoluzione quantistica delle osservabili è l'analogo del flusso classico sullo spazio delle fasi, e ad esso si riduce nel limite in cui la costante di Planck diviene trascurabile. Esiste una differenza di fondo tra lo schema quantistico e quello classico. Nel caso della meccanica classica il flusso sullo spazio delle fasi può essere fattorizzato traiettoria per traiettoria. L'evoluzione dinamica delle singole traiettorie, al variare delle condizioni iniziali, riproduce l'intero flusso sullo spazio delle fasi. In Meccanica quantistica una procedura di questo tipo, anche se fortemente auspicata su basi fisiche intuitive, non è possibile, almeno restando nell'ambito delle sole grandezze osservabili.

Quasi contemporaneamente giunge a maturazione, a partire dal 1926, e prevalentemente ad opera di Erwin Schrödinger, un approccio alla Meccanica quantistica completamente differente, anche se fisicamente equivalente negli aspetti osservabili. Questo schema parte dalle profonde intuizioni di Louis de Broglie, premio Nobel 1929 «for his discovery of the wave nature of electrons», che aveva sviluppato le sue idee sulla natura ondulatoria degli elettroni nel senso dell'introduzione di una "onda pilota" che avrebbe guidato il comportamento dinamico dell'elettrone. Erwin Schrödinger, in una serie di fondamentali lavori a partire dall'inizio del 1926, perviene alla corretta formulazione dell'equazione d'onda quantistica che ora porta il suo nome.

Nella formulazione di De Broglie e Schrödinger è molto chiara l'idea che la funzione d'onda abbia una esistenza fisica oggettiva nello spazio-tempo. In particolare, Schrödinger tenta disperatamente di limitarsi a considerare funzioni d'onda reali, e solo alla fine è costretto ad arrendersi all'evidenza che la sua equazione richiede funzioni d'onda complesse nel caso generale. Inoltre, egli difenderà a lungo l'interpretazione della funzione d'onda secondo cui $|\psi|^2$ rappresenta la densità locale di carica dell'elettrone.

La formulazione di Schrödinger ha una grandissima forza intrinseca. Anche se la funzione d'onda non è una osservabile, il suo uso è di grande utilità in tutte le questioni

di tipo applicativo. Per esempio, il calcolo dello spettro dell'atomo di idrogeno si riduce a semplici considerazioni su equazioni differenziali della fisica matematica, in confronto con l'imponente meccanismo operatoriale presente nel trattamento di Pauli.

Per queste ragioni, tra l'altro, l'insegnamento universitario della Meccanica quantistica ha sempre privilegiato la linea di sviluppo Bohr-De Broglie-Schrödinger, di fronte all'impostazione di Göttingen, considerata più astratta e più difficile.

Da un punto di vista storico, dopo l'apparizione dei lavori di Schrödinger, di fatto si stabilisce una sorta di compromesso. Pur non essendo osservabile, la funzione d'onda viene assorbita nell'ambito della Meccanica quantistica generale, come rappresentativa dello stato quantistico. La scuola di Göttingen, e in particolare Heisenberg, partecipa al compromesso, che coinvolge in pieno Niels Bohr. Si perviene così alla cosiddetta interpretazione di Copenaghen della Meccanica quantistica, in cui la funzione d'onda diventa centrale.

Naturalmente ci sono pesanti prezzi da pagare. Innanzitutto, emerge una visione probabilistica della funzione d'onda, secondo la profonda proposta di Born (uno dei tre uomini di Göttingen). Ora la $|\psi|^2$ rappresenta solo la densità di probabilità di trovare l'elettrone in un punto nell'istante considerato. Dio gioca ai dadi!

L'intero catalogo degli aspetti strani, apparentemente inaccettabili, della natura e del comportamento della funzione d'onda emerge in piena evidenza. Gli stati quantistici hanno tra di loro delle sovrapposizioni. Il sistema può essere in uno stato ben definito, ma se sottoposto ad una misura volta ad accertare se è in un determinato diverso altro stato, il risultato può essere positivo. Gli stati hanno "entanglement". Gli stati di un sistema costituito da due sottosistemi non sono in genere il prodotto di stati dei due sottosistemi.

La funzione d'onda subisce una drastica istantanea modifica nel corso di una misura: riduzione del pacchetto d'onda. L'evoluzione della funzione d'onda è apparentemente non locale e non causale.

Vi è un profondo dilemma nella teoria quantistica. Da un lato, è possibile non introdurre affatto il concetto di stato quantistico, come nell'originario approccio di Göttingen, limitandosi alla considerazione delle sole grandezze osservabili. D'altra parte, se l'esigenza di una visione chiara e intuitiva della natura fisica dei fenomeni quantistici fa valere le sue ragioni, l'introduzione del concetto di stato quantistico, in piena analogia con la centralità dello stato in meccanica classica, diventa imperativa. Ma allora la scelta della funzione d'onda, come rappresentativa dello stato quantistico, non osservabile, porta ai noti paradossi. Da Göttingen a Copenaghen. Da Scilla a Cariddi.

Gli "eretici", fortemente critici dell'interpretazione di Copenaghen, hanno esaminato in dettaglio tutte queste caratteristiche "strane" della funzione d'onda, arrivando in alcuni casi addirittura ad un deciso rifiuto della Meccanica quantistica.

Tra gli "eretici" Franco Selleri occupa una posizione speciale per molteplici ragioni. Per il rigore metodologico con cui le analisi sono condotte, per il continuo riferimento alla necessità di validare le teorie in sede sperimentale, per l'audacia nella formulazione di nuove ipotesi, per il coraggio nell'affrontare incomprensioni e ostilità, per la profonda onestà intellettuale, che mira all'accertamento della verità piuttosto che alla valorizzazione personale dei proponenti di nuove teorie.

Quindi una parte notevole della sua “legacy” consiste certamente nell’analisi profonda ed esaustiva degli aspetti paradossali dell’interpretazione di Copenaghen della Meccanica quantistica, che potrebbe costituire un patrimonio comune nella formazione dei giovani ricercatori ed essere utilizzato anche dai ricercatori maturi.

Ma c’è anche un aspetto più profondo, che potrebbe rivelarsi di grande importanza strategica. Le spallate date a Copenaghen potrebbero stimolare le ricerche verso un completamento di Göttingen secondo basi fisicamente realistiche. È questa una grande sfida per il futuro. Capire allora gli obiettivi ultimi attesi e sperati nel corso della quarantennale ricerca di Franco Selleri potrebbe essere di grande aiuto.

Tanti cari saluti a tutti e auguri di buon lavoro.

Francesco

Can the history of the ether receive new boost from geosciences?

Giancarlo Scalera – INGV, Roma – giancarlo.scalera@ingv.it

Abstract: This article is written in honor of my mentor Franco Selleri who has helped to consolidate my awareness of the existence of a medium subtended to ordinary matter, and from which everything comes. From my field, the Earth Sciences, come clues converging on an important role of the ether in the geological evolution of Earth and planets, as well as all the structures of the universe. Paleogeographic reconstructions allow a rough quantitative evaluation of the amount of new ordinary matter that is added to the planet in the unity of time, and the consequent statement of some cosmological consequences and on the inner energy balance of the Earth. The concept of central flow of ether defended here is different from the Lorentian stationary ether, but the two concepts could be made compatible.

Keywords: Ether flow, Expanding Earth, Cosmology, Earth's inner energy.

1. Introduzione

Il mio mentore Franco Selleri era un eccezionale promotore culturale per il quale ogni idea e teoria, anche non da lui condivisibile, era considerata per le sue potenzialità complessive meritevoli di essere sviluppate, o per solo alcuni aspetti parziali capaci di suscitare interesse o di poter essere mattoncini per altre costruzioni. «Leggerai il mio lavoro? Ne terrai conto?» gli chiedevano; «Se solo una idea buona è contenuta nel testo, di quella terrò conto» rispondeva.

Nel mio caso, neolaureato più portato ad un approccio naturalistico che fisico-matematico alla scienza, aveva apprezzato il mio saper superare quello che i teorici sviluppavano, producendo semplici modelli basati su oggetti dell'esperienza (Garuccio *et al.* 1977; Scalera 1983). Qualcosa di simile era accaduto ai tempi del pendolo di Foucault, effetto meccanico che rivelava la rotazione terrestre, ma mai previsto dai grandi teorici dell'epoca, che ne formalizzarono la teoria solo a posteriori. In seguito, dopo avermi indirizzato verso le Scienze della Terra, verso le quali ero più portato, continuai a visitare lo studio di Franco durante i miei frequenti ritorni in Puglia. A metà anni '80 lavoravo su un Macintosh 512 alla traduzione del libro del geologo australiano Samuel Warren Carey, *Terra in Espansione*, e il problema del come i pianeti crescessero era divenuto per me rilevante – le galassie a spirale contribuivano alle riflessioni. Un aumento di massa non poteva essere escluso e diverse erano le possibili origini del fenomeno: creazione moltiplicativa di Dirac, assorbimento di etere, o di particelle esotiche, ecc. Con un FORTRAN raccattato per il Mac sviluppai semplici codici grafici in cui in

un campo centrale che aumentava venivano lanciate masse di prova che spiralizzavano verso l'origine del campo. L'inviluppo di tutte le curve di rotazione (della componente delle velocità delle masse di prova in direzione dell'osservatore all'infinito) ricordava le curve piatte di rotazione delle galassie e la cosa era per me significativa. Anche Franco rimase colpito da quella semplice simulazione: qualcosa di materiale poteva ben riempire lo spazio. E mentre lui intraprese la strada di una migliore definizione dello spazio-tempo in termini lorentziani, io lentamente sono pervenuto a sentire la necessità di un etere fluente che si muove e agisce in tale spazio nutrendo i corpi celesti.

Ricordo infine un'esortazione, più volte rivoltami da Franco, a non entusiasarmi mai troppo nelle mie ricerche, ma tener sempre presente che i cassetti della storia della scienza son pieni di idee dimenticate, errate, obsolete. Di questa spada di Damocle ho sempre sentito la presenza.

2. La posta in gioco dell'Universo infinito in evoluzione senza *big-bang*

Un gran numero di ricercatori ha eseguito, a partire da metà Ottocento quelli che possono definirsi "esperimenti cartografici a raggio variabile", in cui la paleogeografia della Terra è ricostruita su globi di raggio minore del moderno fino a eliminare del tutto gli oceani ad un raggio circa metà dell'attuale. All'ING, poi INGV, mi sono cimentato per lungo tempo su queste ricostruzioni abbinandole a dati diversi (Scalera 2015).

Tentare di capire in quale cosmo meglio può inquadrarsi la concezione della espansione della Terra e dei corpi celesti significa fare delle scelte: prima delle quali individuare la più probabile causa dell'espansione, che nel caso del nostro pianeta ha circa decuplicato il suo volume dal Triassico in poi. Un incremento tanto vistoso testimonia subito contro possibili cambiamenti di fase mineralogica da reticoli cristallini compatti a reticoli aperti. Anche se alcuni lo hanno proposto, un mantello silicatico derivante per cambio di fase da un nucleo liquido metallico è davvero poco probabile.

Va allora considerata una causa cosmologica come la creazione moltiplicativa di Dirac o un flusso di etere diretto verso il centro dei corpi che ne determini – con la sua trasformazione in materia ordinaria – l'aumento di massa. Fra le due ho preferito la seconda in quanto di più alto potere esplicativo, con la possibilità in alcune versioni di formulare leggi analoghe alle newtoniane sulla gravità, ma non nasconderò le difficoltà.

L'etere fluente verso i corpi celesti è un concetto non estraneo a Newton che già ne ipotizzava la trasformazione in materia ordinaria nelle profondità terrestri, salvo una trasformazione inversa di materia, espulsa come vapori dalla Terra, in etere nello spazio esterno: un ciclo chiuso. Quest'idea affascinò anche Giovanni Bernoulli (1667-1748) che pensava ad un "torrente centrale" di etere – diretto verso il centro terrestre – che spiegava con l'idrodinamica tutte le leggi derivate da Newton per la sua "attrazione". Eulero (1707-1783) nel suo *De causa gravitatis* (pubblicato anonimo) ricavava le leggi di Newton dal gradiente di un campo di pressione. Degna di nota in questa storia è stata la formulazione del "paradosso di D'Alembert" in fluidodinamica, dove un oggetto in moto rettilineo uniforme in un fluido perfetto non subisce forze che lo rallentino e procede così per sempre, mentre se varia la sua velocità o se il fluido accelera solo allora si

manifestano su di esso forze inerziali. Come se il fluido ideale conferisse massa e inerzia e applicasse forze al corpo. Così un fluido perfetto che accelerasse verso la Terra con legge inverso-quadratica della distanza genererebbe un vero e proprio campo di gravità. Questa concezione di etere idrodinamico si trova nella consapevolezza espressa da Ernst Mach (1838-1916) – nelle stesse pagine del suo trattato (1883) che tanto influenzarono Einstein – che il paradosso di D’Alembert andasse indagato meglio per le conseguenze che poteva avere nella deduzione dei principi della dinamica (Scalera 2012). Ricordiamo che a fine Ottocento era diffuso il concetto di etere dal cui flusso e aggregazione sarebbero nati e cresciuti i corpi celesti (un esempio: Lord Kelvin nel 1901). Einstein fu invece categorico nell’abborrire proprio questo tipo di etere mentre era possibilista per altri tipi più compatibili con le sue diverse teorie della relatività e del campo unificato (Kostro 2001).

Dalle Scienze della Terra con semplici ipotesi si può sostanziare l’etere usando successive ricostruzioni globali a raggio variabile, valutando con la paleogeografia – a partire dall’aumento di raggio terrestre da un’epoca geologica ad una delle successive – la massa nella calotta sferica aggiunta. Rinunciando a modellare analoghi aumenti per il nucleo interno ed esterno per i quali ogni ipotesi sarebbe arbitraria, si può calcolare il tasso di trasformazione della materia costitutiva in ordinaria come energia trasferita nell’unità di tempo (all’anno o al secondo, mediando dal Triassico ad oggi, 250 Ma) e la densità alla superficie terrestre dell’etere che lo produce (assumendo un etere gassoso):

$$E_{xy} = \frac{M_0 c^2}{250 M_a} = 2,15 \times 10^{33} \text{ J/y} \qquad \epsilon_{m^2} = 1,19 \times 10^7 \text{ J/m}^2$$

con M_0 = massa calotta aggiunta; c = velocità della luce. Per quello che si è detto sulla arbitrarietà di ogni valutazione per l’aumento di raggio delle principali superfici di separazione sferiche come il confine nucleo-mantello, le stime di cui sopra dovrebbero essere considerate tutte per difetto. La sottostima potrebbe essere ancora più marcata perché non è nota l’efficienza della conversione etere-materia, nel senso che non tutto l’etere potrebbe convertirsi, e non potremmo escludere che una quantità non attualmente valutabile si trasformi in altri prodotti non sperimentabili.

La densità della materia costitutiva ϵ_m dovrebbe intendersi solo come una “costante locale” dipendendo sia dal tempo che dal luogo. Dal tempo, perché la materia costitutiva travasa in quella ordinaria e tende quindi ad esaurirsi su lunghissimi tempi cosmici; dal luogo, perché l’etere deve addensarsi per convertirsi in materia ordinaria. Esistono diverse concezioni possibili di etere e del suo concentrarsi; di seguito elenchiamo i tipi principali e le caratteristiche che richiedono una scelta ponderata:

	Etere stazionario Lorentziano	Etere fluente perfetto incompressibile	Etere fluente gassoso compressibile
Accelerazione verso l’attrattore (pozzo)	0	$\propto 1/R^5$	$\propto 1/R^2$
Velocità verso l’attrattore (pozzo)	0	$\propto 1/R^2$	$\propto 1/R^{1/2}$

Non sono elencati l'etere di Le Sage (1724-1803) – gassoso non fluente – e quello di Eulero, e si è già scelto quelli che siano sostanza o energia e non puro spazio vuoto. La scelta tra i tre eteri “fluidi” non è facile perché ognuno di essi ha i suoi pro e contro. Con considerazioni non esaustive:

1. l'etere di Lorentz può costituire un riferimento assoluto legato al fondo cosmico di microonde, generare inerzia e massa, ma non la gravità né tanto meno l'espansione dei corpi celesti. Le contrazioni e dilatazioni dello spazio e del tempo emergerebbero fisicamente;
2. l'etere fluido perfetto incompressibile può generare massa ed inerzia con il meccanismo del paradosso di D'Alembert, ma dando luogo solo ad una gravità assai difforme rispetto a quella newtoniana (la g sarebbe legata a $1/R^5$). In alternativa genera una gravitazione dalle giuste proprietà con le ben note leggi fluidodinamiche della attrazione “newtoniana” tra coppie di sorgenti o di scarichi 3D, ma gli scarichi idrodinamici non accumulano massa come fanno i pianeti;
3. l'etere gassoso potrebbe dare luogo ad una gravità coerente con la newtoniana e produrre espansione degli oggetti cosmici, ma a causa della sua densità variabile durante il convergere verso il corpo celeste non potrebbe generare (con il paradosso di D'Alembert) massa ed inerzia costanti in ogni luogo per un dato oggetto. In alternativa potrebbe essere esplorata la congettura di Eulero sul ruolo che in questo tipo di etere ha il suo campo di pressione che diminuisce avvicinandosi al corpo.

Sembra che non si possa avere le spiegazioni di massa, inerzia, gravitazione, equivalenza, tutte contemporaneamente. Questa è una complicazione analoga e in parte coincidente con quella su cui cozzò Newton, il quale aveva bisogno di troppi eteri che non poteva sottoporre a esperimento, e che lo indusse a rinunciare a tutti. A noi basta, a questo punto, solo ammettere che le scienze della Terra richiedono un etere materiale che si converta in materia ordinaria durante il suo convergere nell'interno del pianeta.

Non conoscendo oggi le leggi fisiche sulle condizioni (pressione, densità, temperatura, ecc.) a cui la sua conversione si manifesterebbe, ci aspettiamo solo che l'etere tenda ad accumularsi ed aumentare di densità maggiormente nella zona dell'interno terrestre del nucleo, dove partendo dal confine nucleo-mantello la accelerazione di gravità scende quasi linearmente a zero verso il geocentro. La conversione dovrebbe essere più probabile ed efficiente in questa zona di forte rallentamento del flusso di etere. Una diversa densità dell'etere al di sotto della superficie della crosta si manifesterebbe in anomalie del campo di gravità sia per g che per G . Queste anomalie sono state a lungo cercate il secolo scorso sotto il nome di “quinta forza” senza che si sia riusciti con certezza ad evidenziarle. La difficile modellazione delle stratificazioni geologiche crostali dipende dalla nostra conoscenza abbastanza precisa degli spessori e densità solo nelle locazioni di perforazioni, con l'aiuto “interpretativo” molto più impreciso delle tomografie sismiche sul resto dei volumi indagati.

Che nella realtà queste anomalie gravitazionali esistano possiamo accorgercene saltando di scala e osservando le galassie e le loro curve di rotazione inaspettatamente piatte (la velocità orbitale dovrebbe decrescere come l'inverso della radice quadrata del raggio). Quelle curve piatte possono essere il risultato di almeno due effetti: l'aumento di massa del nucleo galattico verso il quale converge la massa-energia dell'etere, con conseguente spiraleggiare dei bracci a spirale, interpretabili come percorsi stellari; ed anche il dipendere della "costante" gravitazionale di Newton G dalla densità dell'etere.

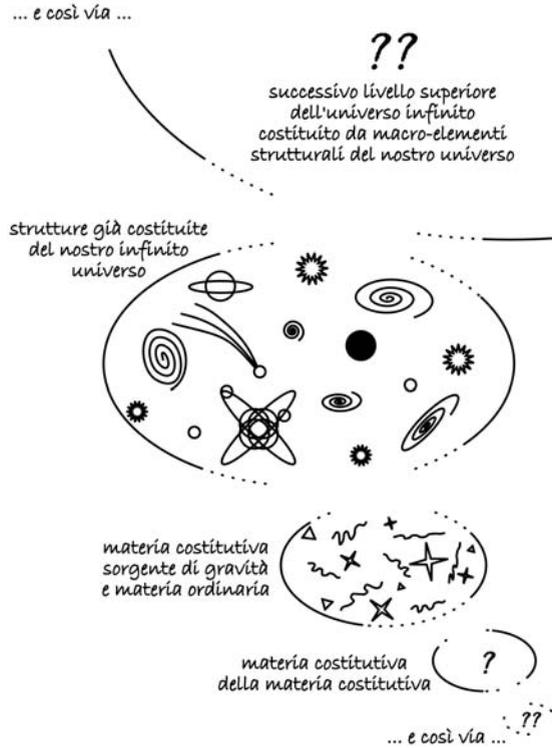


Fig. 1. Un universo evolutivo dedotto dalle Scienze della Terra. L'universo che noi oggi possiamo osservare direttamente o indirettamente, dalle strutture cosmiche a larga scala alla micro-fisica, è in corso di costituzione a spese di una materia costitutiva della quale noi possiamo accorgerci a causa della espansione dei corpi celesti. Questa materia impalpabile è in corso di formazione attingendo a una materia costitutiva di ordine inferiore, e così via. La nostra materia ordinaria e le sue strutture (micro e macro) sono materia costituente, un "etere", per un universo di ordine superiore di scale spaziale e temporale incommensurabilmente maggiori rispetto alle nostre. Tutti gli universi sono riforniti dalle strutture di ordine inferiore e tutti formano un *continuum* in mutua evoluzione. I confini tra un universo ed il successivo di ordine maggiore o minore non sono ben definiti. Per esempio i micro e macro confini del nostro universo sono solo dovuti alla nostra attuale abilità di costruire apparati ed esperimenti di osservazione, e sono in progressivo allargamento.

In questa concezione si può dimostrare che il tempo non è limitato verso il passato dalla singolarità del *big-bang*, né verso il futuro. La densità della materia costitutiva diminuisce, essa viene travasata in quella ordinaria in un tempo infinito, ma questo processo si perpetua anche nell'aggregarsi della materia ordinaria in strutture e macrostrutture (dalle particelle ai superammassi di galassie ed oltre) come se l'universo di oggetti da noi esperienziabile, dal micro al macro, costituisca un "etere" che costruirà con il suo fluire ed evolversi un universo di livello superiore che si evolverà su scale di tempo per noi non immaginabili e per il quale la scala spaziotemporale del nostro universo rimarrà non percepibile. Si dovrebbe immaginare che questo processo sia avvenuto per costituire l'attuale etere e che quindi si tratti di una evoluzione illimitata da scala di dimensione, da scala di tempo, da spazio e da tempo. La reintroduzione dell'etere conduce ad un'immagine evolutiva estrema dell'universo, molto concorrenziale rispetto a quella evolutiva del *big-bang*. In questa nuova immagine, senza avere bisogno dei concetti di materia ed energia oscura, di inflazione cosmica ed espansione accelerata dell'universo, è possibile spiegare in modo diverso molti fenomeni: *redshift*, paradosso di Olbers, contrazioni spazio-temporali, deflessione della luce. Una posta in gioco significativa.

3. La posta in gioco del bilancio energetico della Terra

Il problema del bilancio energetico della Terra è da tempo dibattuto (Fiorentini *et al.* 2007; Anderson 2009) senza che abbia avuto una definitiva soluzione. Possiamo oggi riesaminarlo dalla nuova prospettiva fornita da un flusso centrale di materia costitutiva.

All'inizio del 2017 sono stati pubblicati i risultati dei due esperimenti, Borexino e KamLAND, allestiti per misurare il calore radiogenico della Terra (Agostini *et al.* 2017; Shimizu 2017). A fronte di un valore totale del flusso di calore terrestre di 45-47 TW (Terawatt = 10^{12} Watt) i tre principali modelli di previsione del calore prodotto dal decadimento degli elementi radioattivi forniscono:

Approccio cosmochimico	La composizione della Terra è basata sulle condriti enstatitiche, che mostrano una più stretta similarità isotopica con il mantello e un contenuto in ferro sufficientemente alto da spiegare il nucleo metallico terrestre	11±02 TW
Approccio geochimico	Per le abbondanze relative degli elementi refrattari litofili si adotta una composizione condritica, ponendo poi limiti per le abbondanze assolute da campioni terrestri	20±04 TW
Approccio geodinamico	Basata sull'energetica della convezione del mantello e sul flusso di calore osservato in superficie	33±04 TW

Per raggiungere i 45-47 TW del flusso di calore superficiale bisogna aggiungere al radiogenico il calore primordiale creatosi alla formazione del pianeta che si è lentamente dissipato fino a raggiungere il moderno residuo che si stima essere tra i 5 TW e i 15 TW. Ovvio che l'approccio geodinamico, per la sua ipotesi dell'esistenza di moti con-

vettivi nel mantello, stimerebbe una dissipazione più veloce del calore primordiale preferendo per esso i valori odierni bassi sotto la media di ≈ 10 TW. Se fosse verificato dagli esperimenti il modello geodinamico (33 TW), aggiungendo conservativamente 10 TW di primordiale, saremmo al di sotto ma molto vicini al totale misurato in superficie.

Ai tre valori di flusso di calore radiogenico predetti dai modelli rispondono gli esperimenti KamLAND e Borexino con i risultati rispettivamente di 8-16 TW (*best value*) e di 18-28 TW (*best value*). Con questi valori, la somma di radiogenico (media KamLAND-Borexino ≈ 18 TW; media Borexino ≈ 24 TW; massimo Borexino ≈ 28 TW) più primordiale (media ≈ 10 TW) risulta più lontana dal flusso di calore di superficie. Importanti geofisici (Anderson 2009) invocano la possibilità di conteggiare i valori più alti consentiti dalle deviazioni standard, ma il problema non è da sottovalutare.

Il calore mancante potrebbe essere fornito da almeno due processi esotermici: una ipotizzata fissione nucleare in un reattore generato dalla migrazione per gravità degli elementi radioattivi nella regione prossima al centro terrestre (Herndon 1993). Produrrebbe non più di 5-7 TW, ma sarebbe da alcuni confutato sulla base di diversi argomenti, anche geochimici (Degueldre & Fiorina 2016). Seconda possibilità è che una trasformazione di materia costitutiva in ordinaria sia attiva nel nucleo terrestre, un processo inverso alla già detta fissione: una “fusione” esotermica che faccia salire il grado di aggregazione dei costituenti dell’etere fino alle particelle ed atomi ordinari.

Questo flusso di etere è un processo del quale oggi non possiamo che avere vaghe idee, ma che visto insieme ad altre problematiche relative al nucleo terrestre (conduttività termica, flussi di calore, mantenimento moti convettivi, ecc.; sintesi in Sumner 2015) assume importanza come campo di indagine.

4. La posta in gioco della ricomparsa dell’antimateria nell’Universo

In fisica esistono due grandi partiti. Il primo pensa d’aver raggiunto il grado definitivo della conoscenza microscopica nelle particelle elementari non ulteriormente divisibili (particelle puntiformi). È un partito dai legami con l’idealismo filosofico, che ricorda anche l’idealismo politico con la sua accettazione dello *status quo* e conseguente rinuncia ad andare oltre e adoperarsi per il miglioramento delle situazioni.

Il secondo partito si ispira a tutto ciò che è accaduto nel corso della storia della scienza e crede che ogni struttura dovrebbe essere costituita da strutture ancora più piccole in una sorta di regressione infinita. Per i suoi seguaci, i razionalisti, le particelle sono simili a punti indivisibili solo a causa della nostra temporanea ignoranza di cosa le costituisce. In questo schema aperto al progresso futuro può essere anche inquadrata l’idea generale di etere e dei suoi infiniti livelli, sempre più microscopici.

La nucleosintesi e l’origine degli elementi chimici sono stati spiegati da pochi decenni nello scenario dell’universo in espansione. Dapprima con la fusione di barioni e leptoni, e successivamente con una zuppa di quark primordiale, sempre ambientate nelle temperature e pressioni elevate delle fasi iniziali del *big-bang* e dell’interno delle stelle. Si assume in questi studi che la materia, nelle prime fasi dell’universo, sia già costituita solo da particelle e non da antiparticelle. Ma per ragioni di simmetria, l’esplo-

sione iniziale, la singolarità primitiva, avrebbe prodotto materia e antimateria in egual misura. Il primo partito di cui si è detto sopra è di conseguenza obbligato a ipotizzare una generazione di un surplus di materia nei primi momenti dell'espansione. Dopo la rapida annichilazione della materia con l'antimateria, questo surplus avrebbe raggiunto il nostro tempo aggregandosi secondo i meccanismi della successiva nucleosintesi.

Per Andrei Sakharov (1991) ci sono tre condizioni che devono essere soddisfatte affinché si verifichi un eccesso di bariogenesi:

1. violazione del numero barionico secondo leggi della fisica da rivelare;
2. violazione della simmetria C e CP. Il processo ipotetico che cambia il numero barionico deve agire favorendo la produzione di barioni sulla produzione di antibarioni;
3. essere lontani dall'equilibrio termodinamico. Se tutti i livelli sono popolati secondo una distribuzione di Boltzmann, poiché CPT garantisce che ogni livello con un numero di barioni positivo abbia un livello corrispondente con un numero barionico negativo, il numero barionico totale è nullo.

Le trasformazioni in un senso sarebbero equiprobabili alle trasformazioni inverse all'equilibrio, ma se con il non-equilibrio termodinamico una freccia del tempo è presente, i processi diretti e inversi non sarebbero a bilancio zero. Esiste una vasta letteratura nella quale si cerca di trovare processi di violazione del numero barionico sufficientemente efficienti e non in contrasto con aspetti della cosmologia del *big-bang*, ma senza ancora venirne a capo.

Invece, tornare a pensare in termini di etere e regressione infinita apre scenari del tutto diversi. L'universo possiederebbe infiniti livelli sempre più microscopici ed in uno o più di questi materia ed antimateria, in strutture a noi ignote, potrebbero coesistere separate da campi di forze emergenti a quel livello. La materia che oggi osserviamo al nostro livello sarebbe quindi già un contenitore di ambedue, e le "antiparticelle" che riusciamo a produrre in laboratorio sarebbero anch'esse manifestazioni di materia. Il problema della scomparsa dell'antimateria nel nostro universo apparirebbe mal posto.

5. Conclusione

Ho esplicitato solo alcune delle poste in gioco derivanti da un ritorno al concetto di etere, poste che oggi il dominante approccio alla scienza tenta di nascondere.

Non è stato possibile ancora scegliere tra i vari tipi di etere, soprattutto perché mancano dati sperimentali. Gli esperimenti di Cahill e Consoli rivelano l'esistenza di un fondo d'etere, ma non le sue caratteristiche. Ritornando alle difficoltà di Newton a teorizzare diversi eteri, potrebbe ben essere che la loro molteplicità sia reale? Che esista lo spazio etere lorentziano nel quale fluisca un etere materia costitutiva? Un contenitore ed un contenuto? Questa e molte altre domande devono al momento rimanere aperte.

Immagino che anche Franco Selleri stesse sviluppando prime riflessioni su tutto ciò e anche su come si possa spiegare la gravitazione: ritengo non un caso che in uno degli

ultimi convegni in cui Franco era coinvolto, una relazione ad invito fu chiesta a Mayeul Arminjon che propone una teoria della gravità basata sulla congettura di Eulero (Arminjon 2004). Inoltre Franco aveva visitato in Australia Reg Cahill, relatore al congresso di Erice sulla espansione terrestre.

È sorprendente che l'etere, considerato spesso concetto ottocentesco, sia in grado di fornire un'immagine dell'universo in evoluzione su infiniti livelli rispetto al *big-bang*. E che oltre alle possibili implicazioni geofisiche sul bilancio energetico della Terra, la sua adozione insieme alla consapevolezza della regressione infinita, e dell'intrinseca inconoscibilità di tutta la profondità dell'*Apeiron* (in sostanza un atto di umiltà scientifico) possa ridare – tipico ossimoro – un piccolo ma importante ruolo conoscitivo alla nostra insuperabile ignoranza. È da essa che deriva ad esempio il superamento del grande fantasma mentale dell'inesistenza dell'antimateria, con il riconoscimento del nostro già essere simmetrici e costituiti da qualcosa che potrebbe annichilarsi in un nulla in un brevissimo attimo.

Bibliografia

- Anderson D.L. (2009). *Energetics of the Earth and the missing heat source mystery*. [online]. URL: <www.mantleplumes.org/Energetics.html> [data di accesso: 13/02/2019].
- Arminjon M. (2004). “Gravity as Archimedes' thrust and a bifurcation in that theory”. *Foundations of Physics*, 34 (11), pp. 1703-1724.
- Agostini M. et al. (2017). “Borexino: geo-neutrino measurement at Gran Sasso, Italy”. *Annals of geophysics*, 60 (1), S0114 (9 pp.).
- Cahill R.T. (2009). *Dynamical 3-Space. A review*, in Duffy M., Levy J. (eds.), *Ether space-time and cosmology. New insights into a key physical medium*. Montreal: Apeiron, pp. 135-200.
- Consoli M., Pluchino A., Rapisarda A., Tudisco S. (2014). “The vacuum as a form of turbulent fluid: Motivations, experiments, implications”. *Physica A. Statistical mechanics and its applications*, 394, pp. 61-73.
- Degueldre C., Fiorina C. (2016). “The proto-Earth geo-reactor. Reassessing the hypotheses”. *Solid Earth sciences*, 1 (2), pp. 49-63.
- Fiorentini G., Lissia M., Mantovani F. (2007). “Geo-neutrinos and Earth's interior”. *Physics reports*, 453, pp. 117-172.
- Garuccio A., Scalera G., Selleri, F. (1977). “On local causality and Quantum-mechanical state vector”. *Lettere al Nuovo cimento*, 18, pp. 26-28.
- Herndon, J.M. (1993). “Feasibility of a nuclear fission reactor at the center of the Earth as the energy source for the geomagnetic field”. *Journal of geomagnetism and geoelectricity*, 45 (5), pp. 423-437.
- Kostro L. (2001). *Einstein e l'etere*. Bari: Dedalo.
- Mach E. (1883). *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*. Leipzig: Brockhaus.

- Sakharov A.D. (1991). "Violation of CP in variance, C asymmetry, and baryon asymmetry of the universe". *Soviet physics uspekhi*, 34 (5), pp. 392-393.
- Scalera G. (2015). "La cartografia a raggio variabile. Nascita e prospettive di una disciplina sperimentale". *Giornale di astronomia*, 41 (3), pp. 11-21.
- Scalera G. (2012). *If space is material, what inertia should be? Rediscovering a dismissed awareness of Ernst Mach*, in Scalera G., Boschi E., Cwojdzinski S. (eds.), *The Earth expansion evidence*. Roma: Aracne, pp. 239-242.
- Scalera G. (1983). "On a local hidden-variable model with unusual properties". *Lettere al Nuovo cimento*, 38, pp. 16-18.
- Shimizu I. (2017). "KamLAND: geo-neutrino measurement in Japan". *Annals of Geophysics*, 60 (1), S0113 (4 pp.).
- Sumner T. (2015). "Mystery at the center of the Earth. New research attempts to unravel the paradoxical past of the planet's magnetic field". *Science news*, 188 (6), pp. 18-21.

Franco Selleri and his contribution to the research of foundations of Relativity Theory

Luigi Romano – Arpa Puglia e Università degli Studi di Bari Aldo Moro –
luigi.romano@uniba.it

Abstract: The Italian theoretical physicist Franco Selleri (1936-2013) played an important role, among others, in the modern research of foundations of Relativity Theory. The present work outlines his contribution to critical studies on Special Relativity Theory. After an introduction about his life and his research in Particle Physics and foundations of Quantum Mechanics, it is showed his contribution in foundations of Relativity Theory, consisting in the introduction of a new theory, the Weak Relativity, based on the so-called Inertial Transformations. Moreover, it is also analyzed an example of this theory regarding the Sagnac effect.

Keywords: Foundations of Relativity Theory, Franco Selleri's critical attitudes, History of Physics.

1. Introduction

The present work deals with the research activity of the Italian theoretical physicist Franco Selleri in the field of foundations of Relativity Theory. In his last book, *Weak relativity*, he faces up to the large problems and paradoxes inherent the Theory of Special Relativity (henceforth, TSR) and the Theory of General Relativity (TGR).

His work has showed, among others things, that Lorentz Transformations (LT) in TSR form part of a more general set of Equivalent Transformations (ET), that differ only in the value assumed by a synchronization parameter whose name is e_1 . For $e_1 = 0$, we have what Selleri calls Inertial Transformations (IT):

I believe that [the Lorentz transformations] are not correct. The good transformations of the physical reality are the following ones: x' , y' , z' transform in the same way as in the Lorentz transformations, but $t' = tR$. Much simpler. This is a theory in which you have absolute simultaneity...and a space that is not mixed with time as in relativity, but still moving clocks slow down. And it is a theory having a privileged system so having the Lorentz ether and explaining all the experimental data...there is a completely new approach and there is a full development of this type of ideas (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 25*).

Selleri is going to show how among many equivalent theories, only the so-called Theory of Inertial Transformations (henceforth, TIT), based on absolute simultaneity, can explain not only everything that TSR explains but also what TSR fails in.

After two paragraphs concerning the life of Franco Selleri, his legacy on Particle Physics and foundations of Quantum Mechanics, and his research on the foundations of Relativity Theory, we are going to describe briefly a peculiar case, the Sagnac effect.

2. Selleri's life and research

Franco Selleri was born in Bologna on October 9th, 1936, in a family with no specific scientific attitudes at all. His father was a railway controller and his mother was a housewife. Selleri attends scientific high school named "Augusto Righi" in Bologna, and he speaks notably about his teacher Graffi. This has been a basic contact because, concerning his teacher, Selleri states that:

He had really a robust personality and he could push people to be interested in mathematics and physics. [...] I think that if I decided to be a physicist it was his merit. Not that he suggested to me in particular to study physics at the university, but just his type of personality was very strong and influential for me (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24*).¹

Due to some economic problems in his family, Selleri decides to entry to the faculty of engineering for the greater job opportunities it offers. But a recruiting advertisement by professor Giampietro Puppi² in which young people were sought for working in particle physics, proves to be decisive for his choices. In fact,

[Selleri gave his libretto with the grades] to him and he said, "You can come even tomorrow." So I switched from engineering to physics and then I was very happy because that was my real interest (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24*).

Selleri graduates in Bologna in the academic year 1957-1958 (at the age of 22) with professor Puppi, discussing a thesis entitled *Analisi dell'interazione pione-nucleone*. In Selleri's research career is possible to find three different periods, even if they are not clearly well separated in time. They are related to peculiar areas: Particle Physics, foundations of Quantum Mechanics and foundations of Relativity Theory.

In particle physics, during the years 1958-69, Selleri spends some periods abroad. In 1959, he is in Geneva at CERN, where he introduces the so-called *one pion exchange model*,³ acquiring a reputation in the world of particle physics. From 1961 to 1965, he is

¹ The underlined sentence is ours.

² He studied at Padua University with Bruno Rossi and Giancarlo Wick.

³ That is, the suggestion that in an anelastic process is it possible to change a pion. In this view, during a collision between two protons, the target proton emits a virtual positive pion, becoming a neutron; the incident proton scatters elastically on this virtual pion, making it as a real pion in the final state.

in USA to the “Cornell University” in Ithaca, attracted by the presence of Nobel Prize Hans Albrecht Bethe. But, once in USA:

slowly, I started to develop a critical attitude towards contemporary physics. I mean I had a very strong drive. I liked physics very, very much and I was very active, but it was soon evident that there were problems, fundamental problems in physics. My model was, so to say, overcome by a different model that was called the one pion exchange model with absorption. It was very odd conceptually. [...] Perhaps today it does not seem so terrible, I know, but for me it was shocking. That was a frustrating development. I was very young and naive, so it was very difficult to take. So I slowly realized that if something like that was possible, that meant there were great problems in physics. And somehow I got very soon the conviction that the problems came from the foundations of quantum mechanics. That is to say, the problems in elementary particle physics are due to the fact that quantum mechanics is poorly understood and anyway is a very abstract idea (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24*).⁴

In 1965, he decides to come back Italy. Then he finds that:

Bologna University was in trouble in physics at the time. There were struggles and problems. They had made mistakes in the choices of people to head the physics institute, that is my feeling anyway. So that was strongly reflected on the “climate”, I mean the political and cultural climate. In Bari there was this new university and I met with Bari people in a congress and they told me they would be happy if I came to their university, so I left Bologna and its problems and came here. [...] [In Bari University] they were experimentalists, because Bari at that time had no theoretical physicists yet. It so happened that I published the first paper in theoretical physics of Bari University. [...] I think that for me it was a very good decision to come here, not only because the human relationships were much better, much more relaxed than in Bologna, but also because here I had space to do what I wanted and I had no great difficulties in doing foundations of quantum mechanics. In Bologna it would have been more difficult (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24*).

He starts receiving teaching assignments in Bari University since the academic year 1967-68 (Bari, Archivio Generale dell’Ateneo di Bari). On May 1969, he is confirmed as a lecturer in theoretical physics. He becomes full professor in Bari on February 14, 1984.

During the period in which he is going to Bari, Selleri is moving his activity from particle physics to foundations of Quantum Mechanics, even if,

in the beginning I thought that I would have made research both in particle physics and in quantum mechanics, but slowly I was completely attracted by the foundational problems (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24*).

His first published paper on foundations of Quantum Mechanics, whose title is “On the wave function of Quantum Mechanics”, comes out on *Nuovo Cimento* (Selleri 1969). But

⁴ The underlined sentence is ours.

his full transition to foundations of Quantum Mechanics is still in progress, since he states that:

perhaps in 1971 or 1972 I was in Sweden. And it was in the library of the physics department of the University of Gothenbourg that I found in French the book by Bernard d'Espagnat, *Conceptions de la Physique contemporaine (Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24)*.

But in 1969, in Frascati, Selleri, during the description of the importance to create an alternative theory to Quantum Mechanics states that:

the philosophical prejudice in favour of a realistic philosophy is strong in the large majority of physicists. This prejudice did not turn against QM simply because very few people knew its real implications. The book of d'Espagnat should hopefully contribute to give a better comprehension of them.⁵

The book from d'Espagnat is dated 1965 so it is not clear when he has known it. Anyway, Selleri says:

It was a revelation. It was something fantastic to see how many problems were open in quantum mechanics. It was fascinating to see that so many possibilities were open. So it was clear that the Copenhagen approach was not unique, was not obligatory. We had a philosophical freedom (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24*).

Henceforth, Selleri devotes himself to foundations of Quantum Mechanics, with a huge amount of publications and works related, *inter alia*, the following topics:

- the Empty Waves, for the study of the Einstein-De Broglie picture of wave-particle duality;
- the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox, dealing mostly with Bell's Theorem, its proof and the meaning of the experimental investigations;
- the probabilistic Local Realism, the most general formulation of our idea still leading to the validity of Bell's inequality;
- the Inequalities of Local Realism, showing that Bell's inequality is just one of an infinite set of inequalities that are consequences of local realism.⁶

Since 1994, he starts researching almost exclusively on foundations of Relativity Theory, still publishing several articles and books, even if a paper showing Selleri's contribution

⁵ This is an excerpt from a typescript found in the Selleri's private documents. It concerns a lecture held in Laboratori Nazionali INFN/CNEN in Frascati in 1969 titled "Quantum Theory and hidden variables".

⁶ This is an excerpt from a typescript found in the Selleri's private documents. Selleri prepared it on September 1991, grouping 25 complete papers in the different groups above reported. As Selleri stated: "The present collection has been prepared for the Cesena conference Bell's theorem and the Foundations of Modern Physics (October 7-10, 1991) and has been made possible by a grant of the Commission of the European Communities (D.G. XII) for which we are very grateful". The author of the present paper is trying to put in order, as a further work in his PhD studies, all documents that Selleri left in Bari.

on foundations of Relativity Theory was already written in 1990. Its title was *Space-time transformations in ether theories* (Selleri 1990).

A possible reason for this involvement might come from the following evidence:

the idea of real waves really requires a medium. And in recent years I switched to the foundations of relativity to see if a logical space existed for such a medium. [...] With relativity I could go much deeper and I have basically a new theory that can replace special relativity. [...] I was influenced by Prokhovnik (1967) and his books and by John Bell who wrote an article on the foundations of special relativity (1976) (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24*).

Selleri keeps on working until the end, although his last years are marked by an illness. He dies in Bari on November 20th, 2013, at the age of 77.

3. Selleri's legacy on foundations of Relativity

The research of Franco Selleri regarding the foundations of Relativity Theory has been just as important for him as that concerning the foundations of Quantum Mechanics, enough to make him say that:

A point I would like to make is to stress again the importance of what I have done in the foundations of special relativity. Because now we have a completely new theory which is different from relativity. [...] So I was unable to build a new quantum theory, but at least I built a new relativity and I strongly believe it is correct (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 25*).

Selleri founds, in his studies:

E1. Set of experiments insensitive to clock synchronization, that is, set of experiments with outcome predicted equally well by the theory of the inertial transformations (TIT) and the TSR. The set includes, for instance, experiments made by Michelson-Morley, Kennedy-Thorndike, Majorana, Ives-Stilwell, Fizeau, the TAI (International Atomic Time),

E2. Set of experiments preferring the TIT over the TSR/TGR, that is, set of experiments predicted correctly by TIT, but not finding a rational explanation from the TSR and/or the TGR. In this set are included: Sagnac effect, zero acceleration discontinuity of the velocity of light, aberration of the starlight, block universe paradox,

E3. Set of experiments preferring the TSR/TGR over the TIT: empty set (Selleri 2015, p. 58-59).

The conclusion seems to be clear:

the TIT explains all the examined experiments, while the two Einstein relativistic theories have serious problem with the experiments of the second set. In this way we will see that there is an important logical space for a theory alternative to the TSR. [...] In view of the results [...], which hopefully should constitute a serious blow to

conventionalism, one can say that the simultaneity adopted in the TSR, more than conventional, is arbitrary and, it turns, not correct. My recent research has shown that the arbitrariness of relativistic simultaneity opens a logical space to a different theory, (the theory of the inertial transformations) that agrees with experiments even better than the TSR. (Selleri 2015, p. 59).

Here is intended to show briefly the research path held by Franco Selleri to reach the Theory of Inertial Transformations (TIT), showing, moreover, with a specific case, how it is able to explain not only all that the TRS explains but also what TSR fails to do. Concerning TIT, Selleri states that:

now we have a completely new theory which is different from relativity [...] at least I built a new relativity and I strongly believe it is correct (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 25*).

3.1. The Selleri road from Lorentz to Inertial Transformations

The Einstein's theories of Special and General Relativity are very powerful tools explaining a lot of phenomena and predicting others properly. But they have also received a great deal of criticism regarding their reliability. It would not be right to conclude that any comparison of the theoretical predictions with the experiments was invariably solved with a perfect agreement. Even if the Theories of Relativity are correct from the point of view of mathematical formalism, they are not coherent and free from contradictions. For instance, in the mathematical shell of TSR, the time-related report for two reference systems, called S_0 and S , the latter being in motion with respect to the former, depends only on x_0 , neither on y_0 nor z_0 , creating in this way a oddness between the points of space, which is conversely not only real but homogeneous. So:

something external, something unnecessary, something that maybe is going to get complicated the theory has been introduced. That is the original sin of TSR! (Selleri, 2011, p. 28. Our rendering).

Any physical theory can not represent the final form of knowledge. Selleri rightly points out that:

the lesson to learn from epistemology (Popper, Lakatos, Kuhn) is about the conjectural, provisional, improvable nature of the physical theories of the XXth century. [...] Einstein did not hide the transitoriness of his creations. On April 4, 1955 [in his last paper] It ended with the following words: 'The last, quick remarks must only demonstrate how far in my opinion we still are from possessing a conceptual basis of physics, on which we can somehow rely'. In a way this is a declaration of failure, but one has to admire the ethical dimension of the great scientist who had devoted the superhuman efforts of a lifetime to the attempt of reaching the deepest truths of nature and now, arrived at the end, declares to posterity: 'I did not succeed' (Selleri 2015, pp. 26-27).

Indeed, the two theories of relativity present a series of paradoxes. Selleri makes explicit an absolutely incomplete list of paradoxes, for the TSR:

1. The idea that the simultaneity of spatially separated events does not exist in nature and must therefore be established with a human convention;
2. The relativity of simultaneity, according to which two events simultaneous for an observer in general are no more such for a different observer;
3. The velocity of a light signal, considered equal for observers at rest and observers pursuing it with velocity $0.99 c$;
4. and 5. The contraction of moving objects and the retardation of moving clocks, phenomena for which the theory does not provide a description in terms of objectivity;
6. The hyper-deterministic block universe of relativity, fixing in the least details the future of every observer;
7. The conflict between the reciprocal transformability of mass and energy and the ideology of relativism, which declares all inertial observers perfectly equivalent so depriving energy of its full reality;
8. The existence of a discontinuity between the inertial reference systems and those endowed with a very small acceleration;
9. The propagations from the future towards the past, generated in the TSR by the possible existence of superluminal signals;
10. The asymmetrical ageing of the twins in relative motion in a theory waving the flag of relativism (Selleri 2015, p. 28).

These paradoxes can be completely overcome as soon as the new TIT is accepted. Selleri applies the theory to six different tests: the Sagnac effect; the rotating platform; linear accelerations; overcoming the block universe; the aberration of starlight and the superluminal propagations.

3.2. From Lorentz to Inertial Transformations: mathematical steps and considerations

It is well known that the Lorentz Transformations (LT), which form the basis of the TSR, are:

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{x_0 - vt_0}{R} \\
 y &= y_0 \\
 z &= z_0 \\
 t &= \frac{t_0 - \frac{v}{c^2}x_0}{R}
 \end{aligned}
 \quad \text{where} \quad R = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Reza Mansouri and Roman U. Sexl (1977a, 1977b, 1977c) pointed out that the LT contain a conventional term in the transformation of time which depends on x coordinate.

Selleri's reasoning is as follows: given two inertial reference frames, S_0 and S , the following standard assumptions are advanced:

- (i) Space is homogeneous and isotropic and time homogeneous, at least from the point of view of observers at rest in S_0 ;

- (ii) Relative to the isotropic system S_0 the velocity of light is “ c ” in all directions, so that clocks can be synchronized in S_0 with the Einstein method and the one way velocities relative to S_0 can be measured;
- (iii) The origin of S , observed from S_0 , moves with velocity $v < c$ parallel to the $+x_0$ axis, that is according to the equation $x_0 = vt_0$;
- (iv) The axis of S and S_0 coincide for $t = t_0 = 0$ (Selleri 2015, pp. 72-73).

Starting from these assumptions, the so-called General Transformations (GT) are obtained:

$$\begin{aligned}x &= f_1(x_0 - vt_0) \\y &= g_2 y_0 \\z &= g_2 z_0 \\t &= e_1 x_0 + e_4 t_0\end{aligned}$$

For instance, Lorentz contraction of moving objects is thus obtained for:

$$f_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ and } g_2 = 1; \text{ Larmor retardation of moving clocks is obtained if we put:}$$

$$e_1 v + e_4 = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}; \text{ and the invariance of the two way velocity of light, is get for:}$$

$$g_2 = f_1 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \text{ and } e_1 v + e_4 = f_1 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right).$$

Now, starting from GT, two conditions are introduced, based on solid empirical evidence: that the speed of light in the two directions is the same in all directions and in all SRI, i.e. $c_2(\theta) = c$; and that the delay of the clock depends on the usual R-factor when the clock moves with respect to S_0 . Then, the so-called Equivalent Transformations (ET) are obtained:

$$\begin{aligned}x &= \frac{x_0 - vt_0}{R} \\y &= y_0 \\z &= z_0 \\t &= Rt_0 + e_1(x_0 - vt_0)\end{aligned}$$

In the ET, all theories equivalent to TSR are present. For instance, the Lorentz Transformations are get as a special case of ET if: $e_1 = -\frac{v}{c^2 R}$. As Selleri says:

The provisionally free parameter e_1 defines in S the simultaneity of distant events, or, which is the same, chooses the clock synchronization method to apply in S . Clearly, then, an appropriate denomination for e_1 is “synchronization parameter”.

[...] Most experts of the foundation of the relativistic theories consider e_1 essentially a free parameter to be fixed by the convention concerning clock synchronization, but [...] [is here showed] the opposite, namely that physical phenomena require a fixed value of e_1 , precisely $e_1=0$. A theory different from the TSR is clearly needed (Selleri 2015, pp. 80-81).

Thus, different synchronization conventions lead to different values of the e_1 parameter and to different theories of space and time which are, to a large extent, empirically equivalent. But, in all cases, except for the TSR, these values imply the existence of a privileged reference system.

Absolute simultaneity, i.e. the absence of spatial coordinates in the transformation of time, thus leads to the Inertial Transformations (IT), with $e_1=0$:

$$x = \frac{x_0 - vt_0}{R}$$

$$y = y_0$$

$$z = z_0$$

$$t = Rt_0$$

While the LT of TSR introduce a symmetry between spatial and temporal variables, forcing the latter to a geometric role in a four-dimensional space, the IT, according to Selleri:

imply a complete liberation of time from the merely geometrical role to which it had been forced in the Minkowski space. Furthermore, they predict that the velocity of light relative to an inertial system S moving with respect to the privileged system S_0 is not isotropic. [...] A property implied by IT is absolute simultaneity. [...] [Its] existence [...] does not imply that time is absolute: on the contrary, the v-dependent factor in the transformation of time gives rise to time-dilatation phenomena similar to those of TSR. A clock at rest in S is seen from S_0 to run slower, but a clock at rest in S_0 is seen from S to run faster so that both observers agree that motion relative to S_0 slows the pace of clocks (Selleri 2015, p. 83).

IT are only the latest in a series of transformations proposed as an alternative to LT. Referring to the text *Weak Relativity* for a complete demonstration of the six situations in which TIT explain the above cases better than the TSR, the specific case of the Sagnac effect is discussed here.

3.2. An application of Weak Relativity Theory: the Sagnac effect naturally explained

Let Selleri's words introduce us to the experiment:

In the Sagnac 1913 experiment a platform was made to rotate uniformly around a vertical axis at a rate of 1-2 rotations per second. In an interferometer mounted on the platform, two interfering light beams, reflected by four mirrors, propagated in opposite directions along a closed horizontal circuit defining a certain area A. The rotating system included also the luminous source and a photographic plate record-

ing the interference fringes. On the pictures obtained during a clockwise and a counterclockwise rotation with the same frequency, Sagnac observed the interference fringes in different positions and measured the displacement Δz by overlapping the two figures. This Δz is strictly tied to the relative time delay with which the two light beams reach the detector. Sagnac observed a shift of the interference fringes every time the rotation was modified. [...] The experiment was repeated many times in different ways, with the full confirmation of the Sagnac results. [...] Surprisingly theoreticians were little interested in the Sagnac effect, as if it did not pose a conceptual challenge (Selleri 2015, pp. 114-116).

More than a century after the Sagnac effect, no one has succeeded in giving a theoretical explanation based on the TSR and TGR.

There is a temporal difference Δt_0 in the two paths of light propagating in opposite directions:

$$\Delta t_0 = \frac{2L_0 v}{c^2 R^2} = \frac{2Lv}{c^2 R}$$

$L_0 = LR$ is the disk circumference measured by observers, at rest in the laboratory, who are seeing the rotating disk, whereas L is the circumference of the disk measured by observers at rest on the disk. On the disk there are different speeds in the parallel and antiparallel case from which $\Delta t = \frac{2L\Gamma}{c}$. Seen from the disk, the delay is therefore

$$\Delta t = \Delta t_0 R \left(1 + \frac{c^2 e_1 R}{v} \right). \text{ The consistency of } \Delta t = R\Delta t_0, \Delta t_0 = \frac{2L_0 v}{c^2 R^2} \text{ and } \Delta t = \frac{2L\Gamma}{c}, \text{ al-}$$

lows us to find the proper value of e_1 . In fact, setting $R = \frac{\Delta t}{\Delta t_0}$ and requiring the same

phenomenon, we have $R = \frac{2L\Gamma}{c} \frac{c^2}{2L_0} \frac{R^2}{v}$. By applying $L_0 = LR$, we have $1 = \frac{c}{v}\Gamma$ and,

as it is $\Gamma = \frac{v}{c} + ce_1 R$, the obtained result is only possible for $e_1=0$. Only the absolute

simultaneity of TIT allows us to understand the Sagnac effect, giving it a rational description! For all other values of e_1 you have wrong results. For instance, in the TSR, in

which $e_1 = -\frac{v}{c^2 R}$, the wrong prediction $\Delta t=0$ occurs.

4. Conclusions

Selleri proposed himself to show that the best theory of space and time is TIT, based on absolute simultaneity. It implies the existence of a privileged isotropic inertial reference system. He states that: thus compatible with a new form of relativity principle. Einstein based the theory of special relativity on two principles which together lead necessarily to the Lorentz transformations. In an important sense we can consider Einstein's relativity

as a strong principle. When it says that the physical laws “are not affected” by a change of reference system, it requires the laws of nature to have exactly the same form in all inertial reference frames

It is possible to resynchronize clocks in all inertial frames in such a way as to select a different, arbitrarily chosen frame as “privileged”. Such a resynchronization of clocks (ROC) does not modify any empirical consequence of the theory, which is thus compatible with a new form of relativity principle, weaker than adopted by Einstein in the Theory of Special Relativity (TSR) (Selleri 2015, p. 250).

The main question is how to identify the privileged system. After attempts and failures, Selleri points out that we can not give a positive answer to this question. We can only move from one privileged system to another, which is always arbitrary. A certain relativism therefore remains. A plausible name given by Selleri for the TIT is that of Weak Relativity. We can therefore consider two formulations of the relativity principle: a Strong Relativity, according to which the laws of physics are exactly the same in all inertial systems. This is the Einstein’s formulation; and a Weak Relativity, stating merely the impossibility to measure the absolute velocity of Earth. This last principle does not demand necessarily the validity of LT.

Selleri, very honestly, also points out unclear points, and makes profession of intellectual honesty giving priority to physics:

We must admit that our results may seem somewhat contradictory. On the one hand, they point to a theory of space and time in which such conceptions as absolute velocity, privileged frame and absolute simultaneity have a central role; while, on the other hand, relativism comes back in the arbitrariness of the choice of the ‘privileged’ inertial frame [...] [But now] the new relativistic requirements are much weaker than before [...] and, even more important, the LT has to be replaced by IT. Any violation of LT found at any time will imply that strong relativity itself does not hold as a description of nature (Selleri 2015, pp. 264; 269).

From the point of view of the inertial transformations the validity of weak relativity appears accidental, more than fundamental. It would be enough to discover a very small non-invariance of the two way speed of light to make the whole game of resynchronization impossible (Selleri 2015, p. 250).

the TSR is mathematically “unstable”, in the sense that any shift, however small, of any one of the four f_1, g_2, e_4, c_1 [in the GT] away from its relativistic values implies necessarily the existence of a privileged reference frame (Selleri 2015, p. 269).

Concerning his works, it emerges an approach directed by Selleri to a global analysis of physical phenomena, as demonstrated by the introduction of extended models like the One Pion Exchange Model, the Local Realism or the Weak Relativity. It reveals in him a continuous ability to create acute and valid *gedankenexperimenten*, an absolute honesty in searching for experimental evidence, proposing conclusive experiments, quoting authors and presenting a clear state of the art inherent in each single topic. Moreover, there

is always a clear ability to go down different paths, even abandoning them, and a courageous admission of one's own failures. Always objective and honest, he throughout fought for his ideas, even at the price sometimes of net judgments and different breakups with other scientists, he has always proposed to experimentally verify his theories. In addition, as we have seen, Selleri has always conducted every research in physics taking into account a wide range that included the history and philosophy of physics, convinced that:

physics is a human activity and from us inherits the habit to parade the successes and to hide difficulties and failures. [...] One should never forget that behind the equations of a theory there is a huge qualitative structure made of empirical results, generalizations, hypotheses, philosophical choices, historical conditionings, personal tastes, conveniences (Selleri 2015, p. 27).

References

- Bell J.S. (1976). "How to teach Special Relativity". *Progress in Scientific Culture*, I (2), pp. 135-148.
- Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 25* [online]. URL: <www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/28003-2> [access date 14/02/2019].
- Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24* [online]. URL: <www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/28003-1> [access date 14/02/2019].
- Mansouri R., Sexl R.U. (1977a). "A test theory of special relativity: I. Simultaneity and clock synchronization", *General Relativity and Gravitation*, 8 (7), pp. 497-513.
- Mansouri R., Sexl R.U. (1977b). "A test theory of special relativity: II. First order tests", *General Relativity and Gravitation*, 8 (7), pp. 515-524.
- Mansouri R., Sexl R.U. (1977c). "A test theory of special relativity: III. Second order tests", *General Relativity and Gravitation*, 8 (10), pp. 809-814.
- Prokhovnik S.J. (1967). *The logic of Special Relativity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Selleri F. (2015). *Weak Relativity*. Athens: Kostarakis Scientific.
- Selleri F. (2011). *La relatività debole. La fisica dello spazio e del tempo senza paradossi*. Milano: Edizioni Melquiades.
- Selleri F. (1990). "Space-time transformations in ether theories". *Zeitschrift für Naturforschung A*, 46 (5), pp. 419-425.
- Selleri F. (1969). "On the wave function of Quantum Mechanics". *Lettere al Nuovo cimento*, 1 (17), pp. 908-910.

Archival sources

Bari:

Archivio Generale dell'Ateneo di Bari,

– Fascicoli personali, n. 8832.

John Bell's scientific correspondence in the early 1970s

Angela Laurora – Università degli Studi di Bari Aldo Moro –

angela.laurora@uniba.it; Augusto Garuccio – Università degli Studi di Bari Aldo Moro –
augusto.garuccio@uniba.it

Abstract: It's well known the role of John Bell's article *On the Einstein-Podolsky-Rosen paradox*, published in 1964, for having aroused a renewed interest toward the research about Quantum Mechanics foundations, though only after some years it was observed the consequences in stimulating and orienting the reflection and the research work of physicists concerned with the topic. In fact, the interest and the participation in the debate expanded following the article by Clauser, Horne, Holt and Shimony in 1969 on the proposal of experimental tests on Bell's inequality verify, as well as after contributions and discussion at Varenna Conference in 1970 and the outcomes publication of first generation experimental tests conducted between 1972 and 1976. From John Bell's scientific correspondence 10 unpublished letters are selected and, from November 1970 to January 1980, these documents testify and confirm an increased involvement in the research on Quantum Mechanics foundations and involve, as interlocutors of the correspondence, authors such as Max Jammer, Daniel Evrard, Francois Bonsack Chabat, Louis de Broglie, David Bohm and Basil Hiley.

Keywords: John Bell, Quantum Mechanics, experimental tests on Bell's inequality, 1970 Varenna Conference, scientific correspondence.

1. Introduzione

All'inizio degli anni Settanta un rinnovato interesse per la ricerca sui fondamenti della Meccanica Quantistica si manifestò a seguito della pubblicazione nel 1964 dell'articolo di John Bell (1928-1990) *On the Einstein-Podolsky-Rosen paradox*, i cui effetti nello stimolare la riflessione e nell'orientare il lavoro di ricerca dei fisici interessati si ebbero, infatti, solo qualche anno dopo, poiché per i cinque anni seguenti la pubblicazione non vi fu quasi alcun interesse per ciò che Bell aveva scritto né giunse all'autore alcuna richiesta di reprint dell'articolo.

Il lavoro di Bell riprendeva il problema scientifico della completezza della descrizione quantistica della realtà fornita dalla funzione d'onda ψ sollevato nel lontano 1935 su *Physical Review* da Albert Einstein, Boris Podolsky e Nathan Rosen nell'articolo *Can Quantum-Mechanical description of physical reality be considered complete?* (Einstein *et al.* 1935). I tre autori in questo articolo, che è ormai noto come paradosso EPR dalle iniziali degli autori, esposero una profonda critica all'interpretazione domi-

nante della Meccanica Quantistica (la cosiddetta interpretazione di Copenhagen), partendo dall'analisi di un esperimento ipotetico su un sistema fisico correlato, cioè considerando la descrizione quanto-meccanica di due oggetti correlati, quali ad esempio quelli risultanti dal decadimento di una particella.

Da sostenitore della posizione critica di Einstein verso l'interpretazione di Copenhagen, Bell decise di riprendere l'esperimento ipotetico EPR nella versione formulata nel 1961 dal fisico inglese di David Bohm¹ ritenendo di poter contribuire al progresso nella ricerca sui fondamenti della Meccanica Quantistica se fosse riuscito a stabilire in modo rigoroso una teoria causale e locale che riproducesse le correlazioni quantistiche.



Fig. 1. Ritratto di John Stewart Bell al CERN, giugno 1982 [online]. URL: <<https://cds.cern.ch/record/1823937>> [data di accesso: 16/04/2019].

¹ Il dibattito sulla questione aperta da Einstein, Podolsky e Rosen fu reso prudente da un'opera precedente di von Neumann, *Mathematical foundations of Quantum Mechanics* (1932), che aveva mostrato l'impossibilità di completare la Meccanica Quantistica nei termini causali e locali proposti da Einstein. Nel 1952, tuttavia, David Bohm (1917-1992) pubblicò l'articolo *A suggested interpretation of the Quantum Theory in terms of "hidden" variables* in cui mostrò possibile tale completamento della Meccanica Quantistica e riformulò i termini del paradosso (Bohm 1952).

Il lavoro però giunse, mediante una formulazione matematica delle ipotesi di causalità e località (teorie a variabili nascoste), ad un risultato per certi versi inatteso: la dimostrazione dell'incompatibilità di ogni teoria causale e locale con le previsioni della Meccanica Quantistica, evidenziando come il problema fosse nella condizione stessa di località, cioè nell'assunzione che il risultato di una misura eseguita su di un sistema quantistico non sia influenzato dalla misura su un altro sistema distante e con cui abbia interagito in passato. Bell considerò una coppia di particelle di spin $1/2$ nello stato di singoletto che si muovevano in direzioni opposte e analizzò le misure delle componenti di spin lungo tre direzioni arbitrarie a , b e c . Poi considerò le probabilità congiunte P della misura dello spin su entrambe le particelle lungo due delle tre direzioni a , b e c (cioè il valore di aspettazione del prodotto delle misure delle componenti di spin), e dedusse, per ogni teoria causale e locale, la seguente diseuguaglianza:

$$1 + P(b, c) \geq |P(a, b) - P(a, c)|$$

che mette in relazione le probabilità della misura dello spin. Mostrò, quindi, come il valore di aspettazione quantistico per queste probabilità congiunte, non soddisfi tale diseuguaglianza, dimostrando quindi l'incompatibilità di ogni teoria a variabili nascoste con le previsioni della Meccanica Quantistica. L'importante risultato che egli ottenne sulla base delle ipotesi esaminate, è stato in seguito chiamato Teorema di Bell o Diseuguaglianza di Bell.

Al lavoro di Bell prestarono particolare attenzione John Clauser (1942-) e Abner Shimony (1928-2015), due protagonisti delle ricerche sul paradosso EPR, i cui lavori sulla diseuguaglianza di Bell, sebbene avviati in modo indipendente, in seguito si incrociarono per congiungersi in un comune lavoro pubblicato nel 1969, insieme a Michael Horne (1943-) e Richard Holt (1942-). Solo a seguito della pubblicazione di tale articolo (Clauser *et al.* 1969), che conteneva una specifica proposta di test sperimentali per la verifica della diseuguaglianza di Bell, ma pure dei contributi e della discussione al convegno di Varenna nel 1970 (d'Espagnat (ed.) 1971), si diffuse nella comunità dei fisici l'interesse e la partecipazione al dibattito, successivamente accresciuti per la pubblicazione dei risultati riguardanti la prima generazione di test sperimentali condotti tra il 1972 e il 1976 (Clauser, Freedman 1972).

Se, quindi, è ormai noto il ruolo del lavoro pionieristico di John Bell nell'aver suscitato tale discussione, una testimonianza e una conferma del diffondersi dell'interesse nella ricerca sui fondamenti della Meccanica Quantistica durante i primi anni '70 si ricavano dalla sua corrispondenza scientifica recentemente ritrovata ed analizzata e in particolare da 10 lettere inedite che coinvolgono, in qualità d'interlocutori del carteggio, autori come Max Jammer, Daniel Evrard, Francois Bonsack-Chabat, Louis de Broglie, David Bohm e Basil Hiley.

2. Il Convegno di Varenna

L'articolo di Clauser, Horne, Shimony e Holt (CHSH) aveva destato interesse tra i fisici e probabilmente aveva fatto conoscere a molti di loro il lavoro pionieristico di Bell pubblicato nel 1964. Tra questi c'era Franco Selleri (1936-2013), uno dei protagonisti della storia sulle ricerche del paradosso EPR e che già dalla fine degli anni '60 aveva sviluppato un atteggiamento critico nei confronti dell'interpretazione della teoria dei quanti. Egli fornirà in seguito importanti contributi sia al chiarimento delle idee alla base dei fondamenti della Meccanica Quantistica, sia allo sviluppo dell'indagine sperimentale sulla verifica del teorema di Bell. Selleri alla fine degli anni '60 aveva suggerito, come membro del consiglio direttivo della "Società italiana di fisica" (SIF), che nell'ambito delle attività della Scuola internazionale di fisica "Enrico Fermi"² si dedicasse una specifica scuola estiva ai fondamenti della Meccanica Quantistica. L'idea fu accolta dagli altri membri che manifestarono, come ricorda Selleri in un'intervista, «only a certain cautiousness» (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24*).

Selleri, a distanza di anni, continuò a sottolineare l'interesse suscitato dal convegno soprattutto tra i giovani fisici:

The 1970 Varenna Summer School was accepted very well, especially by young physicists. That was a wonderful moment after the student unrest that had been very active in the physics departments. People were also very strong and motivated towards new ideas. [...] It was a very good choice, but you see, that was a moment in which so to say the foundations of Quantum Mechanics became, if I may use the expression, a mass activity. It's not really true, but I mean compared with before (*Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24*).

2.1. Bell, Selleri e la cartolina

Selleri ha dedicato gran parte della sua attività didattica extrauniversitaria e di divulgazione a spiegare con approccio storico-critico al lettore meno esperto alcuni degli argomenti più complessi della fisica moderna, tra i quali anche la disuguaglianza di Bell con il suo significato e le sue implicazioni, come è testimoniato dalla pubblicazione di una serie di libri, dalle lezioni nei corsi di aggiornamento per docenti di scuola secondaria superiore e dai seminari proposti agli studenti di varie scuole, dalla partecipazione come autorevole esperto a incontri promossi da istituzioni e associazioni varie. A Bell Selleri riconosceva una statura scientifica di straordinario livello e a lui si sentiva legato da una profonda amicizia, coltivata nei molti incontri al CERN e testimoniata, ad esempio, dalla cartolina³ che egli ricevette dal fisico irlandese che lo ringraziava per avergli inviato una copia del libro *Quantum paradoxes and physical reality* (Selleri 1990).

² La Scuola internazionale di fisica "Enrico Fermi", organizzata dalla "Società italiana di fisica" (SIF) fin dal 1953, è un tradizionale appuntamento per la formazione dei fisici sui nuovi temi della ricerca. Quella del 1970 fu la prima ad essere dedicata al tema dei fondamenti della Meccanica Quantistica ed ebbe 84 partecipanti e si svolse dal 29 giugno all'11 luglio.

³ Cartolina illustrata di Bell a Selleri, 22 gennaio 1990.

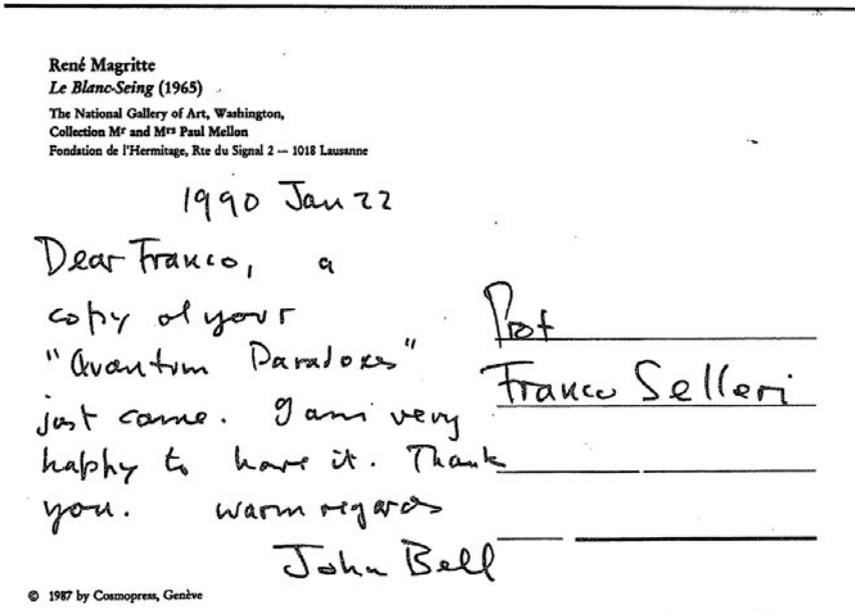


Fig. 2. Retro della cartolina illustrata inviata da John Bell a Franco Selleri.

Se Selleri ebbe, quindi, l'idea di una Scuola della SIF dedicata per la prima volta al tema dei fondamenti della Meccanica Quantistica, Bernard d'Espagnat (1921-2015), che fu nominato direttore della Scuola, ricorda come anche Bell ebbe un ruolo cruciale nella preparazione:

When the Italian physical Society asked me to organize and direct its 49th Summer School in Varenna (1970), on the foundations of Quantum Mechanics, Bell helped me quite a lot in choosing people to invite, and he himself gave there a most important paper. Later in 1976 he and I co-organized a workshop, entirely dedicated to the Bell's inequalities question, at the Ettore Majorana Center in Erice (Sicily). We invited there a number of theorists and experimentalists, among whom a newcomer named Alain Aspect who, in 1982, was to publish (as his PhD thesis and in Phys.Rev. Letters) the first really conclusive (in the opinion of John Bell himself) experiment showing that these inequalities are violated, in conformity with the predictions of Quantum Mechanics but contrary to what received views and commonsense seemed to predict⁴.

Bell, infatti, propose una riflessione sulla questione delle variabili nascoste (Bell 1971), richiamando sia le motivazioni che lo avevano condotto a tale studio sia i principali

⁴ Nel 2011 d'Espagnat ha rilasciato queste dichiarazioni ad uno degli autori del presente contributo (Laurora).

risultati ottenuti nei precedenti articoli del 1964 e del 1966. Nella sua conferenza, a seguito delle sollecitazioni che il lavoro di CHSH del 1969 aveva stimolato in lui, dimostrò poi l'espressione più generale della diseguaglianza ottenuta dagli autori, riconoscendo come il risultato offriva la possibilità di condurre nel campo sperimentale le questioni considerate fino a quel momento e osservando come – in riferimento alla disposizione ideale esaminata da lui nell'articolo del 1964 – il problema centrale fosse diventato capire se «the inevitable departures from this ideal situation can be kept sufficiently small in practice that the quantum-mechanical prediction still violates the inequalities» (Bell 1971, 180) ricavata da CHSH. A questo riguardo, ritenendo che un sistema costituito da due fotoni, come quello proposto nel lavoro di CHSH, possa essere più promettente di quello formato da due particelle di spin $\frac{1}{2}$, Bell concluse:

A very serious study of the photon case will be reported to this meeting by Shimony. The experiment described by him, and now under way, is not sufficiently close to the ideal to be conclusive for a quite determined advocate of hidden variables. However, for most a confirmation of the quantum-mechanical predictions, which is only to be expected given the general success of quantum mechanics, would be a severe discouragement (Bell 1971, 180).

Il seminario di Shimony, a cui accenna Bell nella sua conferenza, riguardava appunto la discussione dell'esperimento progettato con Clauser, Horne e Holt. Shimony in quella occasione conobbe Bell e con lui iniziò una lunga amicizia. A distanza di anni, egli ricorda:

I admired John Bell as much as any physicist of my acquaintance, and I was deeply gratified by his interest in our attempts to provide an experimental test for the discrepancy between classical special relativity and quantum mechanics. His early death was a great loss to foundations of physics⁵.

2.2. Lettera di Max Jammer, 8 novembre 1970

La Scuola di Varenna del 1970 fu quindi un'importante occasione per lo sviluppo della ricerca sulle variabili nascoste e sul teorema di Bell, poiché riunì un certo numero di fisici che già lavoravano sul tema ma che non si erano mai incontrati prima, conferendo al loro lavoro maggiore autorevolezza e ampliando così l'interesse di nuovi ricercatori. È anche da questo punto di vista che può interpretarsi la lettera, finora inedita e ritrovata tra le carte personali di Bell conservate dalla moglie Mary, che Max Jammer gli inviò quattro mesi dopo il Convegno di Varenna. Jammer stava lavorando al seguito del suo libro, *The conceptual development of Quantum Mechanics* – che era stato pubblicato nel 1966 – e in particolare, come egli sottolinea nella lettera, stava approfondendo la storia delle diverse interpretazioni della Meccanica Quantistica. Ed è proprio per chiarire il contributo di Bell in tale ambito che Jammer gli scrisse ponendogli alcune domande:

⁵ Nel 2011 Shimony ha rilasciato queste dichiarazioni ad uno degli autori del presente contributo (Laurora).

Dear Professor Bell:

Working on the sequel volume [...] and in particular on the history of the various interpretations of quantum mechanics, I take the liberty, for the sake of historical accuracy, to approach you with a number of questions concerning your important contributions to this field. [...]

(1) [...] Was it at Harwell, in particular through your contact with F. Mandl, that you became interested in foundational questions on quantum theory, or was there somebody else who influenced you in this direction?

(2) When, precisely, did you write your paper *On the problem of h.v. in q.m.*?

(3) Your paper [...] was published in the same volume of the Reviews as the Bohm-Bub paper “A proposed solution...” which also incorporated the wholeness conception in a hidden variable theory. Although these two authors make a reference to your paper it is not clear to me whether they had any previous contact with you or discussion of this matter. It is possible, in your opinion, that your paper may have influenced their approach?

(4) What was your connection with Jauch? When did he attract your attention to the Gleason paper?

Il documento inedito ha un significativo valore storico in quanto testimonia la rilevanza che in quegli anni il contributo scientifico di Bell cominciava ad acquisire nella riflessione sui concetti della Meccanica Quantistica e anche ai fini di una ricostruzione storica delle relative idee.

2.3. Lettera di risposta a Jammer, 17 novembre 1970

Nella lettera a Jammer, Bell risponde in modo sistematico alle domande poste⁶:

Dear Professor Jammer,

[...] I have to start a little further back:

-1) I became interested in these questions as an undergraduate, in the late forties, being from the beginning unsatisfied with the vague but essential role of the observer. The division of the world into system and observer, with no clear specification of either, troubled me more than the indeterminism.

0) In 1949 I read Born's very nice book *The natural philosophy of cause and chance*. I think it was there (p. 109) that I learned of von Neumann's proof. I was very impressed by Born's description of it. Von Neumann's work itself was available only in German, which I could not read.

1) I went to Harwell (late in 1949) and specialized in accelerator design. I was there in 1952 when Bohm's paper appeared, and had Franz Mandl as a colleague. He was familiar with von Neumann's book and carefully and patiently took me through the argument, hoping I think, to convince me that Bohm must be somehow wrong. I saw in the course of these discussions that the additivity axiom was weak. I did not think to write about it at that time. [...]

2) The R.M.P. paper was written in the summer of 64 at SLAC and appeared as a preprint in August [...].

⁶ Esiste la minuta dattiloscritta della lettera di risposta e una parte della bozza, che – come era sua consuetudine – cominciò a scrivere a mano sul retro della lettera ricevuta da Jammer.

- 3) [...] I had not at that time had any contact with Bohm and Bub and do not know at what stage of their own work they became aware of mine.
- 4) Jauch must have written his paper with Piron some time in 1963. He gave a seminar at CERN and this led to several discussions in which he and I exchanged views on hidden variables and von Neumann, and later on quantum mechanics in a more general way. It was at this time that he told me of the work of Gleason, which permitted the relaxation of von Neumann's additivity.

Lo scambio epistolare tra Bell e Jammer ha valore e significato, se si osserva che nel libro pubblicato nel 1966 Jammer dedica un'appendice al paradosso EPR e in una nota di tale appendice è già citato, tra i riferimenti alla letteratura di settore, il lavoro di Bell del 1964.

Nel seguito del libro, che sarà pubblicato nel 1974, con il titolo *The philosophy of Quantum Mechanics: the interpretations of Quantum Mechanics in historical perspective*, nel capitolo sulla questione delle variabili nascoste sono invece presentati i contributi di Bell, che nei ringraziamenti è citato per le informazioni fornite tramite una corrispondenza epistolare. I contributi del fisico irlandese sono preceduti – all'interno dello stesso capitolo – dalla citazione di una sua affermazione, tratta dal lavoro che Bell presentò proprio al Convegno di Varenna del 1970:

It is this possibility, of a homogeneous account of the world, which is for me the chief motivation of the study of the so-called 'hidden variable' possibility (Bell 1971).

Pertanto, a distanza di qualche anno, la considerazione di Jammer per l'articolo di Bell del 1964 crebbe di pari passo al ruolo che il fisico irlandese in quegli anni cominciava a ricoprire all'interno del dibattito sui fondamenti della Meccanica Quantistica. La motivazione della lettera di Jammer va ricercata non solo nella sua crescente attenzione verso i due famosi articoli di Bell, ma anche nell'interesse verso il lavoro di CHSH del 1969 e verso alcuni dei seminari del convegno di Varenna appena terminato. A conclusione del capitolo sulle teorie a variabili nascoste, Jammer richiama sia la pubblicazione nel 1969 del lavoro di CHSH sulla proposta di esperimenti per verificare le teorie locali a variabili nascoste, sia la pubblicazione nel 1972 dei risultati di Clauser e Freedman sui test sperimentali di tali teorie. Dal 7 al 10 ottobre 1991, a un anno dalla scomparsa di Bell, fu organizzata a Cesena la conferenza internazionale "Bell's theorem and the foundations of Modern Physics" dal Dipartimento di Fisica dell'Università di Bari che, nella persona di Selleri e di un gruppo di ricercatori dello stesso Dipartimento, fin dall'inizio degli anni '70 aveva contribuito alla ricerca sul teorema di Bell. La conferenza illustrò il numero e la profondità degli sforzi delle ricerche che, in quel momento, si stavano focalizzando intorno alle questioni sollevate dal teorema. Durante tale conferenza Jammer rese omaggio alla memoria di Bell, ricordando i suoi contributi ai fondamenti della Meccanica Quantistica ed evidenziandone le relazioni concettuali dal punto di vista della storia delle idee.

2.4. Lettera di David Bohm e Basil Hiley, 18 dicembre 1979

Il lavoro presentato da Bell al Convegno di Varenna continuò ad interessare anche a distanza di qualche anno. David Bohm (1917-1992) e Basil Hiley (1935-) in una lettera inviata a Bell nel dicembre 1979 fanno riferimento alla diseguglianza nella forma in cui Bell la presentò proprio al convegno di Varenna nel 1970 (Bell 1971). Una riflessione sulla diseguglianza di Bell è l'argomento dello scambio epistolare con David Bohm e Basil Hiley:

Dear John,

We are afraid we are going to be a little troublesome. We have been looking closely at the 1971 proof of your inequality again and something is troubling us.

You argue that [...] you can in principle find a way of determining the result of a given spin measurement on a single particle. Indeed either the method you proposed in your 1964 [...].

Therefore we cannot see how it is possible to go through with the proof in this case. We would much appreciate any comments you have on this point. [...]

Please understand that we are not committed to locality as our papers show and it will be rather unfortunate if our criticism of the derivation turns out to be correct.

2.5. Lettera di risposta a Bohm e Hiley, 8 gennaio 1980

Nella lettera di risposta Bell chiarisce alcuni passaggi nella derivazione della diseguglianza che dimostrò al convegno di Varenna.

Dear Basil, David,

thank you for your letter of December 18 (which arrived only yesterday). I agree that it is essential to combine situations which are not simultaneously accessible experimentally. There is something deep here and I don't feel I have got to the bottom of it. Maybe a pit will open at my feet.

3. I primi test sperimentali (1972-1976) sulla diseguglianza di Bell e la corrispondenza con Evrard, Bonsack-Chabat e de Broglie

I risultati del primo esperimento sulla diseguglianza di Bell furono pubblicati da Clauser e Freedman nell'aprile del 1972. Essi partirono dalla generalizzazione della diseguglianza di Bell ottenuta nel 1969 dal lavoro di CHSH e i dati, che i due autori ottennero, mostrarono un accordo con la Meccanica Quantistica, fornendo così una evidenza sperimentale contro le teorie locali a variabili nascoste (Clauser, Freedman 1972). Pertanto anche la progettazione dei primi test sperimentali e i relativi esiti determinarono un certo interesse, come quello che viene mostrato dalla lettera di Daniel Evrard circa tre mesi prima della pubblicazione dei risultati da parte di Clauser e Freedman, ma suscitavano anche l'attenzione di Francois Bonsack-Chabat dell'Associazione Gonseth, e infine misero a confronto Bell con l'illustre fisico Louis de Broglie.

3.1. Lettera di Daniel Evrard, 12 gennaio 1972

Poco prima della pubblicazione dei risultati di Clauser e Freedman nell'aprile del 1972, avvenne uno scambio epistolare tra Bell e Daniel Evrard (1948-), che in quegli anni collaborava con Mioara Mugur-Schächter (1929-) all'Università di Reims in Francia, presso il "Laboratoire de Mécanique quantique et structures de l'information".

Nella lettera Evrard chiede i riferimenti dei risultati dell'esperimento di Clauser e Freedman - che sarà pubblicato, come già detto, tre mesi dopo - ma soprattutto coglie l'occasione per chiedere a Bell le sue opinioni in merito a un risultato che si attendeva quasi certo e alle implicazioni che questo poteva avere nel ripristino o meno della causalità in Meccanica Quantistica:

Cher Docteur Bell,

Mad.me Schächter m'ayant fait part de la réalisation de l'expérience suggérée par votre théorème, testant les correlations de spin après désintégration d'un microsystème [...].

Dans l'hypothèse où de telles expériences vérifieraient - comme il semble - intégralement les prévisions de la Mécanique Quantique, quelles sont, dans votre système logique, les possibilités qui demeurent encore d'une restauration de la causalité en physique?

3.2. Lettera di risposta a Evrard, 1 febbraio 1972

Nella sua lettera di risposta Bell indica le condizioni dell'apparato sperimentale che, a suo giudizio, eliminerebbero i "loophole" presenti nell'esperimento tipico di quegli anni e che risultano problematici per coloro che - come lo stesso Bell - sostengono un ripristino della causalità locale nella Meccanica Quantistica e non accettano una «ipotesi cospiratrice» circa l'osservazione della correlazione tra le polarizzazioni della coppia di fotoni. L'ipotesi cospiratrice, che Bell non gradisce, è quella che per spiegare l'esistenza di tali correlazioni ammette accordi precedenti al test stesso tra i due fotoni. Secondo Bell, l'esperimento renderebbe decisiva la scelta tra la correttezza delle previsioni quanto-meccaniche e l'esistenza delle teorie locali a variabili nascoste se realmente eseguito «with one pair of photons at a time, with very efficient counters, and with orientations of the polaroid filters which are chosen only while the photons are in flight!». Egli, quindi, coglie l'occasione per condividere la propria riflessione e anche il proprio stato d'animo circa la causalità locale:

Dear Dr. Evrard,

the results in question are not yet published, or even in course of publication. [...]

These experiments certainly leave some loophole for a believer in local causality.

The critical situation from a logical point of view is when the experiment is done with one pair of photons at a time, with very efficient counters, and with orientations of the polaroid filters which are chosen only while the photons are in flight! None of these conditions is actually met. So one is always free to believe in a set of conspiracies which make the results of the practical experiment differ from that of the ideal one. I myself do not much like this conspiratorial hypothesis and am at present rather despondent about local causality.

È uno scambio epistolare che, possiamo osservare, si rivelò fruttuoso in quanto Evrard in un articolo pubblicato con Mioara Mugur-Schächter e François Thieffine nel dicembre 1972 evidenziò come la discussione sulla completezza della Meccanica Quantistica stesse entrando in modo “surrettizio” in una nuova fase (Mugur-Schächter *et al.* 1972), citando a supporto di questa tesi proprio i due articoli di Bell sul paradosso EPR del 1964 e sulle variabili nascoste del 1966. Sembrerebbe, quindi, che la considerazione di questi autori circa una nuova fase del dibattito sui fondamenti della Meccanica Quantistica se, da una parte, trovasse motivazione nel fatto che si basava su fondamenta solide quali i contributi di Bell, dall'altra tenesse conto del modo “surrettizio” in cui tale questione era affrontata e discussa dai fisici.

3.3. Lettera di François Bonsack-Chabat, 6 febbraio 1973

Il modo – se possiamo dire – così furtivo in cui si svolse il confronto tra i protagonisti di quegli anni fu testimoniato anche dal ruolo che ebbero gli incontri sulla questione delle variabili nascoste organizzati tra il 1973 e il 1982 dall'associazione “Gonseth”⁷ e dalla conseguente diffusione dei fascicoli delle *Epistemological Letters* che, in qualità di opuscolo “quasi clandestino”, raccolse i contributi al dibattito e consentì quindi il confronto e l'affinamento delle relative idee, prima della loro pubblicazione su qualche rivista adeguata. L'iniziativa rientrava all'interno di una delle attività dell'associazione, i *Symposiums écrits*, una forma intermedia tra il colloquio orale e il testo stampato per scambiare idee non ancora ben sviluppate e che si concretizzava nella realizzazione di *Epistemological Letters*, a cura della stessa associazione. In quegli anni la scelta di dedicare gli incontri alla discussione sulla verifica sperimentale del teorema di Bell e alle sue implicazioni era un'altra espressione e conseguenza dell'ampliamento dell'interesse e del dibattito sulla tematica.

A testimonianza dell'intento, quindi, da parte dell'associazione di promuovere l'iniziativa e della preparazione di questo confronto vi è la lettera di François Bonsack-Chabat (1926-2006), che a partire dal 1973 e fino al 1984 fu l'organizzatore dei *Symposiums écrits* denominati *Hidden variable and Quantum uncertainty*. Nella corrispondenza epistolare con Bell, Bonsack-Chabat, a nome della stessa associazione, gli comunica la volontà di avviare l'iniziativa e gli chiede alcuni suggerimenti circa i fisici da invitare e la persona da individuare per presentare una sintesi della situazione della ricerca sulla tematica di quel momento e per avviare il dibattito:

Cher Monsieur,

Vous avez, paraît-il, suggéré une expérience permettant de décider si oui ou non une théorie à paramètres cachés est compatible avec l'expérience. [...]

Je suppose que la réalité est beaucoup plus subtile et que les résultats de ces expériences doivent être discutés soigneusement pour déterminer les limites de ce qu'elles

⁷ L'Associazione Ferdinand Gonseth è stata fondata nel 1971 a Bienne in Svizzera e s'ispira alla ricerca e alle opere di Ferdinand Gonseth (1890-1975), filosofo e matematico svizzero, che si interessò ai fondamenti della matematica, alla filosofia della scienza e alla teoria della conoscenza. Attualmente l'Associazione continua a sviluppare, attraverso il centro studi “Institut de la Méthode”, alcune attività molto varie e riguardanti tematiche come, ad esempio, la riflessione sull'insegnamento della matematica e le discussioni sui problemi della filosofia della fisica attraverso la promozione del dialogo tra scienza e filosofia.

affirment et de ce qu'elles excluent. L'Institut de la Méthode propose d'engager une telle discussion, à laquelle prendraient part un certain nombre de physiciens d'opinions diverses. [...]

Mais il faudrait avoir une liste assez complète de personnes intéressées. J'ai pensé à Destouches, Ullmo, Paulette Février, Chambadal, De Broglie, Vigier, Lochak, Shimony, Bohm, Jauch, Heisenberg, Born, Jordan, Dirac, Watanabé, Feynman. Pourriez-vous compléter cette liste?

La lettera è certamente un riconoscimento del ruolo di riferimento che Bell aveva all'interno della riflessione sulla questione delle teorie locali a variabili nascoste.

3.4. Lettera di risposta a Bonsack-Chabat, 17 aprile 1973

Nella lettera di risposta a Bonsack-Chabat⁸ emerge il grande interesse di Bell per l'iniziativa. Ai nomi indicati da Bonsack egli aggiunge quello di Jeffrey Bub e di Bernard d'Espagnat, mentre suggerisce Shimony o d'Espagnat per avviare il dibattito:

Dear Dr. Bonsack-Chabat,

I replay to your letter of February 6. You are quite right that reality is more subtle. I follow your discussion with great interest, and will intervene if I do not like the direction in which it goes. To your list I would add the names of d'Espagnat and Bub. Shimony would be excellent to start the discussion, or d'Espagnat.

La discussione fu poi iniziata da Shimony, come si evince dalla presentazione che questi fece sul primo numero di *Epistemological Letters*, richiamando alcune tappe della storia della fisica utili per chiarire l'argomento scelto per il confronto tra le diverse opinioni. Da un esame dei contributi apparsi sui fascicoli, tra i fisici indicati nello scambio epistolare tra Bell e Bonsack-Chabat parteciparono alle discussioni Vigier, Lochak, Shimony, d'Espagnat e Bell, Costa de Beauregard che aveva esortato Bonsack-Chabat a realizzare l'iniziativa. Ad essi si aggiunsero, durante lo svolgersi degli incontri, altri fisici: M. Horne, M. Mugur-Schachter, J. Clauser, F. Selleri, G. Tarozzi, A. Garuccio, W.M. de Muynck, J. Andrade, M. Silva e l'illustre filosofo Karl Popper. A partire dal novembre del 1973 fino all'aprile del 1983, *Epistemological Letters* riportò, quindi, le discussioni che venivano condotte con uno stile aperto e informale e la questione delle variabili nascoste fu al centro delle discussioni e dei fascicoli.

3.5. Lettera a Louis de Broglie, senza data

Il dibattito sul teorema di Bell vide in quegli anni anche un contributo di Louis de Broglie, che in un articolo pubblicato ad aprile del 1974, dal titolo *Sur la réfutation du théorème de Bell* ne aveva commentato alcuni aspetti (Broglie (de) 1974). Ne seguì uno scambio epistolare tra il premio Nobel francese e Bell il quale, per ringraziarlo della

⁸ Della lettera di risposta sono state ritrovate sia la bozza scritta a mano con alcune correzioni, sia la minuta dattiloscritta ed entrambe recano la data del 17 aprile 1974. Probabilmente è un errore di battitura, per cui possiamo ritenere che l'anno sia il 1973 in accordo con la data del primo fascicolo di *Epistemological Letters*.

considerazione che aveva avuto nei confronti del suo teorema, gli scrisse una lettera⁹ in cui fa esplicito riferimento all'articolo che il premio Nobel aveva pubblicato sull'argomento. Bell dichiara di aver compreso dalla lettura dell'articolo come la confutazione non riguardi il suo teorema ma la validità non limitata della Meccanica Quantistica, verso la cui interpretazione, però, precisa a de Broglie, ha un atteggiamento critico e molto aperto ad altre soluzioni. Circa la correlazione prevista dalla teoria quantistica tra misure dello spin su particelle distanti, Bell afferma come essa sia una realtà dimostrata da esperimenti, che hanno stabilito l'esistenza di tali correlazioni nel caso dei fotoni, anche se aggiunge che non tutti gli esperimenti si sono mostrati in accordo con la Meccanica Quantistica. Bell si riferisce in questo caso all'esperimento di Holt e Pipkin, test sperimentale che fu ripetuto solo due anni più tardi da Clauser, il quale non osservò la deviazione delle misure dalle previsioni della Meccanica Quantistica. Alla lettera inviata a de Broglie, Bell allega una copia dell'articolo di Clauser e Freedman pubblicato nel 1972 (Clauser, Freedman 1972).

Dear Professor de Broglie,

as a long-time admirer of your work I was very happy to see, in *Comptes Rendus* recently, that my own work has come to your attention. I seems to me that you refute, not my theorem, but my axiom – the unlimited validity of ordinary quantum mechanics. I myself am in fact rather open minded about the extent to which quantum mechanics is valid. But I do not think it is possible to take [...] that spin measurement on distant particles are uncorrelated. A number of experiments, not all agreeing in detail with quantum mechanics, have established the existence of such correlations for photons. I take the liberty of enclosing have a copy of one of the paper concerned, that of Clauser and Freedman, *Physical Review Letters* 28, 938.

3.6. Lettera di risposta di Louis de Broglie, 4 giugno 1974

Nella lettera di risposta a Bell, l'illustre fisico francese dichiara che riguardo l'esistenza di correlazioni tra le misure di spin eseguite su elettroni distanti, egli è convinto che tali correlazioni non esistano. E che nonostante un certo numero di esperimenti sembrano dimostrare l'esistenza di correlazioni – anche se queste esperienze sono state contestate – egli è convinto che alla fine si dimostrerà, con più accurati esperimenti, l'assenza di correlazioni tra le misure di spin:

Cher Monsieur,

je vous remercie de votre aimable letter. J'ai été heureux d'apprendre que vous n'étiez pas sûr que l'interprétation actuellement enseignée de la Mécanique quantique soit exacte. En ce qui concerne l'existence de correlations entre des mesures de spin effectués sur des electron éloignés, je suis convaincue que ces correlations n'existent pas. [...]

Je sais qu'un certain nombre d'expériences ont été faites qui paraissent prouver l'existence de correlations. Mais je sais aussi que ces expériences ont été contestées

⁹ Della lettera inviata a de Broglie è stata ritrovata la bozza scritta a mano. Sebbene la minuta non rechi alcuna data, si può datare tra aprile e maggio del 1974, in base alla pubblicazione dell'articolo di de Broglie e alla lettera di risposta di questi a Bell in data 4 giugno 1974.

et je suis convaincu que l'on finira par prouver, par des experiences plus precises, l'absence de correlations entre le mesures de spin.

4. Conclusioni

Se grazie anche ai risultati scientifici di Bell è stato possibile agli inizi degli anni '70 rinnovare l'interesse verso la ricerca sui fondamenti della Meccanica Quantistica e permettere di affrontare quei temi che hanno condotto sia a nuovi sviluppi di rilevanza concettuale, sia a risultati pratici derivanti dalle applicazioni della teoria, la sua corrispondenza scientifica con vari interlocutori di quegli anni ha permesso a tali ricercatori di avventurarsi in questo nuovo campo d'indagine, indipendentemente dalle personali convinzioni che via via diventavano più definite. La riflessione sulle questioni che fin da giovane Bell reputava centrali ha continuato ad appassionarlo anche in età più matura e ciò è evidente non solo nei contributi scientifici ma ancor più negli scambi epistolari che abbiamo evidenziato, scambi che lo hanno portato a chiarire le sue idee grazie proprio al confronto, focalizzando così quei temi che avrebbero costituito l'essenziale scientifico da condividere. La corrispondenza scientifica testimonia il suo desiderio e la sua preoccupazione non tanto di difendere quanto di comunicare in modo chiaro le proprie idee e, quindi, queste lettere, seppure in modo frammentario, integrano la ricostruzione storica del pensiero di Bell come lo conosciamo attraverso i suoi lavori scientifici.

Bibliografia

- Bell J.S. (1971). *Introduction to the hidden-variable question*, in d'Espagnat B. (ed.), *Foundations of Quantum Mechanics. Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi", 49th Course (Villa Monastero, Varenna, 29 June-11 July 1970)*. New York & London: Academic Press, pp. 171-181.
- Bell J.S. (1966). "On the problem of hidden variable in quantum mechanics". *Reviews of Modern Physics*, 38 (3), pp. 447-452.
- Bell J.S. (1964). "On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox". *Physics*, 1 (3), pp. 195-200.
- Bohm D. (1952). "A suggested interpretation of the Quantum Theory in terms of 'hidden' variables, I and II". *Physical Review*, 85, pp. 166-193.
- Brogliè (de) L. (1974). «Sur la réfutation du théorème de Bell». *Comptes rendus, Série B*, 278, pp. 721-722.
- Clauser J.F., Freedman S.J. (1972). "Experimental test of local hidden variables theories". *Physical Review Letters*, 28 (14), pp. 938-941.
- Clauser J.F., Horne M.A., Shimony A., Holt R.A. (1969). "Proposed experiment to test local hidden-variables theories". *Physical Review Letters*, 23 (15), pp. 880-884.
- d'Espagnat B. (ed.) (1971). *Foundations of Quantum Mechanics. Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi", 49th Course (Villa Monastero, Varenna, 29 June – 11 July 1970)*. New York & London: Academic Press.

- Einstein A., Podolsky B., Rosen N. (1935). “Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?”. *Physical Review*, 47 (10), pp. 777-780.
- Interview of Franco Selleri by Olival Freire on 2003 June 24 [online]. URL: <www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/28003-1> [access date 14/02/2019].
- Mugur-Schächter M., Evrard D., Thieffine F. (1972). “Study of the presence probability distribution in autointerference states”. *Physical Review D*, 6 (12), pp. 3397-3418.
- Neumann (von), J. (1932). *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Berlin: Springer.
- Selleri F. (1990). *Quantum paradoxes and physical reality*. Dordrecht: Kluwer.

Franco Selleri and Karl Popper: fighting side by side for realism in physics

Flavio Del Santo – University of Vienna – delsantoflavio@gmail.com

Angelo Baracca – Università degli Studi di Firenze – angelo.baracca@gmail.com

Abstract: Franco Selleri (1936-2013) has been the initiator and foremost proposer of a revival, in the 1970s, of the research on foundations of quantum mechanics in Italy. He criticised the dogmatism of standard quantum physics and supported the idea of hidden variables to re-establish realism in physics. Moved by similar realistic motivations, the preeminent philosopher of science Karl R. Popper (1902-1994) had been a critic of the standard (Copenhagen) interpretation of quantum mechanics since as early as 1934. Popper and Selleri met at the beginning of the 1980s and established a flourishing intellectual relationship that represents an emblematic example of the possible interplay between physics and philosophy.

Keywords: Franco Selleri, Karl R. Popper, Foundations of Quantum Mechanics.

1. The general situation of the research on foundations of quantum mechanics in the post-war period

The present communication aims at paying homage to Selleri's legacy on foundation of quantum mechanics (FQM) with a focus on the long-lasting and close intellectual relationship that he established with Karl R. Popper in the 1980s. This essay is mainly based on two recently published works that reconstructed, respectively, Selleri's early effort to revive FQM (Baracca *et al.* 2017) and Popper's involvement in quantum physics in the 1980s (Del Santo 2017).

Although quantum mechanics (QM) was completely formalised already in the early 1930s, the interpretation of its theoretical entities has long been object of heated debate (and still is to date). The interpretation that became mainstream among the physicists was mainly elaborated by N. Bohr and W. Heisenberg and went down in history with the name of *Copenhagen interpretation of quantum mechanics* (CIQM). This interpretation requires the concept of the *observer* actively acting on a quantum system and, in this way, realising one of the possible outcomes of a quantum measurement. This viewpoint strongly challenged many of the fundamental assumptions of classical physics and in particular the concept of *objective reality* (i.e. the fact that physical variables

possess predetermined values that are merely revealed and not influenced by measurements).

Popper was among the first scholars to argue against CIQM (together with some of the founding fathers of QM the likes of Einstein, Schrödinger, de Broglie) and to propose experiments aimed at violating that interpretation (see Del Santo's contribution to this volume and references therein).

Due to its pragmatic approach, CIQM acquired more and more adherents in the post-war period (whose productivist aim is encapsulated by the expression "shut up and calculate"), whereas the hope of completing the theories with underlying *hidden variables* that could have restored realism seemed lost (in fact von Neumann had allegedly proven this impossible; see Freire 2014).

Contrarily to von Neumann's forecast, in 1952, David Bohm developed an old idea of L. de Broglie, the pilot wave theory, formulating the first hidden variable model that reproduces all the predictions of QM.

The French physicist J.-P. Vigièr, a pupil of de Broglie, became immediately interested in Bohm's approach and visited him for a period of collaboration which led to novel developments of Bohm's hidden variables theory. Vigièr played a pivotal role in the popularization and promotion of the criticism of CIQM and for decades he has been in the front line for a realistic interpretation of QM, connecting and coordinating different groups of dissidents based in Europe (including Popper and Selleri).

But the real turning point for the FQM came in mid-1960s when John Bell put forward a theorem, in the form of inequalities that bear his name (Bell, 1964), capable of experimentally discriminate between quantum theory and local realism. However, the widespread hyper-pragmatic paradigm in the physics community in that period, prevented the theorem to receive any attention for many years, with the exception of a few groups of "dissidents" (see Freire 2014) who strove for finding room to foundational research on quantum theory. Among them were Karl Popper and Franco Selleri.

2. Selleri revives the FQM in Italy (1969-1970s)

At the beginning of 1960s, soon after his graduation, Franco Selleri gave important contributions to high energy physics, but as early as 1965 he became unsatisfied with modern physics and in particular with the interpretations of QM. In 1969 he published a first note (Selleri 1969) that was more the statement of a research program than an original contribution to the field, but that surely represented at that time a genuine shift of perspective in the Italian panorama. In fact, therein Selleri popularised the idea of a double ontology of particles and waves, adhering to the hidden variable program:

No physical phenomenon is known which disagrees with the predictions of quantum mechanics (Q.M.). Nevertheless, several physicists found it very hard to accept this theory as basically correct. [...] Even though the theories of hidden variables are not completely developed, an important shift of philosophical attitude can be noticed: particle and waves are now objectively existing entities (Selleri 1969).

In the same year, Selleri established contacts with L. de Broglie who – having recently breathed new life into his own idea of pilot wave, thanks to the effort of Bohm and of his student J.-P. Vigièr – appreciated the work of the Italian physicist. Moreover, Selleri delivered, still in 1969 in Frascati (Italy), a series of lectures on *Quantum theory and Hidden Variables*. From then on, the critical realistic approach to QM became one of Selleri's main research topics and, making use of the recently formulated Bell's inequalities, he started proposing experiments to empirically discriminate between QM and (realistic) hidden variables theories.

Worth mentioning is that thanks to Selleri's endeavour and critical activities, a young and radical generation of Italian physicists started questioning standard QM, with the hope of opening a complete new physical framework that could have legitimised their critiques of the prevailing scientific attitude. Selleri, in fact, became member of the Steering Committee of the *Italian Physical Society* (SIF) and in that context he managed to organise, in 1970, one of the most influential meetings of the post-war period on the FQM: The International School of Varenna on FQM (see Baracca *et al.*).

Selleri remained for his whole life a leading figure in the Italian research on FQM (besides relativity and high energy physics) always upholding a genuine radical and critical approach to science, animated by strong ideological-political motivations. His work inspired a whole generation of physicists whose legacy left a long-lasting mark in the attitude towards science and its historical and social interpretation.

3. Popper and foundations of quantum physics

As already recalled, Popper levelled criticisms of QM already in the 1930s, when, in his most famous *Logik der Forschung* (Popper 1934) he put forward a though experiment allegedly discriminating between CIQM and a (statistical) realistic interpretation of quantum formalism. The experiment was however mistaken (see Del Santo 2017) and prevented Popper from contributing further to the debate over FQM for many years. In the 1950s, however, he came back to this topic with increasing enthusiasm. But it was only at the end of 1960s that Popper strengthened his criticism of CIQM with two influential papers (Popper 1967; 1968) that allowed him to establish new relationships with those outstanding physicists concerned with FQM and supporters of realism.

Redhead encapsulated Popper's endeavour with the words:

Popper fought a lone battle against the Copenhagen interpretation at a time when anyone attempting to criticize orthodoxy was liable to be labelled at best an "outsider" or at worst a crank. But Popper's carefully argued criticisms won the support of a number of admiring and influential physicists (Redhead, 1985, p. 163).

Indeed, Popper was for many years in touch, besides many others, with Bohm and became more and more close to Vigièr. It was in fact the latter who, from 1980 on, opened new room for Popper in the community of physicists and introduced him to Selleri.

4. Selleri and Popper (1980s)

4.1. Popper's EPR-like experiment

In 1980, Vigier convinced Popper to co-author a paper with him and A. Garuccio (a pupil of Selleri in Bari) about a possible test to experimentally detect de Broglie's pilot waves (Garuccio *et al.*). Thanks to the discussions related to this collaboration, Popper devised a new thought experiment that – similarly to the original EPR proposal (Einstein *et al.* 1935) – made use of the phenomenon of *quantum entanglement* to show an inconsistency of orthodox interpretation of QM. In particular, Popper's idea was that of experimentally violate the standard interpretation of Heisenberg's uncertainty principle (i.e. a fundamental epistemological limit) and the whole CIQM along with it. With reference to Fig. 1, a source (*s*) generates a pair of particles entangled in position and momentum (like the original EPR). With this constraint the particles travel coaxially in opposite directions experiencing a complete anticorrelation (conservation of momentum). In position *A* and *B* are located two narrow slits (but not narrow enough to consider this a projective measurement but only a better localisation of the wave function). Due to the uncertainty principle, a more precise knowledge of the position of the particles (Δy) leads to a proportional uncertainty in the momentum in the corresponding direction (Δp_y). Therefore, the presence of the slits broadens the angle of detection of the particles (the semi-circular arrangements in figure are batteries of detectors).

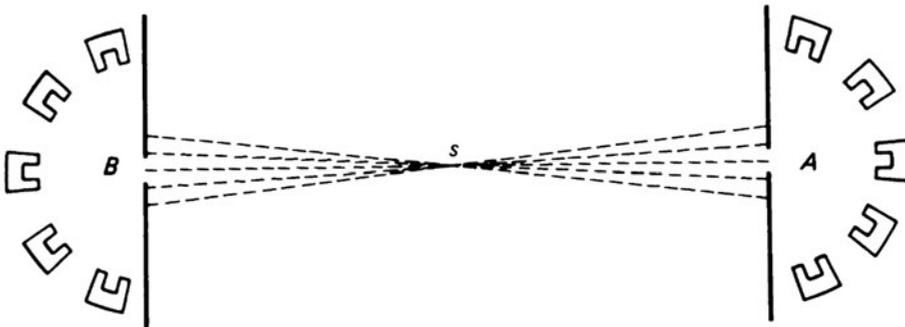


Fig. 1. Proposed setting of the source, slits and detectors in Popper's EPR-like experiment. (Reproduced from Popper 1982, p. 28, with permission of University of Klagenfurt/Karl Popper Library. All rights reserved).

Popper maintains that due to the entanglement between the momenta of the two particles, if one of the two slits is removed, the Copenhagen interpretation would predict that the other one will still undergo a broadening of the detection angle. Whereas, in his opinion, namely in a realistic interpretation, the particle in the path without a slit will travel straight without experiencing any deviation.

This experiment was firstly devised in 1980 (one of the present authors has recently retrieved the original letter and notes wherein the experiment was firstly conceived. See Del Santo 2017) and published in 1982 in Popper's book on quantum physics (Popper 1982). However, this book had probably little diffusion among the physicists

and Popper's proposal had almost no circulation in that community. It was only when Vigier introduced it to Selleri that the consideration of Popper's experiment took a different course.

4.2. *The Bari workshop of 1983*

Selleri – who, as already recalled, had in his program the experimental violation of CIQM – surely was enthusiastic when Vigier presented him with Popper's experiment. He remembered in an interview:

a conference was organized at the time to attract Karl Popper whom I understood then to be a very important philosopher for us, because Karl was very critical of the Copenhagen approach (Freire, 2003).

In fact, Popper and Selleri met for the first time at this conference held in Bari in 1983 and entitled *Open Questions on Quantum Physics*. This meeting was to have a great importance for Popper's role in the community of physicists inasmuch as several theoretical and experimental physicists were invited by Selleri with the precise aim of convincing them to realise the experiment. This was very important to Popper, who would state: "I plead here only that my experiment should be conducted by somebody" (Del Santo 2017).

Besides, this was the beginning of a sincere friendship between Popper and Selleri who had a remarkable mutual influence. Just after the conference, Popper wrote to Selleri (May 1983):

It was a wonderful conference, probably the best I ever attended [...] for me the best was meeting you and became your friend [...] As to my experiment [...] I am 81 and therefore rather anxious to see it realized (Del Santo 2017).

And Selleri replied (letter on 01/06/1983):

you left behind not only feelings of intellectual admiration but of friendship as well (Del Santo 2017).

Selleri's admiration of the great philosopher and the full acknowledgement of the latter's work on FQM continued increasing in the following years. He wrote to Popper:

Only after meeting you I really understood why the cultural spaces for our activities are so much broader than they were in the fifties (or in the thirties). It is your merit, in a considerable way. The champion of scientific rationality, as you are rightly considered, has severely criticized the standard formulation of quantum theory and found it affected ... of subjectivism" (Selleri to Popper 18/11/1984; Del Santo 2017).

Also long after, almost a decade after Popper's death, Selleri remembered him as

The best philosopher of the 20th century, the best philosopher of science, by far, without comparison. [...] every time he was critical he was right" (Freire 2003).

4.3. The fate of Popper's experiment

Selleri tried first to convince the Italian physicist De Martini, who had participated in the conference in Bari, to perform Popper's experiment and he even visited his laboratory in Rome. However, Selleri was disappointed by De Martini's way of doing physics and the project vanished.

At the same time, Selleri started working on the theoretical proposal of the experiment and found that a source producing collinear photons had fundamental problems.¹ Moreover, Selleri presented Popper's experiment in a conference in Athens in 1984, defending the possibility in principle of realising a suitable source of collinear photons against the position of the majority of physicists. However, Selleri published a paper, together with the Canadian physicist D. Bedford, demonstrating that Popper experiment "is impossible in principle [...] in all those cases in which the emitting source disappears in creating the 'collinear' pair" (Del Santo). This was Selleri's last word on the experiment proposed by Popper.

Thanks to the effort of Selleri and especially to the Bari conference, however, many other physicists got to know Popper's experiment throughout the 1980s and several of them published critical papers on Popper's proposal (H. Krips, A. Sudbery, G. C. Ghirardi, M. Collett and R. Loudon; see Del Santo 2017). Interestingly, their critiques were almost solely directed, like the one of Selleri, towards the impossibility of realising a suitable source.

It was only in the 1999, five years after Popper had passed away, that Y. Shih and Y.-H. Kim finally carried out the experiment, using the new technique of Spontaneous Parametric Down Conversion. They must have been stupefied when they found that their result confirmed Popper's theoretical predictions, i.e. a violation of the uncertainty principle! The authors however concluded that: "Our experimental result is emphatically NOT a violation of the uncertainty principle which governs the behaviour of an individual quantum" (Kim and Shih 1999).² It is historically relevant that none of the physicists working on Popper's experiment for more than a decade had questioned the cruciality of Popper's experiment, but only after the violation was found there was a race to disprove Popper.

Today the vast majority of the physicists agree on the fact that Heisenberg's uncertainty principle is preserved, inasmuch as Popper's experiment is not an *experimentum crucis*: Popper's interpretation and CIQM give the same predictions.

5. Conclusions

Although today few physicists would subscribe Popper's and Selleri's ideas on quantum theory, their work deserve to be recalled as an example of genuine collaboration

¹ We must stress that at that time the only source of entanglement photons were atomic cascades.

² The reaction of the physics community to the possibility of a violation of the Uncertainty principle was regrettable. Kim and Shih saw their manuscript refused by the most influential journals on the basis of the prejudice that this was unacceptable. See Del Santo (2017) for a detailed reconstruction.

between physics and philosophy in an inextricable endeavour against instrumentalism. Their bold and remarkable initiative have contributed to come out of an era of undisputed scientific productivistic pragmatism and laid the basis for the modern interest towards FQM.

Acknowledgements

Popper's correspondence is reproduced with permission of University of Klagenfurt/Karl Popper Library. All rights reserved.

References

- Baracca A., Bergia S., Del Santo F. (2016). "The origins of the research on the foundations of quantum mechanics (and other critical activities) in Italy during the 1970s". *Studies in History and Philosophy of Science Part B*, 57, pp. 66-79.
- Del Santo F. (2017). "Genesis of Karl Popper's EPR-like experiment and its resonance amongst the physics community in the 1980s". *Studies in History and Philosophy of Science Part B. Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 62, pp. 56-70, URL: <<https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2017.06.001>> [access data: 18/11/2018].
- Einstein A., Podolsky B., and Rosen N. (1935). "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?". *Physical Review*, 47 (10), p. 777.
- Freire O., Jr. (2014). *The Quantum Dissidents: Rebuilding the Foundations of Quantum Mechanics (1950-1990)*. Berlin: Springer.
- Freire O., Jr. (2003). "Interview to Franco Selleri". Sessions I and II. *Archives of the American Institute of Physics (AIP)*. URL: <<https://www.aip.org/taxonomy/term/2126>> [access data: 18/11/2018].
- Garuccio A., Popper K.R., and Vigier J.-P. (1981). "Possible Direct Physical Detection of de Broglie Waves". *Physics Letters A*, 86 (8), pp. 397-400.
- Kim Y., and Shih Y. (1999). "Experimental Realisation of Popper's Experiment: Violation of the Uncertainty Principle?". *Foundations of Physics* 29 (12).
- Popper K.R. (1982). Bartley W.W., III (eds.), *Postscript to the Logic of Scientific Discovery*, 2-3. London: Hutchinson; Totowa: Rowman and Littlefield.
- Popper K.R. (1968). "Birkhoff and von Neumann's interpretation of quantum mechanics". *Nature*, 219 (5155), pp. 682-685.
- Popper K.R. (1967). *Quantum mechanics without the observer*, in Bunge M. (ed.), *Quantum theory and reality*. Berlin: Springer, pp. 7-44.
- Popper K.R. (1934). *Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft*. Vienna: Julius Springer.
- Redhead M. (1995). *Popper and the Quantum Theory*, in O'Hear A. (ed.), *Karl Popper: Philosophy and Problems*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 163-176.
- Selleri F. (1969). "On the wave function in quantum mechanics". *Lettere al Nuovo Cimento*, 1 (17), pp. 908-910.

Franco Selleri and the rotating disk

Alexander Afriat – Université de Bretagne Occidentale, Département de Philosophie – alexander.afriat@univ-brest.fr

Abstract: I concentrate on the *pars destruens*, rather than the *pars construens*, of Selleri’s work on the Sagnac effect. He speaks (2003) of the “impossibilità di spiegare la fisica sulla piattaforma ruotante con la TRS”, and may have a point. By confining our attention to the world-cylinder above a circle on the disk we avoid broader integrability issues that just cause confusion. A rate of rotation foliates the cylinder into timelike spirals, and also into the simultaneity spirals hyperbolically orthogonal to them; together the two foliations give rise to all sorts of temporal absurdities.

Keywords: Selleri, Sagnac effect.

Introduction

Selleri’s work on the Sagnac effect suggests that rotation is enough to produce relativistic temporal absurdities – the effect can be accounted for in the laboratory frame, but not with respect to the very disk on which it is produced.

Simultaneity in relativity is relative to the velocity of the observer; different observers foliate space-time in different ways. Simultaneity can be understood globally, “rigidly”: a timelike four-vector V_0 at, say, the origin of flat space-time M can be taken to foliate *all* of M into flat simultaneity surfaces hyperbolically orthogonal to V_0 . Or it can be understood locally: a timelike vector $V_x \in T_x M$ at $x \in M$ foliates the tangent space $T_x M$ into simultaneity subspaces of a local character. The metric

$$\eta^b : T_x M \rightarrow T_x^* M$$

turns a vector V_x into the covector $V_x^b = \eta^b V_x$ whose level surfaces themselves foliate $T_x M$ into simultaneity spaces; a timelike vector field V on M is thus transformed into a one-form V^b on M representing a distribution of simultaneity spaces. But do the local spaces fit together so as to make global sense, yielding a broadly valid notion of time? Are they integrable? Can they give rise to anholonomies, absurdities, departures from integrability that prevent a satisfactory account of the Sagnac effect as seen from the disk?

2. Cylinder

A rotating disk is bound to complicate or obstruct integration. But many integrability issues just cause confusion; to simplify, we can confine our attention to a single *circle* C_r – say of radius $r = 1$ – of the disk, and to the world-cylinder $C = C_1 \subset M$ it describes. Each tangent

space T_xC is a two-dimensional subspace of T_xM ; the vector V_x can be replaced by the projection $V_x \in T_xC$ characterised by a (length and) polar angle ϕ , which vanishes for the laboratory. The corresponding simultaneity line $L_x(\bar{\phi}) \subset T_xC$ is a ray with polar angle

$$\bar{\phi} \equiv \frac{\pi}{2} - \phi,$$

where the bar expresses the hyperbolic orthogonality ($\phi \perp \bar{\phi}$) due to the signature of η , and light travels at $\pm \pi/4$. The projection $V_x^b \in T_x^*C$ of the covector V_x^b foliates T_xC into lines parallel to $L_x(\bar{\phi})$. So a given rate of rotation induces a double foliation of C : into the spiral lines

$$A(\phi) = \{A^m(\phi)\}_m$$

along the vector field V ; and into the corresponding simultaneity lines

$$S(\bar{\phi}) = \{S^n(\bar{\phi})\}_n,$$

all of which are everywhere orthogonal to the spirals of $A(\phi)$. The real numbers m and n somehow parametrise the spirals of their respective foliations. We can use Cartesian coordinates $(x, y, z, t)_L$ in the laboratory frame, confine the disk to the plane where z vanishes, and stipulate that the distinguished spirals $A^0(\phi)$ and $S^0(\bar{\phi})$ pass through $(1, 0, 0, 0)_L$; the other values of m and n can then be times in the lab frame.

Alternatively we can use coordinates $(\alpha, r, z, t)_L$; where the azimuth α vanishes at $(1, 0, z, t)_L$. If α is used to parametrise the spirals of the two foliations we can use the same symbols $A^0(\phi)$ and $S^0(\bar{\phi})$ for the same distinguished spirals, which both pass through the event

$$(0, 1, 0, 0)_L \leftrightarrow (1, 0, 0, 0)_L.$$

But time on its own isn't enough to parametrise everything, nor is the azimuth. The laboratory's simultaneity circles

$$S(\bar{0}) = \{S^t(\bar{0})\}_t$$

can be parametrised by the lab time t , whereas the azimuth is best for a parametrisation of the vertical worldlines

$$A(0) = \{A^\alpha(0)\}_\alpha.$$

We're already in trouble: the rotating observer following $A^0(\phi)$ cuts the simultaneity spiral $S^0(\bar{\phi})$ at $(1, 0, 0, 0)_L$, and periodically thereafter (and indeed before); the intersections are both simultaneous and successive; but how can they be?

3. Sagnac

Einstein (1916) considers an optical pulse Π emitted from the middle σ of a train carriage. Even if, seen from the station, Π reaches the trailing end first, it reaches both ends at the same time with respect to the motion of the train – and if the rays are reflected back from the ends, they return to the source σ at the same time.

Sagnac’s experiment amounts to bringing the ends of Einstein’s carriage together by bending it into a circle, say C_1 : light rays from a common source are sent around a rotating disk in opposite directions; an interference pattern – which can be taken to measure rotation – indicates the phase difference when the rays return to the source. Selleri (2001, 2003, 2004, 2012) contended that standard relativity theory, with its relativity of simultaneity, cannot account for the effect with respect to the very disk on which it is produced.

Einstein’s neatly intersecting straight worldlines get bent in our cylindrical environment, where the rays rise along the various local light cones (or rather $\pm\pi/4$ “crosses” $\in T_x C$) and intersect periodically, “every half-lap”; all of which is invariant and has nothing to do with the rotation of the disk. Without rotation, the second optical intersection μ (after a full lap) falls on the source’s line $A^0(0)$, where the azimuth vanishes. Rotation splits the single intersection μ into two separate intersections, μ_c & μ_a : anticlockwise rotation, for instance, makes the source’s spiral $A^0(\phi)$ intersect the clockwise ray, at

$$\mu_c \in S^{t_c}(\bar{0}),$$

before the anticlockwise ray, at

$$\mu_a \in S^{t_a}(\bar{0}).$$

4. Lapse

The intersections μ_c & μ_a are simply events, invariant spatiotemporal events, which are independent of any particular foliation or representation of time. But once we want to evaluate the time elapsed between them, we need to embed them in an appropriate temporal structure, to extract pure time from space & time. The laboratory provides one foliation, which gives one answer

$$\Delta t = t_a - t_c$$

for the lapse, where t_a and t_c are the time values of the lab circles $S^{t_a}(\bar{0})$ and $S^{t_c}(\bar{0})$. But even Einstein’s pulse reached the trailing end first with respect to the train station; so far, rotation offers nothing new.

Suppose we confine our attention to the two intersections μ_c & μ_a , ignoring the rest of the cylinder and any global issues that may arise. The spiral segment γ joining them, of length λ , is short enough to be well approximated by the tangent vector $\dot{\gamma} \in T_{\mu_c} C$ of the same length

$$\lambda = \sqrt{\eta(\dot{\gamma}, \dot{\gamma})}$$

The time lapse

$$\Delta\tau = (V^b, \dot{\gamma})$$

will be given by the covector $V^b \in T_{\mu_c}^* C$ representing the local temporal structure corresponding to a certain rate of rotation. This lapse will in fact have a double dependence on the rate: it is after all rotation that splits μ and pushes apart μ_c & μ_a in the first place; and the time lapse $\Delta\tau$ between two intersections can then be calculated with respect to the

very rate ϕ that produced the separation, or even to any other rate ϕ' . To be explicit one could write

$$\Delta\tau(\phi, \phi') = \langle V^b(\phi'), \gamma'(\phi) \rangle.$$

Even if the disk is spinning so fast that the spiral segment γ between μ_c & μ_a is too curved to be well approximated by the tangent vector γ' , the intersections are still contained in a simply connected region on which the temporal one-form V^b is closed; so that whatever integration may be needed to evaluate the lapse $\Delta\tau$ won't cause trouble (by producing anholonomies).

But there's more to the cylinder than just the intersections μ_c & μ_a . Even if one insists on viewing the evaluation of $\Delta\tau(\phi, \phi)$ as a largely local matter, the rest of the cylinder is still there, with its troublesome orthogonal foliations $A(\phi)$ and $S(\bar{\phi})$ – which can be used to generate all sorts of absurdities: Every spiral $S^n(\bar{\phi})$ represents a particular instant; every turn of the spiral, for instance every intersection of $S^n(\bar{\phi})$ with $A^n(0)$, therefore represents the same instant. So μ_a , or any other event, happens before it happens – being below all the subsequent turns in the same spiral – and also after it happens – being above all the previous turns in the same spiral. By manipulating and combining such temporal absurdities one can give the intersections μ_c & μ_a a time lapse, with respect to ϕ' (for instance $\phi' = \phi$), of both signs and every size. *Ex absurdo quodlibet.*

The right not to look beyond μ_c & μ_a seems questionable; and the opposite right – to look beyond the two intersections – is hard to deny if insisted upon. So at best there is a choice: to ignore almost all of the cylinder, or not.

5. Final remarks

To avoid the problems Selleri had in mind, almost all reference frames would have to be ruled out: rotating frames? all accelerated, curvilinear frames? Leaving only coordinate systems that diagonalise (with ± 1) the Minkowski metric η ?

Special relativity has always been a theory of flat space-time; in the early years severe restrictions on reference frames were sometimes added, even by Einstein himself. But it has since emerged, certainly since Kretschmann (1917), as a theory whose flat space-time can be described by a large class of generally curvilinear coordinate systems. Selleri's work on the Sagnac effect obliges us, it would seem, to impose the most awkward restrictions on the class of reference frames – if the relativity of simultaneity is not to be given up altogether.

Three stances come to mind:

1. We just evaluate the lapse $\Delta\tau$ locally (with respect to some rate ϕ' or other), confining our attention to μ_c & μ_a (a single tangent space, or little more) – ignoring the rest of the cylinder, and all the temporal absurdities it involves.
2. We rule out almost all reference frames, keeping only a handful.

3. We exhume the æther Einstein got rid of, assigning it the only foliation allowed and giving up the relativity of simultaneity.

Acknowledgements

I thank the Centro di Ricerca Matematica Ennio De Giorgi, Scuola Normale Superiore, for generous hospitality and support; and Ermenegildo Caccese and Antonio Masiello for many conversations about rotation in relativity.

References

- Einstein A. (1916). *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*. Berlin: Vieweg.
- Kretschmann E. (1918). “Über den physikalischen Sinn der Relativitätspostulate, A. Einsteins neue und seine ursprüngliche Relativitätstheorie”. *Annalen der Physik*, 358 (16), pp. 575-614.
- Selleri F. (2012). *The Sagnac effect, once more*, in *Proceedings of the 19th Natural Philosophy Alliance Conference* (Albuquerque, July 25-28, 2012), vol. 9. Albuquerque (NM), pp. 525-527.
- Selleri F. (2003). “Sagnac effect: end of the mystery”, in Rizzi G., Ruggiero M. (eds.) *Relativity in rotating frames. Relativistic Physics in Rotating Reference Frames*. Dordrecht – Boston – London: Kluwer, pp. 57-77.
- Selleri F. (2004). *Relativismo ed etere di Lorentz*, in Tucci P., Garuccio A., Nigro M. (a cura di), *Atti del XXIII Congresso nazionale di Storia della fisica e dell’astronomia* (Bari, 5-7 giugno, 2003). Bari: Progedit, pp. 16-36.
- Selleri F. (2001). “Relatività e relativismo”. *Revista de Filosofia*, 25, pp. 23-51.

DIDACTICS OF PHYSICS, PHYSICS AND SOCIETY

Physicists in the Senate of the Kingdom of Italy: 1848-1943

Matteo Leone – Università di Torino; Centro di studi e ricerche “Enrico Fermi”
(Roma) – matteo.leone@unito.it

Abstract: The main results achieved by a project on the scientific and political activity of physicists and astronomers appointed by the King senators for life (1848-1943) are here discussed. This small, but significant, subset of senators for life was made up of physicists and astronomers who, “with eminent services or merits, had illustrated their homeland” (e.g. C. Matteucci and O.F. Mossotti) or, more frequently, who had been members of an Academy of Sciences for at least seven years (to this category belonged personalities such as G. Plana, V. Volterra, P. Blaserna and O.M. Corbino). The records preserved in the Senate of the Republic Historical Archives (Parliament Acts, Bills, Central Office reports and personal files) are a valuable source to understand the specific contributions of these “senators physicists” to the parliamentary work and the role that their “scientific” skills had on their parliamentary activity. The analysis of these documents shows how such contributions at times proved to be decisive for the legislative process. Also, this analysis highlights how the senators physicists’ parliamentary activity spanned in the most diverse sectors of the country’s life, such as education, research, infrastructures and energy issues. This project is the outcome of a collaboration between University of Turin, University of Genova and Senate of the Republic Historical Archives and was made possible by support from “Centro Fermi” in Rome.

Keywords: Senators Physicists, Senate of the Kingdom, Kingdom of Italy.

1. I “fisici senatori”

La ricerca qui descritta è stata condotta in collaborazione con Nadia Robotti (Università di Genova) e l’Archivio Storico del Senato della Repubblica (nelle persone di Emilia Campochiaro ed Elisabetta Lantero) ed è stata finanziata dal “Centro Fermi” (Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi”) nell’ambito del progetto interdisciplinare: HISTSEN – I fisici italiani tra ricerca scientifica e impegno civile: dal Congresso di Vienna all’avvento della Repubblica.

Gli obiettivi della ricerca sono la ricostruzione dell’impegno scientifico e politico dei fisici e degli astronomi che furono nominati Senatori del Regno nel periodo compreso tra il 1848 (Statuto Albertino) e il 1943 (caduta del Regime fascista) e la pubblicazione dei risultati principali in una monografia a cura della SIF in collaborazione con “Centro Fer-

mi” e Archivio Storico del Senato dal titolo *Scienza e impegno civile: i fisici al Senato (1848 – 1943)* (autori M. Leone, N. Robotti).

Proseguimento ideale di un precedente lavoro sui fisici e il Risorgimento (Leone *et al.* 2011), l’impegno istituzionale dei fisici senatori è stato studiato attraverso fonti primarie quali atti parlamentari (Discussioni), fascicoli dei disegni di legge, fascicoli degli Uffici centrali (poi Commissioni), fascicoli personali e avvalendosi della banca dati *I Senatori d’Italia* a cura dell’Archivio Storico del Senato.

1.1. Chi erano i “fisici senatori” del Regno?

Nel periodo oggetto di studio – 1848-1943 – si sono individuati sedici fisici senatori e cinque senatori astronomi, per un totale di ventuno senatori. Tre di questi senatori furono anche ministri di vari dicasteri, quali Pubblica istruzione, Economia nazionale e Marina.

I fisici senatori, che come tutti i senatori del Regno d’Italia erano nominati a vita dal Re, appartenevano prevalentemente a due categorie di nomina tra le ventuno previste dallo Statuto Albertino:

- quindici fisici senatori appartenevano alla categoria 18, comprendente «i membri della Regia Accademia delle Scienze dopo sette anni di nomina»;
- quattro fisici senatori furono invece nominati nella categoria 20, ovvero per essere tra «coloro che con servizi o meriti eminenti avranno illustrata la Patria».

Un solo fisico senatore apparteneva invece alla categoria 5 «Ministri Segretari di Stato» e uno solo alla categoria 21 «persone che da tre anni pagano tremila lire d’imposizione diretta in ragione dei loro beni o della loro industria» (categoria, quest’ultima, alla quale appartenevano, ad esempio, buona parte dei senatori medici).

Visti nel complesso, i fisici senatori furono mediamente personaggi importanti dal punto di vista scientifico e noti a livello internazionale, come testimoniato dalla loro appartenenza ad accademie nazionali e internazionali (tra loro abbiamo figure quali Augusto Righi, che ottenne *nominations* per il premio Nobel in fisica per sedici anni consecutivi, e Guglielmo Marconi, Nobel per la fisica 1909).

Nel complesso, i fisici senatori si caratterizzarono anche per una relativamente “giovane” età di nomina. Ben dieci su ventuno furono infatti nominati ad un’età inferiore a 55 anni e addirittura nel caso di Marconi si attese il compimento dei 40 anni – limite previsto dallo Statuto – per nominarlo senatore.

I fisici senatori, inoltre, si caratterizzarono per una lunga permanenza in Senato, proprio perché solitamente nominati in età relativamente giovane. Ad esempio, Volterra fu senatore per 35 anni, Blaserna per 28, Marconi per 23 e Corbino per 17. Un’eccezione fu quella di Galileo Ferraris che, nominato a 49 anni in Senato (da lui definito «il più grande laboratorio della Patria»), morì l’anno dopo.

Per quanto riguarda la distribuzione nel tempo, i fisici senatori furono numericamente abbastanza rilevanti. Per un lungo periodo nel Regno di Sardegna (dal 1848 al 1859) l’unico rappresentante di questa categoria fu l’astronomo Giovanni Plana. Negli anni che portano all’Unità d’Italia ne furono nominati altri quattro: Carlo Matteucci, Ernesto Capocci, Annibale De Gasparis e Ottaviano Mossotti. Alle soglie dell’Unità vi erano quindi

5 fisici senatori su un totale di circa 150 senatori che allora sedevano in Senato. Il periodo liberale (1861-1922) fu quello che vide il maggior numero di nomine: Luigi Palmieri, Giovanni Cantoni, Giovanni Schiaparelli, Pietro Blaserna, Galileo Ferraris, Emanuele Fergola, Antonio Pacinotti, Augusto Righi, Vito Volterra, Giovanni Celoria, Pasquale Leonardi Cattolica, Guglielmo Marconi, Guglielmo Mengarini, Orso Mario Corbino. Solamente due, infine, i fisici senatori nominati in epoca fascista (1922-1943): Antonio Garbasso e Luigi De Marchi. L'anno di maggior "concentrazione" fu il 1910, nel quale sedevano in contemporanea in Senato otto fisici senatori (Schiaparelli, Blaserna, Fergola, Pacinotti, Righi, Volterra, Celoria e Leonardi) su un totale di circa 300 senatori presenti in Aula.

L'attività legislativa dei fisici senatori fu molto intensa salvo pochissime eccezioni. A primeggiare nell'attività parlamentare furono Blaserna con novantacinque interventi, Corbino con sessantasei, Leonardi Cattolica con quaranta, Volterra con diciassette, Mengarini con quattordici, Righi con tredici.

Dagli atti parlamentari emergono interventi di altissimo livello, che spesso attirano l'attenzione dell'Aula: i testi degli interventi sono frequentemente accompagnati da espressioni quali «(Acclamazioni)», «(Applausi)», «(Congratulazioni)». Pur con una "densità" variabile nel corso dei decenni, i temi sui quali si è concentrato l'interesse e il lavoro dei fisici senatori possono essere suddivisi in quattro aree:

- assetto istituzionale del Paese;
- istruzione;
- economia e infrastrutture;
- ricerca.

Per ciascuna di queste aree vedremo nel seguito esempi di interventi particolarmente significativi, che danno la misura di quanto il contributo dei fisici senatori all'attività legislativa del Senato fu importante e ricco di conseguenze.

2. Assetto istituzionale del Paese

L'analisi degli atti parlamentari evidenzia come i fisici senatori ebbero un ruolo importante in diversi passaggi cruciali della storia d'Italia. Tra questi passaggi cruciali, sicuramente vanno annoverati i seguenti:

- il processo che porta all'Unità d'Italia e, in particolare, il trattato di cessione di Nizza e Savoia alla Francia (1860), la proclamazione di Vittorio Emanuele II come primo Re d'Italia (1861) e la questione romana (1861);
- in materia di sistemi elettorali, l'introduzione dello scrutinio di lista (1882);
- per quanto concerne la pubblica amministrazione, la questione dei monopoli di Stato (1896) e il riordino del sistema tributario e amministrativo (1922);

- infine, in materia di politica estera, i fisici senatori intervengono sulle colonie italiane d'Africa (1908) e su diversi temi relativi alla Grande Guerra (cooperazione economica e, più in generale, rapporto tra scienza e guerra).

Uno degli esempi maggiormente significativi di coinvolgimento dei fisici senatori nel dibattito legislativo sull'assetto istituzionale del Paese è rappresentato dal progetto di legge con cui Vittorio Emanuele II assume il titolo di Re d'Italia.

2.1. Matteucci e Vittorio Emanuele II Re d'Italia

Il 21 febbraio 1861, Vittorio Emanuele II, ancora Re di Sardegna, autorizzava la presentazione in Senato da parte di Cavour di tale progetto. Come da regolamento parlamentare, il progetto veniva sottoposto all'esame dell'Ufficio centrale del Senato.¹ Tre giorni dopo, l'Ufficio centrale riferiva all'Assemblea il proprio parere. Relatore dell'Ufficio centrale era Carlo Matteucci (nominato senatore il 18 marzo 1860).

Nella propria relazione il fisico senatore argomentava il proprio parere positivo sul progetto in esame:

Il titolo di Re d'Italia pone in atto il concetto intero della volontà nazionale, cancella i simboli delle nostre interne divisioni, è per l'animo d'ogni italiano un pegno di grandezza e di unione, accresce l'autorità del Governo del Re nei Consessi europei ed offre alle grandi potenze, in mezzo alle quali il regno d'Italia prende posto, degna occasione per accettare il risorgimento politico di un popolo che ha tanto contribuito alla civiltà universale (Matteucci 1861a, p. 5).

Matteucci suggeriva tuttavia un'ulteriore integrazione al progetto di legge, in relazione all'intestazione degli atti legislativi, «di cui sembra non possa essere contestata la ragione e la convenienza e per la quale il fatto memorando ed il principio giuridico della novella monarchia siano ognora presenti al popolo italiano e congiunti al nome de' suoi Re». Tale proposta di integrazione consisteva nell'intestazione degli atti del Governo, e di ogni altro atto intitolato in nome del Re, con la formula «Per Provvidenza Divina, per voto della Nazione».

Dal fascicolo del disegno di legge emerge come tale emendamento al progetto originale sia stato frutto di un'apposita integrazione rispetto a una prima stesura della relazione dell'Ufficio centrale, forse con l'obiettivo di far sì che il provvedimento incontrasse il consenso maggiore possibile (Fig. 1):

La Provvidenza Divina che mai si rivela meglio nella sua bontà e nella sua giustizia che quando muove e dirige la volontà dei popoli a riconquistare dritti o manomessi o perduti; la virtù, la concordia e la perseveranza italiana che la mirabile opera hanno

¹ Il regolamento parlamentare prevedeva che l'assemblea si dividesse per estrazione a sorte in cinque Uffici, rinnovati ogni due mesi, e che i disegni di legge fossero esaminati da tali Uffici. I cinque Uffici avevano il compito di esaminare le proposte di legge che, una volta esaminate, dovevano essere trasmesse ad un Ufficio centrale composto dai commissari nominati da ciascun ufficio, oppure ad una commissione speciale, o infine ad una delle commissioni permanenti competenti per materia. L'Ufficio centrale o la commissione, al termine dell'esame, nominava un relatore con il compito di riferire all'Assemblea.

compito debbono associarsi al nome del Re, siccome la ragione più cara e la forza più salda del Regno (Archivio della Camera Regia, Disegni e proposte di legge e incarti delle commissioni (1848-1943), Minuta della Relazione dell'Ufficio centrale, c. 9bis).

Nella seduta del Senato del successivo 26 febbraio il Governo, nella persona del ministro di Grazia e giustizia Giovanni Battista Cassinis, pur approvando l'integrazione di Matteucci in quanto «tributo di riconoscenza all'Ente Supremo», suggeriva che tale norma non fosse contenuta nel disegno di legge in oggetto, ma «nelle disposizioni preliminari del Codice civile [...] od in altra legge apposita e speciale».

Nella medesima seduta Matteucci prendeva atto «che quel secondo articolo sarà formulato in un progetto speciale di legge», si dichiarava «appagato» e consentiva che la legge fosse limitata al primo articolo proposto dal Governo (*Discussione sul progetto di legge* 1861, p. 29). Il progetto, approvato all'unanimità sotto forma di articolo unico, diventava così la legge 17 marzo 1861 n. 4671, la legge con cui l'VIII legislatura proclamava il Regno d'Italia.

Già il 18 marzo il Ministro Cassinis presentava, come promesso, il progetto di legge di intitolazione degli atti di Governo. Ancora una volta era Matteucci relatore dell'Ufficio centrale. Matteucci motivava il ricorso a una legge apposita con l'argomento che «aggiungere un secondo articolo avrebbe diminuita in qualche modo la semplicità di quella prima legge, e non lasciato dominare interamente il grande fatto che essa esprime» (Matteucci 1861b, p. 71).

Matteucci appoggiava quindi la proposta del ministro secondo cui ogni atto di Governo intitolato in nome del Re debba essere intestato, similmente alla proposta originale, con la formula «Per Grazia di Dio e per Volontà della Nazione».

Entrambe le Camere approvavano il provvedimento e il 21 aprile 1861 veniva emanata la legge sull'intitolazione degli atti di Governo: la legge n. 1 del Regno d'Italia!

E così, dietro due leggi di altissimo valore simbolico, la legge con cui veniva proclamato il Regno d'Italia e la legge n. 1 emanata dal nuovo Regno, troviamo lo stesso nome, quello di un fisico senatore.

960.

Queste considerazioni persuadono
 l'ufficio Centrale a proporre al Senato
 l'abrogazione dell'articolo di legge giurata
 dall'assemblea del Re. Nulla però
 questa abrogazione del ~~articolo~~ ha
 più semplicità altra disposizione legislativa
 di cui sembra non possa essere
 sospettata la ragione e la convenienza
 e per la quale il patto memorando e
 il principio giuridico della nuova
 monarchia siano eguamente preferiti al
 popolo italiano ~~che~~ ^{che} ~~congiunti al~~
 nome di suoi Re.

La Provvidenza Divina che mai si
 rivela meglio nella sua bontà
 nella sua giustizia che quando muove
 e dirige la volontà dei popoli alla
 ricognizione dei diritti e suoi compiti
 e quindi la virtù, la concordia e
 la perseveranza italiana che tanto
 lo mirabile ~~non~~ ^{non} ~~enigma~~
~~del~~ ^{del} ~~mondo~~ ^{mondo} ~~hanno~~ ^{hanno} ~~composto~~
 debbono associarsi al nome di Re
 siccome la ragione più sacra e la
 forza più forte del Regno.

Ufficio Centrale propone al
 Senato X in 2.° articolo del capitolo I del

Fig. 1. Integrazione, nella relazione di Matteucci, con cui si motiva l'introduzione di un secondo articolo facente riferimento alla "Provvidenza Divina" e al voto della Nazione come fondamento del titolo di "Re d'Italia".

3. Istruzione

Anche sul fronte dell'istruzione gli atti parlamentari evidenziano un grande attivismo dei fisici senatori.

Per quanto riguarda l'istruzione elementare e media, si registrano interventi sulla riforma della legge Casati (1859), sulle pensioni e lo stato giuridico degli insegnanti, sul progetto di Ginnasio liceo moderno (1911), sul problema dell'analfabetismo (1921) e sulla riforma Gentile (1923).

In merito all'istruzione universitaria, invece, vanno ricordati il progetto di Matteucci di riordinamento dell'istruzione superiore (1861), gli interventi sul progetto di riforma Coppino (1886) e ancora una volta quelli sulla riforma Gentile.

Emblematica dell'attenzione dei fisici senatori per le questioni legate all'istruzione, è l'azione di Orso Mario Corbino sul problema dell'analfabetismo.

3.1. Corbino e l'opera contro l'analfabetismo

Nel periodo successivo all'Unità d'Italia si succedettero vari tentativi per il recupero degli adulti analfabeti o semianalfabeti, soprattutto a opera di istituzioni private o religiose. Tali tentativi si intensificarono subito dopo la prima guerra mondiale ad opera dello Stato, come dimostrato dal varo, il 2 settembre 1919, di un "Ente nazionale per l'istruzione degli adulti analfabeti". Il ministro affida a tale ente «le funzioni allo Stato devolute nei riguardi della istruzione degli adulti analfabeti e della diffusione della istruzione elementare nei centri minori di popolazione» (art. 5).

Orso Mario Corbino (nominato Senatore il 3 ottobre 1920, ministro della Pubblica istruzione nel primo governo Bonomi, dal 4 luglio 1921 al 22 febbraio 1922), osserverà in Senato nel 1921:

l'esperienza non dimostrò il funzionamento dell'Ente corrispondente ai fini che ne avevano ispirata l'istituzione [...]. Difatti l'Ente ebbe il tempo di nascere, di vivere male e di morire (*Svolgimento dell'interpellanza del senatore Del Giudice* 1923, p. 1240).

Da ministro della Pubblica istruzione Corbino, con l'obiettivo di potenziare i mezzi per abbattere l'analfabetismo, decise di istituire, con decreto legge del 28 agosto 1921, una nuova incarnazione dell'ente, denominato "Opera contro l'analfabetismo" per «combattere l'analfabetismo degli adulti e della popolazione sparsa e fluttuante, a cominciare dalle regioni che hanno una più alta percentuale di analfabeti» (Fig. 2).

Regio decreto-legge 28 agosto 1921, n. 1371 che costituisce l'« Opera contro l'analfabetismo » con sede in Roma.

VITTORIO EMANUELE III

**per grazia di Dio e per volontà della Esasperanza
RE D'ITALIA**

Udito il Consiglio dei ministri;

Sulla proposta del Nostro ministro segretario di Stato per l'istruzione pubblica d'intesa coi ministri degli affari esteri, del tesoro e delle poste e telegrafi;

Abbiamo decretato e decretiamo:

Art. 1.

Per combattere l'analfabetismo degli adulti e della popolazione sparsa e fluttuante, a cominciare dalle regioni che hanno una più alta percentuale di analfabeti, o proporzionalmente alla popolazione delle regioni stesse, escludendo quelle dei maggiori centri abitati con più di 200,000 abitanti, si costituisce l'Opera contro l'analfabetismo, avente personalità giuridica e sede in Roma.

Fig. 2. Decreto di costituzione dell'"Opera contro l'analfabetismo".

Nel suo discorso in Senato, il 28 giugno 1922, Corbino (non più ministro) esplicherà obiettivi e strategie dell'"Opera contro l'analfabetismo". Per Corbino:

Anzitutto occorre seguire i bambini che hanno già lasciata la scuola obbligatoria e troppo presto vengono allontanati dal contatto con istituti culturali ritornando così in un certo senso a costituire una categoria speciale di post-analfabeti. [È] necessario far sorgere scuole accanto ai centri industriali o agricoli isolati perché o nelle giornate festive o nelle ore serali si impartissero complementi di istruzione. [Inoltre] occorre far sorgere scuole festive per tutti gli operai e scuole serali e festive per gli adulti. Insomma, tutti compiti ai quali lo Stato non provvede (*Seguito della discussione di "Stati di previsione" 1923, p. 3145*).

A differenza del vecchio ente, totalmente in mano allo Stato, l'Opera si avvaleva anche di privati, ai quali era delegata l'azione contro l'analfabetismo degli adulti. L'articolo 2 del predetto decreto enunciava l'organigramma dell'Opera ed elencava le associazioni delegate a tale azione.

A chi in Senato obiettava che l'istituzione dell'Opera non rivestirebbe caratteri d'urgenza, Corbino così rispondeva il 12 dicembre 1921, dopo aver osservato che lo strumento del decreto-legge aveva consentito la rapida istituzione di circa 2.500 scuole:

Se col guadagno di un anno otterrò che cinquantamila adulti analfabeti d'Italia riescano fra un anno a togliersi questa macchia che offusca la loro bella intelligenza, non dovrò certamente pentirmi (*Svolgimento dell'interpellanza del senatore Del Giudice 1923, p. 1242*).

Nel proprio discorso del 12 dicembre 1921 Corbino faceva riferimento al suffragio universale, introdotto con la legge 16 dicembre 1918, che dichiarava elettori tutti i cittadini maschi di almeno 21 anni di età.²

Abbiamo, con il suffragio universale (concesso anche agli analfabeti), abbassato l'esercizio della sovranità popolare al livello della ignoranza più umiliante, piuttosto che elevare la preparazione intellettuale delle masse all'altezza necessaria per il decoroso esercizio di quella sovranità. Abbiamo dato all'Italia ampiezza, coscienza e dignità di grande Nazione, senza aver cura che la media degli analfabeti fra i cittadini italiani si stacchi molto dal livello raggiunto presso i paesi balcanici. Quest'onta deve cessare: per ragioni di interesse e di sentimento (*Svolgimento dell'interpellanza del senatore Del Giudice 1923, p. 1242*).

A proposito delle ragioni "di sentimento", così argomentava Corbino:

Non dobbiamo più oltre tollerare che dei nostri fratelli vivano ancora con questa benda oltraggiosa che ne sbarra la fervida intelligenza e ne paralizza le mirabili forze. Dobbiamo convincerci che questo problema è più urgente di ogni altro, anche di quelli relativi alle scuole medie e superiori, dove si affollano anche troppi studenti, al di là dei bisogni effettivi del paese (*Svolgimento dell'interpellanza del senatore Del Giudice 1923, p. 1243*).

² Già il Testo Unico del 26 giugno 1913 aveva esteso il diritto di voto ai cittadini maschi di oltre 30 anni, anche se analfabeti, ed ai cittadini di età compresa tra 21 e 30 anni che sapessero leggere e scrivere, o fossero in possesso dei requisiti fissati dalle precedenti leggi o avessero compiuto il servizio militare.

Nel suo discorso in Senato del 28 giugno 1922 Corbino illustrava i primi risultati conseguiti con l'istituzione dell'Opera:

Posso dire che fino al tempo in cui io mi trovavo al Ministero già 2.000 di queste scuole speciali erano state istituite, e che molte decine di migliaia le frequentavano. Non è a dirsi poi l'entusiasmo con cui questa iniziativa è stata accolta dovunque, e soprattutto nei miei paesi della Sicilia. A questo proposito potrei citare alcuni esempi veramente commoventi. In alcuni comuni l'intera popolazione andava ad accogliere la suppellettile scolastica con dimostrazioni festose. Vi sono stati comuni che hanno creduto di incoraggiare l'istituzione con premi speciali a favore di alunni che più si distinguevano; comuni (e questo è veramente sintomatico) che pur avendo le proprie scuole si rivolgevano all'Associazione delegata dicendo: vi diamo i mezzi purché ci istituiate delle scuole con i vostri metodi.

Orbene, quale è il segreto di questi metodi? I maestri sono pagati per quello che rendono; non c'è stabilità di impiego (*Seguito della discussione di "Stati di previsione" 1923, p. 3145*).

Risultati incoraggianti, che inducevano Corbino, nella medesima seduta del Senato del 1922, ad esprimersi con grande soddisfazione su quanto realizzato con l'Opera nella battaglia contro l'analfabetismo. Per il fisico senatore, infatti, l'istituzione dell'Opera contro l'analfabetismo «è il solo atto del mio Ministero, del quale avrò sempre a lodarmi».

4. Economia e infrastrutture

Numerosi gli interventi anche sul fronte dell'economia e delle infrastrutture. Tra le infrastrutture la cui realizzazione vide il coinvolgimento diretto dei fisici senatori vi furono le linee telegrafiche (in particolare la prima linea telegrafica del Regno sardo e la linea telegrafica da Torino al confine lombardo, tra il 1851 e il 1852), la propulsione idropneumatica come metodo per il trasporto ferroviario (1854), la costruzione di una stazione radio-telegrafica "ultrapotente" ad opera di Marconi (1903) e la nascita della posta aerea (1917).

Altro fronte attivo fu quello delle risorse energetiche e minerarie, attraverso questioni quali la ricerca e l'uso di sostanze radioattive (1919), la derivazione delle acque pubbliche (1920), l'elettrificazione delle ferrovie (1920), lo sfruttamento della lignite (1923) e l'unificazione della legislazione mineraria (1925).

4.1. *Plana e la propulsione idropneumatica*

Il progetto della linea ferroviaria tra Torino-Genova, realizzata tra il 1846 e il 1853, mette in luce un singolare ed interessante caso di rapporto tra Stato e ricerca scientifico-tecnologica.

L'ostacolo maggiore al completamento della linea era la realizzazione della galleria dei Giovi, caratterizzata dal cosiddetto "piano inclinato dei Giovi", lungo circa 10 km e di pendenza marcata, che in un tratto raggiunge il 3,5%. La realizzazione della galleria dei Giovi, oltre che per il suo interesse economico e strategico, rappresentava quindi una non

banale sfida tecnologica. La realizzazione di tale infrastruttura è tuttavia significativa anche sotto un altro profilo, trattandosi infatti di un caso nel quale lo Stato non solo finanziò un'infrastruttura ma anche il progetto per una ricerca scientifico-tecnologica finalizzata allo studio della miglior tecnologia da utilizzarsi per il trasporto, soprattutto delle merci, lungo la linea Torino-Genova. E al dibattito che si tenne in Senato su questo progetto partecipò attivamente anche l'astronomo Giovanni Plana (nominato senatore il 3 aprile 1848).

Una Commissione speciale, nominata nel dicembre 1851, fu incaricata «di studiare il miglior sistema di locomozione applicabile ai Giovi». Si valutarono tre diverse soluzioni per permettere ai treni di affrontare il difficile piano inclinato:

- 1° Quello delle locomotive che si muovono in virtù dell'aderenza delle loro ruote sui *rails*;
- 2° Quello della fune avvolta a due tamburi come a Blackwol che era lunga 6087 metri, oppure come a Liegi a Plan Meliné, da Liverpool a Glasgow, ad Aix la Chapelle lunghi circa di 2000 metri, ove la fune è a movimento continuo;
- 3° Quello del tubo del sistema atmosferico, collocato nel mezzo e lungo tutto la via, fessurato dal lato superiore per il passaggio del braccio rimorchiatore che si muove collo stantuffo spintovi dalla differenza di tensione dell'aria racchiusavi, la fessura fermandosi con apposite valvole (*Discussione generale del progetto 1870b*, p. 2080).

Il primo metodo, quello che poi sarà effettivamente adottato, era quello delle locomotive, le quali, però, all'epoca davano risultati non del tutto soddisfacenti, richiedendo una spesa molto elevata per una quantità relativamente limitata di merci trasportate. Al 1854, sul piano dei Giovi si trasportavano infatti giornalmente 600 tonnellate di merci (passeggeri compresi), per un costo di 800 lire di combustibile al giorno, corrispondenti a 300.000 lire all'anno.

Il secondo metodo prevedeva l'utilizzo di una trazione a fune comandata da una stazione fissa sui Giovi ospitante numerose macchine a vapore. L'uso di questa tecnica, tuttavia, fu presto abbandonato anche sulle linee citate per le perdite di tempo che comportava e per il contestuale miglioramento tecnologico delle locomotive in termini di peso e di potenza.

Il terzo metodo, utilizzato negli anni Quaranta dell'Ottocento nel Regno Unito e in Francia (Fig. 2), contemplava l'utilizzo di una propulsione idropneumatica, ovvero far sì che a spingere il convoglio fosse un braccio rimorchiatore collegato a uno stantuffo situato in un tubo, posto tra i binari, ai cui estremi si produceva una differenza di pressione dell'aria tramite l'acqua proveniente da un bacino.

Il 26 settembre 1853 gli ingegneri Sebastiano Grandis, Severino Grattoni e Germain Sommeillier facevano "domanda del privilegio" (brevetto) di un sistema di locomozione, eventualmente applicabile al piano inclinato dei Giovi, secondo il 3° metodo (Fig. 3), ovvero di un

Sistema idraulico per comprimere e rarefare i fluidi elastici coll'azione diretta dell'acqua mediante il quale la forza motrice di questa si trasforma in forza elastica,

agisce in qualunque luogo o direzione, riesce trasportabile, e diventa infine applicabile dovunque ed in genere alla locomozione, alle arti e all'industria (*Discussione generale del progetto 1870b*, p. 2090).

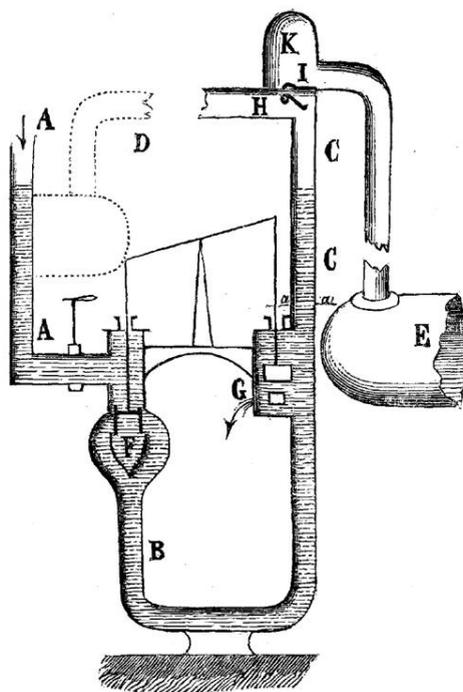


Fig. 3. Schema del sistema idraulico presentato da Grandis, Grattoni e Sommeiler (*Discussione generale del progetto 1870b*, p. 2090).

Il 20 novembre 1853 si aveva il parere favorevole dell'Accademia delle Scienze di Torino e il successivo 15 gennaio 1854 veniva emanato il decreto di privilegio. Il 20 febbraio 1854 si teneva la solenne inaugurazione della ferrovia.

Facendo seguito al brevetto dei tre ingegneri, il 10 aprile dello stesso anno Cavour presentava alla Camera il disegno di legge per l'applicazione del sistema di propulsione idropneumatica nel passaggio dei Giovi. Il disegno di legge consisteva di due articoli, il primo dei quali chiedeva l'approvazione di una convenzione tra il Ministero delle finanze e i tre ingegneri, mentre il secondo stanziava la somma di 120 mila lire «per l'effettuazione degli esperimenti». Il Ministero stanziava una somma, quindi, non per la diretta realizzazione di un'infrastruttura, bensì per l'effettuazione di esperimenti atti a validarne l'efficacia. In particolare, la convenzione stabiliva che:

Prima d'intraprendere lo stabilimento definitivo del sistema, si farà un'esperienza tendente a dimostrare l'efficacia della macchina idropneumatica, e del tubo propulsore.

A questo fine si costruirà un apparecchio completo con una lunghezza di tubo propulsore di duecento metri almeno. L'esperimento avrà luogo sopra un tratto di ferrovia provvisoria, da stabilirsi in sito conveniente lateralmente alla strada del Governo. Le spese dell'esperimento non potranno sorpassare la somma di ottanta a novanta mila lire; esse saranno interamente a carico dell'Amministrazione; ma in caso di non favorevole riuscita, gl'ingegneri Grattoni, Grandis e Sommeiller dovranno rimborsare al Governo le spese che gli avranno cagionate (Archivio della Camera regia, Disegni e proposte di legge e incarti delle commissioni (1848-1943), 308, 310-334 cc., vol. X).

L'Ufficio centrale del Senato, nella sua relazione del successivo 4 luglio, esprimeva parere favorevole al progetto poiché «sostanzialmente è tutelato l'interesse dello Stato». Infatti, «colla semplice anticipazione d'una ben discreta somma, il cui rimborso è assicurato pel caso di non successo» e «avverandosi le concepite speranze», si otteneva «una considerevole economia nella spesa di propulsione dei convogli di merci lungo il piano dei Giovi» e di poter superare «anche in altre località difficoltà giudicate sin qui insuperabili» (Mosca 1869, p. 1348).

La discussione in Senato si teneva il successivo 8 luglio e vedeva anche la partecipazione di Plana, il quale criticava il citato articolo della convenzione, reputato ingeneroso nei confronti dei tre ingegneri. Ad avviso di Plana,

Mi pare che sarebbe atto generoso e giusto quello di non adottare l'articolo 4. Si facciano gli esperimenti, e siano liberi gli inventori da qualsivoglia multa ove non sortissero l'effetto utile che se ne propongono.

La dignità del Governo consiglia di concedere quella somma di 120 mila lire senza sottoporre gli inventori alla condizione della restituzione in verun caso.

L'accettazione di quelle condizioni prova che gl'inventori hanno piena fiducia nell'esito, e l'esporsi a tanto rischio è atto lodevole e ben degno di essere accolto senza il peso di quelle enormi misure. [...] [Queste] persone ci mettono la loro riputazione che val ben più di 120 mila lire (*Discussione ed approvazione del progetto di legge* 1870a, pp. 333-334).

Per lo scienziato Plana, quindi, non era “dignitoso” che il Governo chiedesse agli ingegneri di rispondere in proprio dell'eventuale fallimento dell'esperimento. In risposta a Plana, il Ministro Paleocapa osservava che «l'obbligo di questo eventuale rimborso venne di buon accordo pattuito tra il Governo e gl'ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller» in seguito alle pressioni della Camera dei deputati, la quale aveva «desiderato che s'imponesse loro l'obbligo di garantire in modo legale l'esecuzione di tutte le obbligazioni da essi assunte».

Al termine della discussione, il progetto veniva comunque approvato come proposto dall'Ufficio centrale e diventa la legge 20 luglio 1854.

Di fatto, ragioni economiche indurranno a non utilizzare il metodo idropneumatico per la propulsione nel piano inclinato dei Giovi. Non ci fu quindi bisogno di mettere in gioco la reputazione dei tre ingegneri, reputazione che, come osservava Plana, «val ben più di 120.000 lire».

Tale metodo troverà invece, di lì a poco, un'importantissima applicazione nella realizzazione della galleria del Frejus, progettata dagli stessi Grandis, Grattoni e Sommeiller. Durante i lavori si fece infatti ampiamente uso del metodo idropneumatico, non per vincere le forti pendenze, ma per muovere le macchine perforatrici (al fine di realizzare i fori di mina dove collocare le cariche esplosive) e per ventilare i lavori nella galleria. I lavori di scavo del Frejus, iniziati nel 1857, si conclusero nel 1870 e il traforo fu inaugurato l'anno successivo. Una delle più grandi infrastrutture realizzate durante il Regno sardo vedeva finalmente la luce. Un'opera realizzata con l'aiuto di un metodo il cui studio era stato incoraggiato dal Senato e, in particolare, da Plana.

5. Ricerca

La maggioranza degli interventi sulla ricerca dei fisici senatori riguardano questioni relative allo studio dell'ambiente, ad esempio in ambito meteorologico, e strategie per far fronte a tragedie naturali, quali i terremoti disastrosi che si verificarono in Calabria e Sicilia nel 1905 e nel 1908.

5.1. Blaserna e il terremoto di Messina

Epocale fu il terremoto di Messina del 28 dicembre 1908. Si trattò della più grave catastrofe naturale nel continente europeo per numero di vittime: il 42% della popolazione di Messina e il 21% di quella di Reggio Calabria, per un totale di circa 80.000 morti e un danno economico complessivo stimato in circa 600 milioni di lire, una cifra superiore all'ammontare complessivo dell'interesse sul debito pubblico del periodo 1907-1912.

La risposta delle istituzioni all'emergenza ebbe inizio con la legge n. 12 del 12 gennaio 1909, con la quale furono stabilite le prime assegnazioni per bisogni ed opere urgenti.

L'art. 7 della legge n. 12 prevedeva anche la costituzione di una «speciale commissione consultiva da nominarsi con decreto Reale» atta ad individuare «le norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni, ricostruzioni e costruzioni nuove degli edifici pubblici e degli edifici privati, nei Comuni colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri precedenti».

La commissione reale, che era stata caldeggiata pochi giorni prima dal fisico Pietro Blaserna (nominato senatore il 4 dicembre 1890) in una lettera al presidente del Consiglio Giolitti, con la quale si candidava anche a presiederla, veniva costituita con il regio decreto del 15 gennaio 1909. Lo stesso Blaserna veniva designato presidente della commissione.

Il lavoro della commissione di Blaserna fu oggetto di accesa discussione in Senato il 21 maggio 1909 a seguito dell'interpellanza di un senatore di Messina (Todaro) al ministro dell'istruzione pubblica (Rava) «per sapere in che modo intenda il Governo ristabilire l'Università di Messina».

Nella propria replica, il Ministro Rava faceva riferimento alla commissione di Blaserna:

La costruzione della Università corona l'opera di ricostruzione: senza le case non ci sarà la gente, e, senza la gente e le case, non si avranno studenti, professori, le condizioni di vita necessarie. Ed è un problema subordinato alle indagini della Commissione scientifica che deve suggerire i modi e il luogo per ricostruire la città. Questo studio sarà pronto tra poche settimane, perché ne è garanzia l'alacre operosità dell'illustre presidente della Commissione, il senatore Blaserna: quando questa avrà espresso le sue ragioni e proposte scientifiche, sapremo anche dove il nuovo edificio potrà sorgere (*Svolgimento dell'interpellanza del senatore Todaro 1909*, p. 127).

Nella propria contro-replica, il senatore Todaro ribadiva la richiesta di un'immediata ricostruzione degli edifici universitari e sosteneva l'inopportunità di attendere la conclusione dei lavori della Commissione Blaserna.

Le parole del senatore Todaro suscitavano l'immediata, piccata, replica del fisico senatore:

Signori, non era veramente mia intenzione di prendere la parola in questa occasione. Ma il collega Todaro si è rivolto a me ed ha fatto sapere al Senato che, se si aspetterà la fine degli studi della Commissione da me presieduta, la ricostruzione dell'Università di Messina avverrà non si sa quando. Tengo quindi a dichiarare nel modo più formale che la Commissione per lo studio delle zone sismiche, che io ho l'onore di presiedere, tra breve, forse tra un mese, presenterà le sue conclusioni ed avrà così terminato il suo lavoro. (*Bene*) (*Svolgimento dell'interpellanza del senatore Todaro 1909*, p. 130).

Subito dopo la replica di Blaserna, interveniva nuovamente il ministro Rava per plaudire al lavoro del fisico senatore e della sua Commissione.

Ringrazio prima di ogni altra cosa l'illustre senatore Blaserna che con l'autorità del suo nome e dei suoi studi ha posto la questione sul suo vero terreno, ricordando come compito della Commissione scientifica da lui presieduta sia quello di determinare la zona dove possa essere ricostruita l'Università. Tutti sanno con che cura il senatore Blaserna ed i suoi illustri colleghi si sono dati alla risoluzione di questo problema e quindi io attendo con piena fiducia le non lontane certe conclusioni dei loro lavori (*Svolgimento dell'interpellanza del senatore Todaro 1909*, p. 131).

Come anticipato da Blaserna in Senato, la sua Commissione concludeva effettivamente i lavori a fine giugno del 1909.

Le conclusioni, di lì a poco incorporate in un decreto reale (Regio decreto n. 542, 15 luglio 1909), erano chiare ed apparentemente "sorprendenti": Messina, pur essendo situata sopra terreno alluvionale estremamente instabile, in un'area oltretutto soggetta a forti scosse sismiche, doveva essere ricostruita lì dove era nata (Fig. 4).

Quelle stesse leggi economiche e geografiche che avevano fatto sì che in tale sito fosse eretta, inducevano la commissione Blaserna a concludere che era opportuno mantenere la città nella medesima zona d'impianto e nelle immediate vicinanze del porto, fatto salvo il rispetto di requisiti di sicurezza da parte dei nuovi edifici e un'opportuna distanza minima dalla linea di costa.

Il lavoro della commissione era concluso e il processo di ricostruzione poteva partire. Tuttavia, questo non rappresentò la parola fine nel coinvolgimento del fisico senatore. Anche dopo ultimati i lavori della commissione, Blaserna continuerà infatti ad occuparsi attivamente in Senato delle tragiche conseguenze del terremoto di Messina.

Nel circondario di Messina.

Gualtieri Sicaminò	Capoluogo	Ripiano detto Parasparo lungo la via che congiunge Gualtieri con Sicaminò.
Messina]	Città	Sede attuale, eccetto le zone sulle sabbie sciolte e ghiaie in pendio, e quelle prossime al ciglio esterno delle banchine, od alla battigia del mare, nelle quali ultimo,

Fig. 4. Ricostruzione di Messina nella “sede attuale” (R.D. n. 542, 15 luglio 1909).

Bibliografia

- Discussione ed approvazione del progetto di legge per l'applicazione del sistema di propulsione idropneumatica al piano inclinato dei Giovi* (1870a), in Galletti G., Trompeo P. (a cura di). *Atti del Parlamento subalpino, V legislatura - Sessione del 1853-54*, vol. 8. Firenze: Botta, pp. 332-335.
- Discussione generale del progetto di legge per l'applicazione di un nuovo sistema di propulsione idropneumatica al piano inclinato dei Giovi* (1870b), in Galletti G., Trompeo P. (a cura di). *Atti del Parlamento subalpino. Discussioni della Camera dei Deputati, V Legislatura - Sessione 1853-1854*, vol. 5. Firenze: Botta, pp. 2067-2087.
- Discussione sul progetto di legge per cui S.M. il Re Vittorio Emanuele II assume il titolo di Re d'Italia*, in *Resoconto della seduta del Senato del 26 febbraio 1861* [online]. URL: <http://www.senato.it/documenti/repository/notizie/2011/seduta_26febbraio1861_senato.pdf> [data di accesso: 31/01/2019].
- Leone M., Paoletti A., Robotti N. (2011). “I fisici e il Risorgimento”. *Il Nuovo Saggiatore*, 27, pp. 30-42.
- Matteucci C. (1861a). *Relazione fatta al Senato il 24 febbraio 1861 dall'ufficio centrale, composto dai senatori De Gori, Giulini, Giorgini, Niutta, e Matteucci, relatore* in Galletti G., Trompeo P. (a cura di) (1861). *Atti del Parlamento italiano, Sessione del 1861, (VIII Legislatura), Documenti, 1° periodo dal 18 febbraio al 23 luglio 1861*. Torino: Botta, pp. 4-5.
- Matteucci C. (1861b). *Relazione fatta al Senato il 20 marzo 1861 dall'ufficio centrale composto dai senatori Plezza, Giulini, Marzucchi, Di Pollone, e Matteucci, relatore*, in Galletti G., Trompeo P. (a cura di). *Atti del Parlamento italiano, Sessione del 1861, (VIII Legislatura), Documenti, 1° periodo dal 18 febbraio al 23 luglio 1861*. Torino: Botta, p. 71.
- Mosca C. (1869). *Relazione fatta al Senato il 4 luglio 1854 dall'ufficio centrale, composto dai senatori Di Bagnolo, Di Collegno Giacinto, Giulio, Pallavicino-Mossi,*

- e Mosca, relatore*, in Galletti G., Trompeo P. (a cura di). *Atti del Parlamento Subalpino, sessione del 1853-54. Documenti*, vol. 2. Firenze: Botta, pp. 1347-1348.
- Seguito della discussione di "Stati di previsione della spesa del Ministero dell'istruzione pubblica per gli esercizi finanziari 1921-22 e 1922-23" (n. 461) (1923)*, in *Atti del Parlamento italiano, Camera dei Senatori, Legislatura XXVI, 1ª Sessione 1921-1923, Discussioni*. Roma: Tipografia del Senato.
- Svolgimento dell'interpellanza del senatore Del Giudice al ministro della pubblica istruzione (1923)*, in *Atti del Parlamento italiano, Camera dei Senatori, Legislatura XXVI, 1ª Sessione 1921-1923, Discussioni*. Roma: Tipografia del Senato.
- Svolgimento dell'interpellanza del senatore Todaro al ministro dell'istruzione pubblica per sapere in che modo intenda il Governo ristabilire l'Università di Messina (1909)*, in *Atti Parlamentari della Camera dei senatori. Discussioni. Legislatura XXIII, 1° sessione 1909*. Roma: Forzani, pp. 116-131.

Fonti di archivio

Roma:

Camera dei Deputati, Archivio della Camera regia,

- Disegni e proposte di legge e incarti delle commissioni (1848-1943), 308, 310-334 cc., vol. X.
- Disegni e proposte di legge e incarti delle commissioni (1848-1943), Minuta della Relazione dell'Ufficio centrale, c. 9bis.

Il contributo concettuale della storia nell'apprendimento della fisica: il caso della spettroscopia ottica

Daniele Buongiorno, Marisa Michelini – Unità di Ricerca in Didattica della Fisica, Università degli Studi di Udine – buongiorno.daniele@spes.uniud.it, marisa.michelini@uniud.it

Abstract: In the context of a PhD research project in physics education, within IDIFO6 project, we are studying a vertical path on optical spectroscopy as research based proposal according with the new curricular guidelines of Ministry of Education, introducing modern physics in secondary school curriculum. The research is carried out in the theoretical framework of the Model of Educational Reconstruction by means of instruments and methods of the Design-Based Research in order to design teaching/learning intervention modules and analyze students' learning processes. Literature underline and our research confirm that one of the main conceptual knots in that area is the link between a light spectrum and its physical meaning with respect to atomic models, in particular the conceptual connection between the energies of the lines in a discrete spectrum and the energetic levels of the emitting atom. In order to overcome learning difficulties emerged in the literature and in our preliminary research findings, we designed a tutorial adopting Balmer's approach to the problem of finding a law for optical spectrum of hydrogen atom emissions. The Rydberg's law founded the Bohr hypothesis for the hydrogen atom. Einstein's idea of photon offers an alternative perspective in the interpretation. The tutorial, used in three different research based intervention modules appears a fertile way to overcome conceptual difficulties in student reasoning.

Keywords: physics education, educational reconstruction, optical spectroscopy, atomic models.

1. Introduzione

Il ruolo della storia nell'insegnamento/apprendimento della fisica si configura come multi-prospettico, dal momento che coinvolge elementi differenziati che fondano il rapporto tra didattica e storia. Strategie e materiali, in particolare, si basano sul rapporto tra le due discipline e riguardano: (a) la riproduzione di esperimenti storici; (b) lo studio di testi originali; (c) l'approfondimento di aspetti interpretativi mediante integrazione di narrazioni; (d) una riflessione critica sui contenuti problematici, i nodi concettuali, le alternative teoriche nei passaggi cruciali dello sviluppo delle idee, oltre che (e) i riferimenti a inventari e/o documentazioni (De Maria, Ianiello 2006; Bevilacqua 1983). Contributi particolarmente

fertili della storia della fisica per la didattica sono quelli che riguardano gli aspetti epistemici, culturali e metodologici (Galili, 2018) e quelli che permettono di approfondire le idee spontanee ed i nodi concettuali, che spesso coincidono con interpretazioni provvisorie o parziali storicamente documentate. Queste ultime offrono un patrimonio di argomentazioni per sfide intellettuali che educano al pensiero scientifico e lo collocano nella corretta prospettiva di evoluzione di interpretazioni ciascuna con potenzialità e limiti.

Un ambito tematico significativo in cui la storia della fisica ha un potenziale ruolo diretto nell'apprendimento è la spettroscopia ottica che, sia dal punto di vista storico che concettuale, rappresenta un ponte tra la fisica classica e quella moderna. L'assorbimento e l'emissione quantizzati di radiazione sono infatti concetti fondamentali della moderna fisica teorica, rappresentando alcuni tra i principali strumenti investigativi basati sull'interazione luce-materia. La spettroscopia ottica rappresenta un contesto metodologico in cui il ruolo dell'energia nelle analisi fisiche è fondante, uno strumento di validazione dei modelli interpretativi attraverso misure indirette, una modalità attraverso cui interpretare un codice per ottenere informazioni sugli stati e i cambiamenti di un sistema fisico e un contesto sperimentale che permette di evidenziare il legame tra modello a livelli energetici dell'atomo e le relative emissioni luminose.

Abbiamo messo a punto un percorso didattico sulla spettroscopia ottica per studenti degli ultimi anni di scuola superiore, in cui alcuni elementi storici fondanti sono stati impiegati a sostegno dei concetti fisici affrontati, per il superamento delle principali difficoltà di apprendimento riscontrate in letteratura (Korhasan, Wang 2016; Ivanjek 2012; Ivanjek *et al.* 2015a; Ivanjek *et al.* 2015b; Savall-Aleman *et al.* 2016; Zollman *et al.* 2002). In questo lavoro se ne presentano le caratteristiche generali, evidenziando le basi teoriche dell'approccio di ricerca seguito, oltre a discutere i principali risultati emersi dalle sperimentazioni di ricerca condotte con studenti di scuola secondaria superiore.

2. Impostazione ed approccio della ricerca

L'approccio di ricerca segue il quadro teorico del Model of Educational Reconstruction (MER) (Duit *et al.* 2005; Duit *et al.* 2012) in cui si rivisita in termini problematici lo specifico contenuto ricostruendolo successivamente in prospettiva didattica. Tale approccio si fonda sui seguenti aspetti: (a) individuazione della rilevanza disciplinare dell'oggetto di studio; (b) analisi delle difficoltà e dei nodi concettuali nello specifico ambito disciplinare e delle sfide interpretative che hanno contraddistinto storicamente lo sviluppo delle idee (Behrens 1943; Banet 1966; Hindmarsh 1967; Banet 1970); (c) ricostruzione in chiave didattica dei concetti fondanti; (d) progettazione e sperimentazione basata sulla ricerca di percorsi di insegnamento/apprendimento. Questo approccio si integra sia con la ricerca empirica sui ragionamenti degli studenti (Lijnse, 1995), sia con la Design-Based Research (DBR) (DBR Collective 2003; Collins *et al.* 2004; Anderson, Shattuck 2012) nella progettazione di materiali didattici, ma anche nella ricerca-azione in una dialettica collaborativa tra scuola e università (Lijnse 1995; Di Sessa 2004; Michelini *et al.* 2016). Non viene preso in considerazione solo il contenuto disciplinare (Fischer, Klemm 2005), ma si pone attenzione agli specifici angoli di attacco e ai dettagli critici a cui si

appella la conoscenza di senso comune per interpretare la fenomenologia (Viennot 1996) studiando allo stesso tempo in termini dinamici i ragionamenti degli studenti (Michelini 2010) e trovando nuovi approcci alla conoscenza della fisica (Viennot 1996; McDermott 2006; Michelini 2010). La scelta è quella di evitare ogni riduzionismo al fine di offrire percorsi formativi coerenti in prospettiva culturale (Galili 2018), in cui viene data importanza sia alla fondazione dei concetti di base, sia ai metodi e le applicazioni caratteristici della ricerca in fisica, costruendo personali apprendimenti, che si integrano nei programmi scolastici di fisica in percorsi verticali, che fungono da corridoi didattici (Di Sessa 2004; Meheut, Psillos 2004) delle traiettorie di apprendimento individuali, con modalità di appropriazione dei concetti per micro-step concettuali (Michelini 2010).

Nel caso specifico descritto in questo lavoro si è già fatto riferimento alla rilevanza della spettroscopia ottica nella storia della conoscenza scientifica come fondamento della meccanica quantistica. L'interpretazione di spettri ottici richiede un'ipotesi sulla struttura energetica della materia emittente, in particolare il modello a livelli energetici, secondo il quale ogni sistema capace di emettere luce può avere solo determinati stati discreti di energia e che l'energia della radiazione emessa corrisponde a una variazione dell'energia del sistema emittente.

Studi di ricerca didattica hanno evidenziato che sia studenti di scuola secondaria superiore che universitari tendono ad associare l'energia di una riga spettrale con l'energia di un singolo livello piuttosto che alla differenza in energia tra coppie di livelli (Rebello *et al.* 1998; Zollman *et al.* 2002), in particolare nei corsi introduttivi di astronomia, dove la spettroscopia gioca un ruolo chiave, esistono difficoltà legate al descrivere il processo di emissione luminosa da parte degli atomi (Bardar *et al.* 2006). Tra gli studenti universitari emerge un'idea per la quale l'energia della radiazione è legata all'intensità piuttosto che al colore (Lee 2002). Il problema dell'associazione concettuale tra righe spettrali e livelli energetici è emerso in diversi studi a livello universitario (Korhasan, Wang 2016; Ivanjek 2012; Ivanjek *et al.* 2015a; Ivanjek *et al.* 2015b), in cui si riporta come gli studenti associno l'energia di una riga con l'energia di un livello, non considerino il livello fondamentale un livello energetico, oppure pensino che il livello fondamentale sia coinvolto in ogni transizione. Le stesse ricerche mostrano come gli studenti necessitino maggior padronanza del ruolo delle condizioni sperimentali grazie alle quali uno spettro discreto è formato per gestirne l'interpretazione. In altri lavori (Savall-Aleman *et al.* 2016) emerge come sia studenti (universitari e di scuola secondaria superiore) sia insegnanti hanno difficoltà nel predire il modo in cui intervengono nei processi di emissione e assorbimento il modello quantistico dell'atomo e quello della radiazione. Queste ricerche hanno evidenziato la persistente presenza di modelli spontanei degli studenti a proposito della formazione di spettri discreti e del loro legame con la struttura quantistica dell'atomo che devono essere superati per raggiungere una visione scientifica dell'argomento (Gilbert *et al.* 1998a; Gilbert *et al.* 1998b). L'approccio scelto affronta direttamente questi nodi oltre che affrontare il formalismo matematico essenziale per la comprensione del fenomeno con le seguenti domande di ricerca:

RQ1) Come avvalersi della storia delle idee per costruire una proposta didattica che aiuti a superare i principali nodi di apprendimento della spettroscopia ottica?

RQ2) In che modo gli elementi storici introdotti nel percorso didattico aiutano il superamento dei nodi concettuali individuati in letteratura, in particolare, come contribuisce sul piano didattico l'esperire il vissuto di Balmer e Rydberg di fronte agli spettri ottici più semplici?

RQ3) In che termini gli studenti descrivono un modello atomico, che renda conto degli spettri osservati?

3. La proposta didattica

Il percorso sviluppato si pone come ponte tra la fisica classica e quella moderna allo scopo di far guadagnare agli studenti competenza nel processo di interpretazione di spettri ottici confrontando ipotesi interpretative con gli esiti sperimentali (Michelini 2010). In particolare, l'obiettivo è quello di superare il modello classico di atomo rappresentato in termini di orbite "alla Bohr" in favore di un modello più generale a livelli energetici.

Una riflessione sui diversi ruoli dei tre campi dell'ottica: sorgenti, fenomeni di propagazione e interazione luce-materia apre alla prospettiva di lettura in termini energetici dell'interazione luce-materia da prima e delle sorgenti successivamente. Il meccanismo della visione, basato sulla interazione luce-materia, pone il problema di interpretare il colore degli oggetti mediante i meccanismi di assorbimento selettivo e nano-strutturazione. I ragionamenti di Newton (Newton 1993) sulla dispersione della luce bianca sono stati sfruttati in termini di questioni problematiche per comprendere il significato del meccanismo di dispersione e sono stati posti come spunto per ricercare altri meccanismi dispersivi. Uno studio sperimentale permette di individuare le leggi fenomenologiche della diffrazione e il ruolo disperdente di un reticolo nell'analisi di luce policromatica. Una rassegna delle principali sorgenti di luce aiuta a caratterizzare la luce emessa in termini di colore e intensità e ad identificare i diversi meccanismi di emissione luminosa come risultato di una trasformazione energetica. I meccanismi additivi e sottrattivi di percezione del colore pongono il problema dell'esistenza e dell'origine di luce intrinsecamente colorata e della composizione primitiva della luce emessa da ogni sorgente. L'esplorazione della luce emessa da diverse sorgenti con semplici spettroscopi a reticolo evidenzia l'esistenza di spettri continui, a bande e discreti. Lo studio dello spettroscopio e delle sue parti pone il problema del ruolo del reticolo e della fenditura nella formazione degli spettri osservati. Il ruolo identificativo delle sostanze allo stato gassoso tramite saggi alla fiamma evidenzia l'importante ruolo dello spettro nel riconoscimento degli elementi e sono stati presentati come esperienza per riconoscere le modalità tramite cui una sorgente di luce può essere caratterizzata dal colore della luce che emette. Un esempio emblematico è rappresentato dalla scoperta del cesio, del rubidio (Kirchhoff, Bunsen 1860) e dell'elio per via spettroscopica, esperienza narrata per consolidare il ruolo di uno spettro come "carta d'identità" degli elementi. La legge fenomenologica di Stefan-Boltzmann (Stefan 1879; Boltzmann 1884), l'identificazione dei poteri emissivo e assorbente e la dipendenza del loro rapporto solo della temperatura orientano all'analisi del processo di emissione all'aumentare della potenza fornita ed emessa da una sorgente incandescente. Tali evidenze fenomenologiche permettono di assegnare un ruolo ai dati

sperimentali in termini problematici per porre il problema interpretativo dell'emissione luminosa. La scoperta della radiazione infrarossa ad opera di Herschel, nell'anno 1800, e della radiazione ultravioletta ad opera di Ritter l'anno successivo consolida l'idea che l'emissione di radiazione può avvenire oltre il visibile ad energie diverse e abitua a vedere i colori dello spettro come radiazioni con diverse energie, aventi diverse interazioni con la materia e diversi effetti: riscaldamento, penetrazione e ionizzazione. Tali esperienze storiche sono richiamate con il ruolo di identificare la luce in termini più generali di radiazione ad ampio spettro, non solo visibile, e per identificare effetti differenziati che possono essere ricercati nell'interazione luce-materia. La natura quantistica della luce in termini di fotoni di energia corrispondente al colore e intensità corrispondente al numero poggia sull'analisi dell'effetto fotoelettrico e sulla misura della tensione di soglia di LED di diverso colore. L'analisi di tale effetto è stata utilizzata per fondare l'idea del fotone in base alle proprietà manifestate sul piano sperimentale. Il lavoro di Balmer (1885) ispira la proposta operativa dell'analisi delle regolarità delle posizioni delle righe nello spettro dell'idrogeno e la redazione della legge fenomenologica che descrive la posizione delle prime quattro righe della serie omonima: $\lambda_n = 364.6 \cdot \left(\frac{n^2}{n^2-4}\right) nm$ (in cui $n=3, 4, 5, 6$). La lettura in chiave energetica di tale formula, dovuta a Rydberg (Bohr, 1985): $E_{2,n} = 13.6 \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) eV$ (in cui $n=3, 4, 5, 6$) ispira l'ipotesi di descrizione dei sistemi emittenti in termini di stati energetici permessi e dell'emissione come diseccitazioni energetiche discrete. I lavori di Balmer prima, e di Rydberg poi, sono stati proposti come problem solving per ripercorrerne i significati e per esplicitare il processo di emissione in termini energetici tramite il legame tra livelli e righe spettrali. L'interpretazione viene consolidata tramite esercizi interpretativi e mediante misure di energia emessa da lampade a scarica di gas con un goniometro ottico, da LED con un semplice dispositivo di tragguardazione con un reticolo di diffrazione e tramite l'utilizzo di uno spettrometro digitale che permette misure in emissione e in assorbimento.

4. Le sperimentazioni: contesto, campione e metodologia

156 studenti provenienti da classi quarte hanno seguito il percorso di spettroscopia ottica per un totale di 8 ore, di cui 79 con un modulo di intervento formativo di tipo "master-class" presso l'università (68 provenienti da un liceo scientifico, MA e 11 provenienti da un ISIS, MB), 21 con una sperimentazione in classe (SC), 32 in una scuola estiva nazionale per talenti (SEFM) e 24 tramite un modulo proposto come attività di alternanza scuola-lavoro (MOD). Le diverse sperimentazioni sono state condotte nell'ambito del progetto IDIFO6 (Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento)¹ del Progetto Lauree Scientifiche.

In un approccio di tipo DBR, le caratteristiche di ogni intervento didattico, che comunque mantiene il carattere del percorso descritto, sono iterativamente riviste e ricalibrate. I percorsi differiscono quindi per la presenza di elementi che possono facilitare l'appropriazione dei concetti; in particolare nella sperimentazione MA viene presentata

¹ [Progetto IDIFO6]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/idifo6.htm>> [data di accesso: 22/6/2019].

la formula empirica di Rydberg espressa in numero d'onda ($1/\lambda$) per poi convertirla in energia; nella sperimentazione MB viene presentata agli studenti la stessa formula direttamente espressa in energia evitando un approccio di tipo ondulatorio, mentre nelle restanti sperimentazioni, si approfondisce l'analisi, partendo da uno studio dei coefficienti di Balmer, per poi ricavare la formula di Rydberg in numero d'onda e infine in energia. Gli studenti sono stati protagonisti con i loro ragionamenti nel rivivere i passaggi concettuali nello sviluppo delle interpretazioni: dalla formula empirica di Balmer al modello a livelli energetici. È da sottolineare che il percorso proposto agli studenti si discosta leggermente dal reale sviluppo storico delle idee: Rydberg non è a conoscenza del lavoro di Balmer quando sviluppa i suoi risultati; la nostra prospettiva didattica valorizza elementi storici a sostegno dei concetti. In comune a tutte le sperimentazioni la discussione sulla questione chiave del segno negativo dell'energia totale del sistema.

Il monitoraggio degli apprendimenti degli studenti viene effettuato con un tutorial in itinere con la stessa struttura del percorso proposto, e con test di uscita, talvolta accompagnato dallo stesso test in ingresso (McDermott 2006; Michelini 2010). Il tutorial ha la funzione di stimolare il ragionamento degli studenti sugli aspetti cruciali per l'interpretazione attraverso domande di tipo Inquiry-Based Learning (IBL) (McDermott 2006). Il test di uscita è stato fatto compilare in classe dagli insegnanti coinvolti e gli esiti discussi, nell'ambito della collaborazione scuola-università. Si presentano e discutono in questa sede soltanto i dati relativi all'ultima parte del percorso ed in particolare alla interpretazione del processo emissivo in relazione agli spettri ottenuti nelle attività sperimentali.

5. Analisi dati e discussione

L'analisi dei dati è stata condotta con metodi qualitativi della ricerca empirica sulle spiegazioni ed i ragionamenti degli studenti: le risposte e i disegni di ogni studente sono stati classificati in categorie fondate sulle domande di ricerca specifiche, ma gli aspetti presi in considerazione non si sono fondati solamente su di esse, decise a priori, ma anche su aspetti significativi emersi dalle risposte stesse. Le categorie individuate hanno permesso l'interpretazione dei dati, che si è basata sull'analisi delle frequenze delle categorie non mutuamente esclusive individuate e sulla loro definizione operativa in base alle risposte degli studenti. Al fine di interpretare risposte o disegni non particolarmente chiari, a volte si è reso necessario fare affidamento a frasi o altri indizi (anche grafici) presenti in risposte a domande differenti.

Si riportano in questa sede gli esiti relativi alle domande riguardanti l'analisi di significato delle formule di Balmer e Rydberg, nonché la modellizzazione dei livelli atomici.

La sfida di ricavare la successione di Balmer delle prime 4 lunghezze d'onda delle righe della serie visibile dell'idrogeno $\lambda_n = k \cdot c_n = k \cdot \left(\frac{n^2}{n^2-4}\right)$ con $k=364.6 \text{ nm}$ a partire dai coefficienti numerici c_n da lui stesso trovati (9/5, 16/12, 25/21 e 36/32) è stata proposta nelle sperimentazioni SC, MOD e SEFM. La categorizzazione emersa dalle risposte degli studenti è riassunta nella Tab. 1.

Sperim.	Num stud.	D=N-4 (a)	N=n ² (b)	(a)+(b)	Formule alternative	n=0, 1, ...	n=1, 2, ...	n=3, 4, ...
SC	21 (tutorial)	11	1	7	-	-	-	-
MOD	24 (pre)	9	2	1	1	1	1	-
	24 (post)	-	-	18	-	-	-	8
SEFM	32 (pre)	-	3	27	5	3	5	12
	31 (post)	-	-	31	-	-	-	15

Tab. 1. Ricavare la formula empirica di Balmer a partire dalla conoscenza dei coefficienti c_n . D=denominatore, N=numeratore. La prima riga riporta gli aspetti notati dagli studenti (categorie), come emersi nelle loro risposte.

La maggior parte degli studenti non ha difficoltà a trovare la regola empirica che descrive la successione dei coefficienti, ma nessuno sottolinea la peculiarità che la variabile sia un numero naturale piuttosto che reale (la formula di Balmer è una successione $N \rightarrow R$, non una funzione $R \rightarrow R$). Viene data importanza al primo valore della variabile indipendente n per poi ricavare la formula generale: partendo da $n=0$ o $n=1$ piuttosto che dal corretto $n=3$ la formula si complica inutilmente. Tale pregiudizio è superato dopo il percorso.

Un tutorial o la presenza di un post-test sostengono l'acquisizione di una competenza di lettura dei significati sottesi da relazioni puramente formali e la correlazione con gli elementi che rendono tali relazioni significative, al di là della pura espressione numerica.

Una volta che la formula di Balmer viene espressa in energia, risulta chiaro come l'energia associata ad ogni emissione (riga) corrisponda ad una differenza tra due termini energetici: $E_{2,n} = R \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$. Agli studenti viene chiesto di interpretare il processo di emissione alla luce di questa evidenza. All'evidenza che l'energia di una riga sia pari ad una differenza di due termini energetici, aspetto messo in evidenza come significativo da 8 studenti in totale, viene attribuito un significato solo da una minoranza di studenti, in termini di energie quantizzate dei livelli (3 studenti) o delle righe (1 studente), di passaggio livello dell'elettrone (1 studente) una variazione di stato del sistema emittente (1 studente). I risultati sono favoriti nel post test della sperimentazione SEFM, in cui 10 studenti associano l'energia delle righe ad una variazione di stato del sistema emittente. Emerge una difficoltà a interpretare una relazione empirica allo scopo di giustificare un processo fisico: solo una minoranza di studenti evidenzia l'importanza che compaia esplicitamente una differenza, ma l'associazione tra le energie permesse al sistema emittente e le energie effettivamente emesse non emerge, neanche alla luce del principio di conservazione dell'energia. Le considerazioni fatte dagli studenti riguardano, nei pochi casi documentati, osservazioni sul fatto che le grandezze in gioco siano quantizzate.

La richiesta di rappresentare i livelli energetici caratteristici del sistema atomico dati i valori di energia fa emergere diversi modelli, rappresentati in Tab 2.

Sperim.	Num stud.	Livelli	Orbite	Grafico
MA	68 (tutorial)	31	4	-
MB	11 (tutorial)	1	1	8
SC	21 (tutorial)	4	9	14
MOD	24 (tutorial)	4	-	4

Tab. 2. Rappresentazione dei livelli energetici (per la definizione operativa delle categorie si veda Fig. 1).



Fig. 1. Modelli utilizzati dagli studenti per rappresentare i livelli energetici. Da sinistra a destra: modello “a livelli”, modello “a orbite”, modello “a grafico”.

Precedenti studi (Buongiorno 2017) hanno evidenziato come la trattazione del modello di Bohr seguendo una progressione storica delle idee ha dato luogo ad una generale dipendenza degli studenti da una rappresentazione per orbite. Abbiamo perciò evitato una trattazione del modello di Bohr che descrive le orbite come i livelli energetici; purtuttavia emerge come gli studenti manifestino difficoltà ad abituarsi a guardare ad un modello interpretativo in termini più generali di livelli energetici.

Un’analisi più dettagliata dei modelli utilizzati dagli studenti permette di evidenziare quali referenti concettuali che emergono dalle formule empiriche di Balmer e Rydberg sono stati utilizzati per rappresentare quantitativamente i livelli energetici (Tab. 3).

Sperim.	Num stud.	Livelli					Orbite		Grafico				
		Distanze		Riferimenti			Distanze		Tipo		Riferimenti		
		cost	$1/n^2$	$E < 0$	$E > 0$	Assenti	cost	$1/n^2$	Continuo	discreto	$E < 0$	$E > 0$	Assenti
MA	68 (tutorial)	10	22	19	5	8	2	2	-	-	-	-	-
MB	11 (tutorial)	-	-	1	-	-	1	-	8	-	8	-	-
SC	21 (tutorial)	-	5	1	-	4	4	2	10	1	10	-	1
MOD	24 (tutorial)	-	4	2	-	2	-	-	3	-	-	3	-

Tab. 3. Rappresentazione dei livelli energetici - analisi dettagliata per la definizione operativa delle categorie si veda Fig. 2.

Vari modelli sono presenti (a orbite, a livelli, a grafico) e spesso mancano di riferimenti quantitativi sui valori e sulla scala delle energie, che spesso sono viste come positive. L’assegnazione di significato a valori di energia negativi per un sistema legato va affrontata esplicitamente.

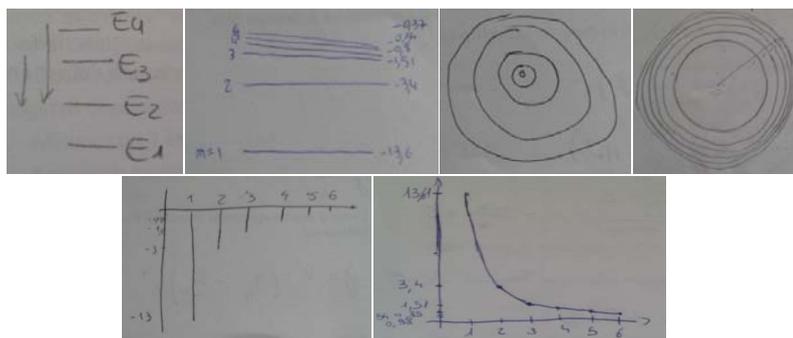


Fig. 2. Analisi dettagliata dei modelli utilizzati dagli studenti, esempi. Da sinistra in alto in senso orario: modello “a livelli” con distanze costanti senza riferimenti; modello “a livelli” con distanze decrescenti (tipo $1/n^2$) e riferimenti alle energie negative; modello “a orbite” con distanze costanti; modello “a orbite” con distanze decrescenti (tipo $1/n^2$); modello “a grafico” continuo e riferimenti alle energie positive; modello “a grafico” discreto e riferimenti alle energie negative.

Nella sperimentazione SEFM è stata esplicitamente indirizzata la questione di che cosa rappresentassero i livelli energetici in un modello atomico, tramite una domanda che presupponesse una risposta verbale piuttosto che grafica. La caratterizzazione dei livelli energetici avviene per lo più tramite una definizione che implica una localizzazione spaziale. Nel pre-test i referenti concettuali sono le orbite (13/32), lo spazio dove risiedono gli elettroni (4/32), gli orbitali (2/32) o la distanza dal nucleo (1/32). Le proprietà degli elettroni in termini di energia (3/32), di eccitazione (3/32) o di energia dell'orbitale di appartenenza (1/32) sono presenti nelle argomentazioni degli studenti, così come interpretazioni in termini di energia caratteristica dei fotoni emessi (1/32) o indirettamente in termini di differenze di energie tra livelli che corrispondono alle energie emesse (1/32). L'analisi del post test ha evidenziato che un'ampia maggioranza di studenti acquisisce competenze nel caratterizzare i livelli atomici in termini di proprietà degli elettroni e di energie caratteristiche piuttosto che in termini di localizzazione spaziale: permangono infatti i referenti concettuali di spazio dove risiedono gli elettroni (4/31), distanza dal nucleo (3/31), orbite (2/31) e orbitali (2/31). Le proprietà degli elettroni sono viste in termini di eccitazione (9/31), energie (5/31), non emissione (4/31) e energie degli orbitali (1/31). Emergono descrizioni in termini di valori di energie che il sistema può assumere (6/31), energie la cui differenza è quella emessa (5/31) o in termini di energia dei fotoni (1/31).

L'utilizzo del referente concettuale “orbita” denota una difficoltà a capire cosa rappresentano i livelli; inoltre gli orbitali sono visti come una distribuzione spaziale piuttosto che come una distribuzione di probabilità.

6. Conclusioni

La proposta didattica sulla spettroscopia ottica qui presentata contribuisce a costruire negli studenti l'identità del fisico, implementando alcuni aspetti storici legati alla storia della spettroscopia a sostegno dei concetti affrontati. Essa è stata progettata, messa a punto e sperimentata in diversi contesti nel quadro di riferimento del Model of Educational Reconstruction (MER) e con metodologie Design-Based Research (DBR).

Il ruolo della storia della fisica nel percorso è stato molteplice e differenziato, in termini di questioni problematiche, quali i ragionamenti di Newton sulla natura della luce bianca, di esperienze narrate per consolidare il ruolo degli spettri nell'analisi di sostanze tramite saggi alla fiamma, di assegnazione di ruolo ai dati sperimentali per porre il problema dell'interpretazione dei meccanismi che emettono luce, di problem solving per la ricerca di interpretazioni nelle formule empiriche di Balmer e Rydberg (RQ1).

Un approccio di tipo storico aiuta gli studenti a superare i principali nodi di apprendimento emersi in letteratura, in particolare il legame concettuale tra emissioni discrete e livelli energetici quantizzati. Strumenti interpretativi, quali le righe come differenze di energia come emergono dalla formula di Balmer-Rydberg, piuttosto che la luce intesa in senso generale di radiazione piuttosto che di fotoni o onde sono utilizzati dagli studenti per interpretare spettri ottici e relativi meccanismi di emissioni alla base (RQ2).

I modelli atomici utilizzati dagli studenti per descrivere l'emissione di radiazione si dividono principalmente nella tipologia "a orbite di Bohr", probabilmente retaggio degli ambienti scolastici e largamente utilizzato per la sua immediata applicabilità e intuitività, e nella tipologia più astratta e generale "a livelli energetici". Riferimenti quantitativi sono spesso assenti e gli studenti si mantengono su un piano qualitativo (RQ3). Emerge la necessità di un approfondimento chiarificatore riguardo le profonde differenze concettuali tra i due modelli; a tal proposito è necessario introdurre nel percorso la trattazione e interpretazione di spettri atomici diversi da quelli caratteristici dell'atomo di idrogeno o di atomi idrogenoidi, in cui la corrispondenza tra orbite e livelli è diretta.

Bibliografia

- Anderson T., Shattuck J. (2012). "Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research?". *Educational Researcher*, 41 (1), pp. 16-25.
- Balmer J.J. (1885). "Notiz uber die Spectrallinien des Wasserstoffs". *Annalen der Physik*, 261 (5), pp. 80-87.
- Banet L. (1970). "Balmer's Manuscripts and the Construction of His Series". *American Journal of Physics*, 38 (7), pp. 821-828.
- Banet L. (1966). "Evolution of the Balmer series". *American Journal of Physics*, 34 (6), pp. 496-503.
- Bardar E.M., Prather E.E., Brecher K., Slater T.F. (2006). "The Need for a Light and Spectroscopy Concept Inventory for Assessing Innovations in Introductory Astronomy Survey Courses". *Astronomy Education Review*, 4 (2), pp. 20-27.
- Behrens C.E. (1943). "Atomic Theory from 1904 to 1913". *American Journal of Physics*, 11, pp. 60-66.

- Bevilacqua F. (1983). *Storia della fisica: un contributo per l'insegnamento della fisica*. Milano: FrancoAngeli.
- Bohr N. (1985). *Rydberg's discovery of the spectral laws*, in Kalckar, J., *Collected works*. 10. Amsterdam: North-Holland Publ. Cy., pp. 373–379.
- Boltzmann L. (1884) “Ableitung des Stefan'schen Gesetzes, betreffend die Abhängigkeit der Wärmestrahlung von der Temperatur aus der electromagnetischen Lichttheorie”. *Annalen der Physik und Chemie*, 258 (6), pp. 291-294.
- Buongiorno D. (2017) “Optical spectroscopy for biotechnology students”. *Il Nuovo Cimento*, 40C (106), pp. 1-12.
- Collins A., Joseph D., Bielaczyc K. (2004). “Design research: Theoretical and methodological issues”. *The Journal of the Learning Science*, 13 (1), pp. 15-42.
- De Maria M., Ianiello M.G. (2006). *Storia e didattica della fisica, strumenti per insegnare*. Roma: Aracne.
- Design-Based Research Collective (2003). “Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry”. *Educational Researchers*, 32 (1), pp. 5-8.
- Di Sessa A. (2004). *Contextuality and coordination in conceptual change*, in Redish E., Vicentini M., *Proceedings of the international School of Physics “Enrico Fermi”*: *Research on Physics Education* (Varenna on Lake of Como, July 15-25, 2003). Amsterdam: IOS Press/Italian Physics Society, pp. 137-156.
- Duit R., Gropengießer H., Kattmann U. (2005). *Towards science education research that is relevant for improving practice: The Model of Educational Reconstruction*, in H. E. Fischer, *Developing Standards in Research on Science Education*. London: Taylor & Francis, pp. 1-9.
- Duit R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek M., Parchmann I. (2012). *The Model of Educational Reconstruction - a framework for improving teaching and learning science*, in Jorde D., Dillon J., *Science Education Research and Practice in Europe*. Rotterdam: Sense Publishers, pp. 13-37.
- Fischer H. E., Klemm K. (2005). “Framework for Empirical Research on Science Teaching and Learning”. *Journal of Science Teacher Education*, 16, pp. 309-349.
- Galili I. (2018). *Scientific Knowledge as a Culture: A Paradigm for Meaningful Teaching and Learning of Science*, in Matthews M.R. (ed.), *History, Philosophy and Science Teaching: New perspectives*. Cham: Springer, pp. 203-234.
- Gilbert J.K., Boulter C., Rutherford M. (1998a). “Models in explanations, part 1: Horses for courses?”. *International Journal of Science Education*, 20 (1), pp. 83-97.
- Gilbert J.K., Boulter C., Rutherford M. (1998b). “Models in explanations, part 2: Whose voice, whose ears?”. *International Journal of Science Education*, 20 (2), pp. 187-203.
- Hindmarsh W.R. (1967), *Atomic Spectra*. Oxford: Pergamon Press.
- Ivanjek L. (2012). *An investigation of conceptual understanding of atomic spectra among university students*. (Ph.D. Thesis). University of Zagreb.
- Ivanjek L., Shaffer P.S., McDermott L.C., Planinic M., Veza D. (2015a). “Research as a guide for curriculum development: An example from introductory spectroscopy. I. Identifying student difficulties with atomic emission spectra”. *American Journal of Physics*, 83 (1), p. 85.
- Ivanjek L., Shaffer P.S., McDermott L.C., Planinic M., Veza D. (2015b). “Research as a guide for curriculum development: An example from introductory spectroscopy. II. Addressing student difficulties with atomic emission spectra”. *American Journal of Physics*, 83 (2), p. 171.

- Kirchhoff G., Bunsen R. (1860). "Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen". *Annalen der Physik*, 186 (6), pp. 161-189.
- Korhasan N.D., Wang L. (2016). "Students' mental models of atomic spectra". *Chemistry Education Research and Practice*, 17, pp. 743-755.
- Lee S. (2002). *Students' understanding of spectra*. (Ph.D. Thesis in Philosophy). Kansas State University.
- Lijnse P.L. (1995). "Developmental research as a way to an empirically based didactical structure of science". *Science Education*, 79, pp. 189-199.
- McDermott L.C. (2006). "Preparing K-12 teachers in physics. Insights from history, experience, and research". *American Journal of Physics*, 74, pp. 758-762.
- Meheut M., Psillos D. (2004). "Teaching-learning sequences". *International Journal of Science Education (IJSE)*, 26 (5), pp. 515-535.
- Michelini M. (2010). *Building bridges between common sense and physics description*, in Menabue L., Santoro G., *New Trends in STE*. Bologna: CLUEB, pp. 257-274.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2016). *Teaching physics in secondary school*, in Kajfasz E., Masson T., Triay R. (eds.), *Proceedings of FFP14* (Marseille, July 15-18, 2014). Marseille: PoS, p. 231.
- Newton I. (1993). "A new theory about light and colors". *American Journal of Physics*, 61 (2), pp. 108-112. Reprint of the first publication (1672).
- Rebello N.S., Cumaranatunge C., Escalada L.T., Zollman D.A., Donnelly D. (1998). "Simulating the spectra of light source". *Computer in Physics*, 12 (1), p. 28.
- Savall-Aleman F., Domènech-Blanco J.L., Guisasola J., Martínez-Torregrosa J. (2016). "Identifying student and teacher difficulties in interpreting atomic spectra using a quantum model of emission and absorption of radiation". *Physics Review ST Physics Education Research*, 12 (1), p. 01013.
- Stefan J. (1879) "Über die Beziehung zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur". *Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, Vienna, 79, pp. 391-428.
- Viennot L. (1996). *Raisonnement en physique*. Paris-Bruxelles: De Boeck Université.
- Zollman D.A., Rebello N.S., Hogg K. (2002). "Quantum mechanics for everyone: Hands-on activities integrated with technology". *American Journal of Physics*, 70 (3), p. 252.

Historical experiences and fundamental concepts of electrostatics

Pietro Cerreta - Associazione ScienzaViva, Centro della Scienza, Calitri (Av) –
pietro.cerreta@tin.it

Abstract: “The Experimental and Historical Foundations of Electricity” is a remarkable book written by André Koch Torres Assis, a Brazilian scholar of History of Physics well-known also in Europe. The aim of the book is to encourage the reader to learn electrostatics through its historical experiments, which everybody can reproduce with their own hands. As a matter of fact, the crucial experiences of scientists such as Gilbert, Fracastoro, Guericke, Fabri, Boyle, Gray, Du Fay, Aepinus, Nollet, etc., can be recreated following its detailed worksheets and by utilizing only commonly used objects. Everyone will be able to retrace the steps of all these scientists’ research, thus discovering the birth and development of the basic concepts of electricity from the sixteenth century to the present-day. Therefore, this volume is a mine of information for those who enjoy investigating the origin of notions which appear at first glance intuitive, such as *conductor* and *insulator*, as well as basic tools used in the past for physical investigation, such as the electric pendulum, the *versorium* and the electroscope. Thanks to AIF, Assis’s book, recently translated by me and others into Italian, is available in our Country. We would like to recommend it to teachers and high school students who wish to acquire both the tangible evidence of phenomena and the historical context where they originated.

Keywords: Amber Effect, Friction, Versorium, Electric Pendulum, ACR Mechanism, Conductors, Insulators, Electrical Conduction.

1. Replicare esperimenti storici con materiali di tutti i giorni

I fondamenti sperimentali e storici dell’elettricità (Assis 2017), recentemente pubblicata dall’AIF (Fig. 1), è la versione italiana del libro *The Experimental and Historical Foundations of Electricity* (Assis 2010), di cui ho curato la traduzione insieme ad altri. Ne è autore André Koch Torres Assis ([Books Published by A.K.T. Assis]), professore di Fisica all’Università di Campinas in Brasile, il quale è conosciuto anche in Europa per i suoi studi di Storia della Fisica.

Il lavoro di Assis è un interessante esempio di come si può combinare la storia con la didattica della fisica. Il testo, infatti, invita il lettore a replicare con le proprie mani gli esperimenti di elettrostatica compiuti secoli fa dagli antichi scienziati. In tal modo, mentre si ripercorrono i passi decisivi da loro compiuti in quel campo, si comprendono meglio i concetti fisici di cui attualmente ci serviamo. I materiali da usare sono le cose di tutti i giorni che, contrariamente a quanto si pensi, sottolinea l’autore, consentono di

«eseguire esperimenti precisi e costruire strumenti scientifici molto sensibili» (Assis 2017, p 9).



Fig. 1. La copertina del libro *I fondamenti sperimentali e storici dell'elettricità*.

Il libro, inoltre, si avvale di ricerche e di suggerimenti raccolti da numerosi esperti, in particolare da John L. Heilbron (principalmente Heilbron 1999).

Vediamo ora le sue caratteristiche. A ciascuno degli esperimenti proposti corrisponde una scheda tecnica molto dettagliata contenente indicazioni utili su cosa adoperare e sulle modalità di allestimento delle esperienze. Altrettanto curate risultano le spiegazioni di quel che accade quando le esperienze vengono eseguite.

Ogni situazione sperimentale è contraddistinta da un numero progressivo. Ciò consente all'autore di richiamarla rapidamente, ogni volta che egli ritiene conveniente tornarci sopra affinché il lettore la confronti con quella in esame. A volte si tratta di piccole ma sostanziali variazioni il cui esame permette di cogliere l'incessante divenire dei risultati nelle indagini degli scienziati che si sono succeduti nel tempo.

Nel corso della traduzione del testo ho verificato personalmente la validità di gran parte di tali schede, a cominciare dalle iniziali, riguardanti il cosiddetto "effetto ambrà" (di cui parla per la prima volta Platone, che è l'analogo del ben noto esperimento con cui si attraggono pezzettini di carta con cannuccie di plastica strofinate tra i capelli), per giungere alle ultime, che trattano della conduzione elettrica. Ho così riscontrato che le indicazioni fornite dall'autore, peraltro sempre corredate da una o più figure esplicative, sono precise e puntuali.

Insomma, il libro offre ai docenti e agli studenti la possibilità di risalire allo sviluppo dei concetti fisici dell'elettricità attraverso un approccio "hands-on" arricchito dalla profondità storica dei contesti esaminati.

2. Gli scienziati dell'elettricità e gli argomenti delle loro ricerche

Per definire sinteticamente l'opera di Assis si può dire che egli ha attualizzato gli esperimenti storici di cui si occupa, alla luce del racconto tratto dalle citazioni originali dei numerosi scienziati che ne furono i protagonisti, tra i quali: G. Fracastoro (1478-1533); W. Gilbert (1544-1603); O. Von Guericke (1602-1686); H. Fabri (1608-1688); R. Boyle (1627-1691); I. Newton (1643-1727); F. Hauksbee (1660-1713); S. Gray (1666-1736); J.T. Desaguliers (1683-1744); C.F. Du Fay (1698-1739); J.A. Nollet (1700-1770); B. Franklin (1706-1790); F.U.T. Aepinus (1724-1802); C.A. Coulomb (1736-1806); A. Volta (1745-1827); A. Bennet (1750-1799); M. Faraday (1791-1867); W. Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907).

In linea di massima, i tentativi eseguiti e i progressi ottenuti da queste personalità del passato durante le loro esplorazioni scientifiche si possono elencare con i seguenti punti:

- Gilbert e alcuni suoi esperimenti elettrici. La nomenclatura di Gilbert: corpi elettrici e non elettrici.
- Il *Perpendicolo* di Fracastoro e il *Versorium* di Gilbert.
- Fabri e Boyle scoprono la mutua azione elettrica.
- Newton e l'elettricità.
- L'esperimento di Guericke con la piuma che cade svolazzando.
- Du Fay riconosce il fenomeno della repulsione elettrica.
- Scaricare un corpo mettendolo a terra.
- Il pendolo elettrico di Gray.
- Il *Versorium* di Du Fay.
- Du Fay scopre il meccanismo di «attrazione, contatto (e carica) e repulsione».
- Il filo pendulo di Gray.
- Il metodo di Hauksbee per la mappatura delle forze elettriche.
- La scoperta di Du Fay dei due tipi di elettricità.
- La serie triboelettrica.
- La variazione della forza elettrica in dipendenza della distanza e della quantità di carica.
- L'elettroscopio.
- Conduttori ed isolanti.
- Gray e la conservazione della carica elettrica.
- Una piccola storia dell'elettroscopio e dell'elettrometro.
- Aepinus e la polarizzazione elettrica.
- Usare la polarizzazione per caricare un elettroscopio.
- Discussione sul pendolo elettrico di Gray.
- Il generatore elettrostatico di Kelvin.
- Scoperta dell'elettrizzazione dei metalli per strofinio nel 1770. Cambiamento di nome e di significato: da «corpi elettrici e non elettrici» di Gilbert a «isolanti e conduttori» di Du Fay e Desaguliers.
- Raccolta dei fatti semplici e primitivi riguardanti il concetto di elettricità. Spiegazione dell'effetto ambr.

È da segnalare un'interessante *Appendice* dedicata a Gray, il grande scienziato britannico che ha scoperto i conduttori e gli isolanti, insieme ad alcune delle loro principali proprietà:

- Il generatore elettrico di Gray.
- Scoperta di Gray su come comunicare elettricità ad un altro corpo senza strofinarlo.
- Esplorazione di tale scoperta e «risveglio» della elettricità nascosta dei metalli.
- Gray scopre i conduttori e gli isolanti.
- Scoperta che ciò che fa comportare un corpo come conduttore o come isolante dipende dalle sue proprietà intrinseche.
- Scoperta che la elettrizzazione può avvenire anche a distanza, cioè per comunicazione.
- L'esperimento del ragazzo sospeso.
- Scoperta che le cariche libere sono distribuite sulla superficie dei conduttori.
- Scoperta del potere delle punte.

Un'ampia bibliografia, infine, conclude il lavoro.

3. Il pendolino, il versorium e l'elettroscopio

Tra le attrezzature che Assis suggerisce al lettore di costruirsi da sé troviamo tre strumenti fondamentali:

- a) il "pendolino elettrico", cioè un dispositivo fatto con cannuce di plastica per bibite, un filo di seta e un dischetto di carta o alluminio attaccato al filo (Fig. 2); il pendolino inclinandosi mostra un'attrazione, una repulsione e in casi particolari addirittura un'oscillazione;
- b) il "versorium", un aggeggio ispirato da Gilbert, simile ad una bussola nella quale al posto dell'ago magnetico è collocata una graffetta per carta o fermacampione con le alette aperte che ruotano e puntano verso il corpo elettrizzato (Fig. 3);
- c) l'"elettroscopio", un cartoncino a cui è attaccata una sottile linguetta di carta velina ed è retto da una cannuccia di plastica; in esso, è la linguetta pendente a muoversi quando con un corpo elettrizzato per strofinio si gratta il bordo superiore del cartoncino, trasferendogli in tal modo l'elettricità distribuita sulla sua superficie. Questo strumento si rivela utilissimo nelle dimostrazioni riguardanti l'esame del comportamento di conduttore ed isolante di un certo materiale, l'induzione, la messa a terra, ecc. (Fig. 4).

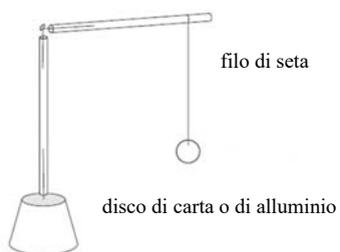


Fig. 2. Il pendolino elettrico. Dall'alto: lo schema grafico del pendolino, la repulsione del disco d'alluminio da una cannuccia elettrizzata con carica dello stesso segno e il meccanismo "attrazione - comunicazione dell'elettricità - repulsione" (ACR).



Fig. 3. Due versorium orientati da una cannuccia elettrizzata.

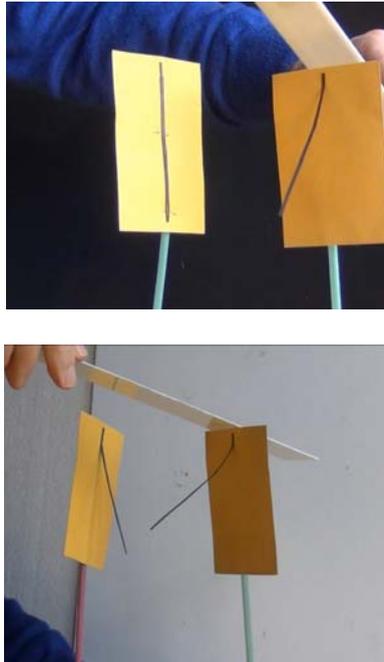


Fig. 4. Elettroscopi. Sopra: carica dell'elettroscopio mediante un righello elettrizzato e deviazione della strisciolina; sotto: attrazione delle striscioline di elettroscopi contigui.

Le immagini precedenti danno un'idea del funzionamento delle attrezzature suggerite da Assis. Per vederle in azione si suggerisce di guardare i seguenti video pubblicati sul sito di ScienzaViva: [Pendolini elettrici], [Versorium], [Due versorium], [Elettroscopi].

4. Verifica delle proprietà di conduttore ed isolante dei materiali comuni

Un'interessante indagine empirica proposta dal libro è quella riguardante la verifica del comportamento da conduttore o da isolante di vari materiali, mediante l'uso degli elettroscopi di cui si è detto (Fig. 5). Si apprendono così cose sorprendenti: uno spiedo di legno, ad esempio, si comporta come conduttore ad alte differenze di potenziale ed invece da isolante a tensioni molto basse. La conclusione di Assis è la seguente:

I concetti di *conduttori* e *isolanti* sono relativi. Ciò significa che materiali come vetro e legno che si comportavano come conduttori negli esperimenti usuali di elettrostatica, ora si comportano come isolanti quando sono sottoposti ad una differenza di potenziale di 1,5 V. Non entreremo nei dettagli qui, ma in elettrostatica è comune lavorare con differenze di potenziale che vanno da 1000 volt a 10000 volt [...]. La differenza di potenziale a cui ci si riferisce qui è quella tra il corpo carico (come un pezzo di plastica strofinato o un elettroscopio carico) e il suolo; o tra le estremità di

un corpo (quando si vuole verificare se questo corpo si comporta come conduttore o isolante). In questi casi, la maggior parte dei materiali si comportano come conduttori [...]. La differenza di potenziale generata tra i poli di comuni pile o batterie chimiche, invece, è molto più bassa, dal momento che varia tra 1 e 10 V. Per queste basse differenze di potenziale molti materiali come legno, carta, gomma, e vetro, si comportano come isolanti. Questo dimostra che dobbiamo essere molto attenti a classificare gli oggetti come conduttori o isolanti (Assis 2017, p 125).

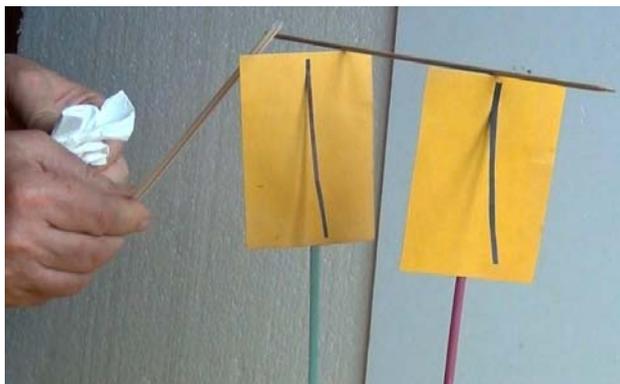


Fig. 5. Adoperando due elettroscopi, si prova che lo spiedo di legno si comporta da conduttore, infatti le linguette dei due elettroscopi sono entrambe sollevate.

Ho proposto alcuni esperimenti del libro di Assis nel corso di “Science on Stage”, un festival della didattica europea che si è svolto l’anno scorso a Debrecen, Ungheria. Dopo aver collocato su un tavolo una serie di elettroscopi di cartoncino e vari oggetti di uso comune: fili di rame e di ferro, righe di plastica, mine di grafite, spiedi di legno, cannuccie da bibita, bacchette di vetro ecc., ho lasciato che i visitatori, 450 docenti di trenta nazioni, verificassero il comportamento da conduttore o da isolante di questi oggetti, con le tensioni tipiche dei fenomeni elettrostatici provocati dal tradizionale strofinio. L’esperienza è stata molto apprezzata. Il video [Rubbing] mostra alcune scene delle attività proposte al pubblico.

5. Un nuovo volume di Assis con gli esperimenti di Volta, Faraday, ecc.

Abbiamo appreso la notizia che Assis è in procinto di pubblicare un secondo volume (Assis, 2018) sull’elettricità, nel quale, come aveva in precedenza annunciato, si occuperà:

Di scintille e scariche, del potere delle punte, del vento elettrico, dell’elettroforo di Volta, della bottiglia di Leida, della gabbia di Faraday, di Gray e della conservazione delle cariche elettriche, della longevità dell’elettrizzazione di oggetti o di come immagazzinare l’elettricità per un lungo periodo, della legge di Ohm, dell’elettrizzazione per contatto/rotazione/separazione, dei generatori di carica, degli elettretti,

della capacità e della distribuzione di carica tra conduttori, dell'elettricità atmosferica, delle figure di Lichtenberg, ecc.

Noi di ScienzaViva immaginiamo poter ancora una volta utilizzare i contenuti di questo nuovo libro di Assis nelle nostre attività dimostrative, avvalendoci del consueto approccio "hands-on" che attualizza gli esperimenti storici della fisica.

Bibliografia

- Assis A.K.T. (2017). "I fondamenti sperimentali e storici dell'elettricità". *Quaderno 26*, 50 (2) Supplemento.
- Assis A.K.T. (2010). *The Experimental and Historical Foundations of Electricity*, Montreal: Apeiron.
- Heilbron J.L. (1999). *Electricity in the 17th and 18th Centuries - A study in Early modern Physics*. New York: Dover.

Sitografia

- Assis A.K.T. (2017). *I fondamenti sperimentali e storici dell'elettricità* [online]. URL: <<https://www.aif.it/indice-rivista/quaderno-26/>>; <<http://www.scienzaviva.it/old/articoli/2018/Libro%20Assis%20Elettricit%C3%A0.pdf>> [data di accesso: 22/06/2019].
- Assis A.K.T. (2010). *The Experimental and Historical Foundations of Electricity* [online]. URL: <<http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Electricity.pdf>> [data di accesso: 18/02/2019].
- [Books Published by A.K.T. Assis]. URL: <<https://www.ifi.unicamp.br/~assis/books.htm>> [data di accesso: 18/02/2019].
- [Due versorium]. URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=KmZdSRzYvwI&list=PL8CQw6pxTXg7JwynuKYbvovRmGD6i0Y2&index=4>> [data di accesso: 22/06/2019].
- [Elettroscopi]. URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=IYN7249hWro&t=4s>> [data di accesso: 22/06/2019].
- [Pendolini elettrici]. URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=ye0If9qU6FY&list=PL8CQw6pxTXg7JwynuKYbvovRmGD6i0Y2&index=6>> [data di accesso: 22/06/2019].
- [Rubbing]. URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=pdoZiY0gSmU&t=10s>> [data di accesso: 22/06/2019].
- [Versorium]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=_6PGV_4ABDw&list=PL8CQw6pxTXg7JwynuKYbvovRmGD6i0Y2&index=2> [data di accesso: 22/06/2019].

SISFA – Società Italiana degli Storici della Fisica e dell’Astronomia
Proceedings of the 37th Annual Conference – Bari 2017

Edited by Benedetta Campanile, Lucia De Frenza, Augusto Garuccio

Abstract

The XXXVII SISFA Congress continues the tradition of the annual conferences offering numerous talks dealing with the history of physics and astronomy, also in connection with the general history of science and culture and with the applications of this kind of research in the areas of science education, science communication and museum exhibitions.

A Topical session will focus on the figure and scientific legacy of Franco Selleri (Bologna, 9 October 1936 - Bari, 20 November 2013), one of the pioneers in Italy and abroad of research on the foundations of quantum mechanics and relativity.

The Congress includes also a Panel discussion exploring the role of the history and didactics of physics and astronomy in the formation of future science teachers. This initiative has been stimulated by the recent changes in the legislation regulating the access and training courses for secondary school teachers. The discussants belong to distinguished institutions variously interested and involved in the new course.

***Benedetta Campanile**, graduated in Computer Science in Bari, she received a master’s degree in Color and Communication, and in Quantitative and IT methods to support economic decisions and a Phd in History of Science. She is currently in charge of the Multimedia Laboratory of Scientific Museology and of the Laboratory of Computer Epistemology of the Seminario di Storia della Scienza. She is part of the editorial secretariat of the “Parmenide” series, published by Aracne, Rome, since 2014. She has been on the organizing committee of various conferences and exhibitions. She deals with the history of institutions, the history of information technology, the history of physics and scientific communication.*

E-mail: benedetta.campanile@uniba.it

***Lucia De Frenza**, Lucia De Frenza has a degree in Philosophy and has a PhD in History of Science. She currently works at the Seminario di Storia della Scienza of the University of Bari “Aldo Moro”. She is part of the editorial secretariat of the “Parmenide” series, published by Aracne. He has collaborated in various research projects and the organization of conferences and exhibitions. She deals with the history of electrical theories in the seventeenth and nineteenth centuries, history of physics, history of institutions and scientific communication in the twentieth century.*

E-mail: lucia.defrenza@uniba.it

***Augusto Garuccio**, Full Professor of the FIS/08 sector (Didactics and History of Physics) at the Physics Department of the University of Bari Aldo Moro. From 2007 to 2013 he was President of*

the Scientific Committee of the Centro Interdipartimentale di Servizi per la Museologia Scientifica of the University of Bari; currently he is President of the Sistema museale d'Ateneo. From 2015 to 2017 he was Director of the Seminario di Storia della Scienza. He has studied various aspects of the physical problems related to the Fundamentals of Quantum Mechanics; facing in the early years mainly theoretical issues, then analyzing also the experimental aspects. In recent years he has been interested in the historical didactic aspects connected with this problem and with themes related with the university scientific museology.

E-mail: augusto.garuccio@uniba.it

**SISFA – Società Italiana degli Storici della Fisica e dell’Astronomia
Proceedings of the 37th Annual Conference – Bari 2017**

A cura di Benedetta Campanile, Lucia De Frenza, Augusto Garuccio

Abstract

Il XXXVII Congresso SISFA continua la tradizione delle conferenze annuali offrendo numerose discussioni che riguardano la storia della fisica e dell’astronomia, anche in collegamento con la storia della scienza e della cultura e con le applicazioni di queste ricerche nel campo della didattica, della comunicazione della scienza e delle mostre scientifiche.

Una sessione specifica tratta la figura e l’eredità scientifica di Franco Selleri (Bologna, 9 ottobre 1936-Bari, 20 novembre 2013), uno dei pionieri in Italia e all’estero della ricerca sui fondamenti della meccanica quantistica e della relatività.

È presente anche una tavola rotonda sul ruolo della storia e della didattica della fisica e dell’astronomia nella formazione dei futuri docenti di materie scientifiche.

Questa parte è stata stimolata dai recenti cambiamenti nella legislazione che regola l’accesso e i corsi di formazione per gli insegnanti della scuola secondaria. I relatori appartengono a istituzioni rinomate variamente interessate e coinvolte in questa nuova realtà.

***Benedetta Campanile** è laureata in Informatica a Bari, ha conseguito i master in Colore e Comunicazione e in Metodi quantitativi e informatica a supporto delle decisioni economiche e il dottorato in Storia della scienza. Attualmente è responsabile del Laboratorio Multimediale di Museologia Scientifica e del Laboratorio di Epistemologia Informatica del Seminario di Storia della Scienza. Fa parte della segreteria di redazione della Collana “Parmenide”, edita da Aracne, Roma, dal 2014. Ha fatto parte del comitato di organizzazione di diversi convegni e mostre. Si occupa di storia delle istituzioni, storia dell’informatica, storia della fisica e di comunicazione scientifica.*

E-mail: benedetta.campanile@uniba.it

***Lucia De Frenza** è dottore di ricerca in Storia della scienza e in organico presso il Seminario di Storia della Scienza dell’Università di Bari “Aldo Moro”. Fa parte della segreteria di redazione della Collana “Parmenide”, edita da Aracne. Ha collaborato a diversi progetti di ricerca e all’organizzazione di convegni e mostre. Si occupa di storia delle teorie elettriche nel XVII e XIX secolo, di storia della fisica, di storia delle istituzioni e della comunicazione scientifica nel XX secolo.*

E-mail: lucia.defrenza@uniba.it

***Augusto Garuccio** è professore ordinario del settore FIS/08 (Didattica e Storia della Fisica) presso il Dipartimento Interateneo di Fisica dell’Università di Bari Aldo Moro. Dal 2007 al 2013 è stato presidente del Comitato scientifico del Centro Interdipartimentale di Servizi per la Museologia*

Scientifica dell'Università di Bari; attualmente è presidente del Sistema museale d'Ateneo. Dal 2015 al 2017 è stato direttore del Seminario di Storia della Scienza Ha studiato vari aspetti delle problematiche fisiche legate ai Fondamenti della Meccanica Quantistica; affrontando nei primi anni temi prevalentemente teorici, poi analizzandone anche gli aspetti sperimentali. In anni recenti si è interessato degli aspetti storico didattici connessi con tale problematica e di problemi connessi con la museologia scientifica universitaria.

E-mail: augusto.garuccio@uniba.it