

Atti

SISFA 2018



XXXVIII Congresso Nazionale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia Messina 3-6 ottobre 2018

Accademia Peloritana dei Pericolanti Piazza Pugliatti, 1 - 98122 Messina



Università di Messina



Planetario Pythagoras - Reggio Calabria



SISFA Advisory Committee:

Fabrizio Bonoli (Università di Bologna); Paolo Brenni (NRC - Firenze, FST - Firenze); Danilo Capecchi (Sapienza - Università di Roma); Salvatore Esposito (INFN di Napoli); Lucio Fregonese (Università degli Studi di Pavia); Luca Guzzardi (Università degli Studi di Milano); Roberto Mantovani (Università degli Studi di Urbino Carlo Bo); Angelo Pagano (INFN di Catania); Pasquale Tucci (Università degli Studi di Milano)

Local Organizing Committee:

Gaetano Agnello (INFN - LNS); Giacomo Cuttone (INFN - LNS); Fortunato Neri (UniMe and Accademia Peloritana dei Pericolanti); Giuseppina Immè (UniCT and PLS); Enrico Giannetto (UniBg); Antonio Insolia (UniCT and INFN - CT); Antonio Italiano (INFN - CT); Renato Migliorato (UniMe and SISFA); Angela Misiano (Planetario Pythagoras and SAIT RC); Angelo Pagano (INFN - CT and SISFA); Sara Pirrone (INFN - CT and SIF); Santo Reito (INFN - CT); Alessia Tricomi (UniCT and CSFNSM); Antonio Trifirò (UniMe and INFN - CT); Marina Trimarchi (UniMe and INFN - CT).

Topics:

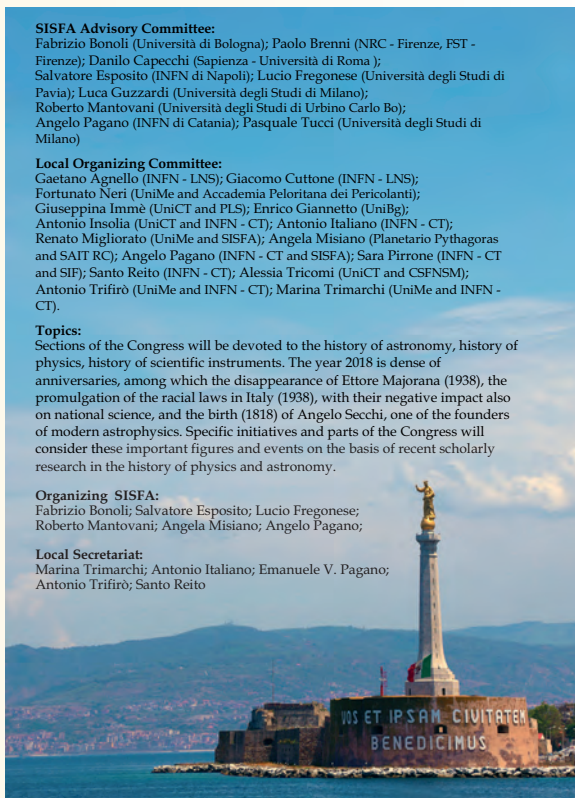
Sections of the Congress will be devoted to the history of astronomy, history of physics, history of scientific instruments. The year 2018 is dense of anniversaries, among which the disappearance of Ettore Majorana (1938), the promulgation of the racial laws in Italy (1938), with their negative impact also on national science, and the birth (1818) of Angelo Secchi, one of the founders of modern astrophysics. Specific initiatives and parts of the Congress will consider these important figures and events on the basis of recent scholarly research in the history of physics and astronomy.

Organizing SISFA:

Fabrizio Bonoli; Salvatore Esposito; Lucio Fregonese; Roberto Mantovani; Angela Misiano; Angelo Pagano;

Local Secretariat:

Marina Trimarchi; Antonio Italiano; Emanuele V. Pagano; Antonio Trifirò; Santo Reito



"Il Porto di Messina"



Società Italiana degli Storici
della Fisica e dell'Astronomia

Atti del XXXVIII Convegno annuale
Proceedings of the 38th Annual Conference

a cura di / *edited by*

Salvatore Esposito, Lucio Fregonese, Roberto Mantovani



Atti del 38. Convegno annuale / Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia ; a cura di Salvatore Esposito, Lucio Fregonese, Roberto Mantovani = Proceedings of the 38th Annual Conference / Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia ; edited by Salvatore Esposito, Lucio Fregonese, Roberto Mantovani. – Pavia : Pavia University Press, 2020. – XVII, 276 p. : ill. ; 24 cm (Scientifica. Atti)

<http://archivio.paviauniversitypress.it/oa/9788869520594>

ISBN 9788869520587 (brossura)

ISBN 9788869520594 (e-book PDF)

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

© 2020 Pavia University Press, Pavia

ISBN: 978-88-6952-058-7

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: *Accademia Peloritana dei Pericolanti (Sala dell'Accademia), Messina*

Prima edizione: maggio 2020

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
SCIENCE AND SOCIETY BETWEEN THE XVII AND THE XVIII CENTURY	
With the eyes of the witness: <i>Poli's Engine</i> for the King of Naples	
Salvatore Esposito.....	3
From Gilbert's magnetism to the Electric Universe: understanding the genealogy of a pseudoscientific theory	
Roberto Paura.....	11
Two Neapolitan scientists in the XVIII century: Felice Sabatelli and Nicola Maria Carcani	
Luca Santoro.....	17
HISTORY AND SCIENCE IN THE XX CENTURY	
1937: Palermo. The discovery of technetium	
Aurelio Agliolo Gallitto, Ileana Chinnici, Roberto Zingales.....	25
Eugenio Fubini from "Ferret" electronic systems to IBM: The battle for US electronics supremacy	
Benedetta Campanile.....	35
The explicit use of symmetry as a principle. Study of the symmetry notion as a metalanguage term in relativistic physics	
Ruth Castillo.....	43
The role of three female scientists in the discovery of nuclear fission	
Giorgio Dragoni, Paolo Cinti.....	51

Searching for a response: Feynman’s work on the amplifier theory	
Marco Di Mauro, Salvatore Esposito, Adele Naddeo.....	59
Dirac’s quantization improved by Morchio & Strocchi to an algebraic structure founding both classical mechanics and quantum mechanics	
Antonino Drago.....	65
Why did Ettore Majorana invent the “Majorana Neutrino” and is the Neutrino really “Majorana”?	
Amand Faessler.....	75
Portrait of an antifascist: the mathematician Giulio Bisconcini	
Adele La Rana.....	81
The first fifty years of the Italian National Institute for Nuclear Physics in Naples	
Giovanni La Rana.....	91
The first fifty years of Computing at the INFN in Naples. History and images, from 1963 to 2013	
Paolo Mastroserio.....	99
Guglielmo Marconi and wireless telegraphy	
Renato Pucci, Giuseppe Angilella.....	105
The epistemological and scientific legacy of René Thom’s thought	
Arcangelo Rossi.....	109
The effects of the racial laws on Physics	
Paolo Rossi.....	115
Mario and Lamberto Allegretti. The eventful life of two Pisan physicists	
Paolo Rossi.....	123
Electricity in Lecce. An ignored story	
Livio Ruggiero.....	133
Gleb Wataghin and the Department of Physics of the University of São Paulo: between Italian and Russian nationalities in times of hostility (1934-1949)	
Luciana Vieira Souza da Silva.....	141

SCIENTIFIC INSTRUMENTS AND COLLECTIONS

The Physics Laboratory of the Liceo “G. Seguenza” in Messina

Vincenzo Caruso, Giovanni Florio, Letteria Leonardi..... 149

Palmieri’s diagometer. A scientific instrument useful to detect adulteration in olive oil

Rosanna Del Monte, Azzurra Auteri..... 155

Macedonio Melloni’s induction electrometer

Lucia De Frenza..... 163

3D scientific cultural heritage: stereoscopic images of the early twentieth century

Giovanna Federico, Donata Rindone..... 171

An astrolabe of Gualterus Arsenius and some gnomonic instruments found in the warehouses of Ursino Castle in Catania (Sicily)

Andrea Orlando..... 181

The spectroscope *de poche* source of Angelo Secchi’s stellar spectroscopy research

Lino Colombo..... 189

Angelo Secchi and the “Mean Time”

Maria Luisa Tuscano..... 195

HISTORY AND ASTRONOMY

Italian astronomers @ IAU: the contribution and the role of the Italian astronomers inside IAU from the foundation to the second post-war period

Antonella Gasperini, Valeria Zanini, Mauro Gargano..... 205

Back to the origins: science and astronomy before history

Eleonora Loidice..... 215

***Sotto lo stesso cielo?* Italian astronomers affected by the racial laws: the Sicilian case**

Agnese Mandrino, Fabrizio Bònoli..... 223

TEACHING HISTORY OF PHYSICS

Models of mechanisms for teaching and experimental activity

Marco Ceccarelli.....237

HistorY and Physics Experience. The students' contribution in the great debate

Mattia Ivaldi.....249

The School of History of Physics as a tool for cultural development and dissemination

Edoardo Piparo.....257

Galileo's Free Fall into History of Physics & Nature of Science Teaching

Raffaele Pisano, Vincenzo Cioci.....263

Notes on discoveries of gravitational waves as new History of Physics frontier research programme

Raffaele Pisano, Philippe Vincent.....271

Abstract.....277

Introductory remarks

The Proceedings of the 38th SISFA Congress include contributions touching a number of key topics in the history of physics and astronomy, ranging from antiquity to the 20th century. Instruments, collections and the interplay between the history of science and education are also among the various subjects addressed.

The year 2018 was particularly dense of important anniversaries, among which the disappearance of Ettore Majorana (1938), the negative impact on science of the racial laws promulgated in Italy (1938), and the birth of Angelo Secchi (1818), one of the founders of modern astrophysics. Specific Topical sessions examined these important figures and events on the basis of up-to-date scholarly research.

One among the significant moments of the Congress was the awarding of the 1st SISFA Best Paper Prize, dedicated to young scholars working in the areas of the history of physics and astronomy. The presentation and discussion of the 2018 *HYPE – History and Physics Experience*, held in May by the Italian and the International Associations of Physics and History Students (AISF, IAPS, ISHA), was another such moment, witnessing the remarkable cultural interest of the younger generations for the history of physics.

The publication of the Proceedings is the final achievement of the Congress and we hope that it will stimulate the interest of scholars devoting their activity to the history of physics and astronomy.

The realization of the Congress and the Proceedings greatly benefited from the support and cooperation at various levels of the local institutions involved, which we publicly want to thank: *Accademia Peloritana dei Pericolanti*, Messina; *Università di Messina – Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra*; *INFN – Sezione di Catania*; *INFN – Laboratori Nazionali del Sud*; *Piano Lauree Scientifiche – Fisica*; *Planetario Pythagoras – SAIIt Sezione Calabria*; *Centro Siciliano di Fisica Nucleare e Struttura della Materia*.

On behalf of the Organizing Committee
Lucio Fregonese – SISFA President
Angelo Pagano – INFN - Sezione di Catania and SISFA

38th National Congress of the Italian Society for the History of Physics and Astronomy

Messina, October 3-6, 2018

Programme

Wednesday, 3 October 2018: Accademia Peloritana dei Pericolanti

8:00 Registration

8:50 Introduction: Angelo Pagano

9:00 Opening remarks by institutional representatives

OPENING LECTURES

9:20 **Robert Iliffe** - *The evolution of Newton's scientific method*

10:00 **Fabio Bevilacqua** - *Theoretical and experimental formulations of "energy" conservation and their historiography*

10:25 **Marco Ceccarelli** - *Models of mechanisms for teaching and experimental activity*

10:50 **Paolo Rossi** - *Gli effetti delle leggi razziali sulla Fisica italiana*

11:15 **Agnese Mandrino, Fabrizio Bònoli** - *Sotto lo stesso cielo? Gli astronomi italiani colpiti dalle leggi razziali; il caso siciliano*

11:40 COFFEE BREAK

SESSION: GENERAL

12:00 **Andrea Rapisarda** - *From the discovery of Deterministic Chaos to the new Science of Complexity*

12:25 **Danilo Capecchi** - *The role of force in d'Alembert and Euler*

12:45 **Danilo Capecchi, Antonino Drago** - *A comparison between Lagrange's Mechanics and Hamilton's Mechanics*

13:05 **Adele La Rana** - *Portrait of an antifascist: the mathematician Giulio Bisconcini*

13:25 LUNCH BREAK

15:00 **Joel Pouthas** - *From open science to military secrets: the first years of nuclear fission*

15:25 **Antonella Gasperini, Mauro Gargano, Valeria Zanini** - *Italian astronomers @ IAU: the contribution and the role of the Italian astronomers inside IAU from the foundation to the second post-war period*

- 15:45 **Marco Di Mauro, Salvatore Esposito, Adele Naddeo** - *Searching for a response: Feynman's work on the amplifier theory*
- 16:05 **Giorgio Dragoni, Paolo Cinti** - *On the background of the formation of great physicists of the past (James C. Maxwell and A. Righi), the experimental "ways" with which Righi confirmed the electromagnetic theory of light*
- 16:25 **Luciana Vieira Souza da Silva** - *Gleb Wataghin and the Department of Physics of University Of São Paulo: between Italian and Russian nationalities in times of hostility (1934-1949)*
- 16:45 COFFEE BREAK
- 17:00 **Paolo Rossi** - *Mario e Lamberto Allegretti: la vita complicata di due fisici pisani*
- 17:20 **Arcangelo Rossi** - *The Epistemological and Scientific Legacy of René Thom's Thought*
- 17:40 **Gianluca Introzzi** - *Ninety-One Years of Uncertainty*
- 18:00 **Angela Laurora, Augusto Garuccio** - *Scientific correspondence between John Bell and Rudolf Peierls: four unpublished letters*
- 18:20 **Antonino Drago** - *Strocchi's revisiting Dirac's Quantization according to the C* algebraic Approach*
- 18:40 **Roberto Paura** - *From Gilbert's magnetism to the Electric Universe Theory: understanding the genealogy of a pseudoscientific idea*
- 19:00 **Giancarlo Albertini, Anna Siculo** - *Einstein, the Principio di meccanica numerica by Carlo Grillo and the archive of Princeton University*

WELCOME COCKTAIL

Thursday, 4 October 2018: Reggio Calabria - Planetarium Pythagoras

- 8:30 Departure to Reggio Calabria
- 10:00 Visit of the Reggio Calabria Archaeological Museum (Bronzi di Riace)
- 12:30 LUNCH BREAK
- SESSION: ASTRONOMY AND INSTRUMENTATION 14:30 **Eugenio Coccia** - *Nascita di una nuova astronomia*
- 15:10 **Angela Misiano** - *Presentazione Astronomia - SAIIt Calabria*
- 15:35 **Roberto Mantovani** - *And Yet it Moves: The Foucault Pendulum in Italy*
- 15:55 **Raffaele Pisano, Philippe Vincent** - *Reading the Discoveries of Gravitational Waves as New History of Physics Research Programme*

- 16:15 **Andrea Orlando** - *Un astrolabio di Gualterus Arsenius ed alcuni strumenti gnomonici Ritrovati nei magazzini del Castello Ursino di Catania*
- 16:35 COFFEE BREAK
- SESSION: ANGELO SECCHI
- 16:50 **Ileana Chinnici** - *Angelo Secchi: Recent biographical studies*
- 17:15 **Paolo Brenni** - *Il Metereografo di Padre Angelo Secchi*
- 17:40 **Maria Luisa Tuscano** - *Angelo Secchi and the Mean Time*
- 18:05 **Piercarlo Bonifacio, Ileana Chinnici** - *Rediscovering the memories of Angelo Secchi on the prismatic spectra*
- 18:30 **Lino Colombo** - *The spectroscope “de poche” source of Angelo Secchi’s stellar spectroscopy research*
- 18:50 **Salvatore Esposito** - *With the eyes of the witness: Poli’s Engine for the King of Naples*
- 20:00 SOCIAL DINNER

Friday, 5 October 2018: Accademia Peloritana dei Pericolanti

SESSION: ETTORE MAJORANA

- 9:00 **Erasmus Recami** - *Una introduzione a vita e opere di Ettore Majorana*
- 9:40 **Francesco Guerra** - *Enrico Fermi: miracoli a via Panisperna*
- 10:05 **Amand Faessler** - *Why did Ettore Majorana invent the “Majorana Neutrino” and is it really “Majorana”?*
- 10:30 **Giacomo Cuttone** - *The Numen project*
- 10:50 COFFEE BREAK
- 11:05 **Frank Close** - *Half Lives the mysterious disappearances of Pontecorvo and Majorana*
- 11:30 **Nadia Robotti** - *Emilio Segrè, Enrico Fermi, Bruno Pontecorvo verso l’America*
- 11:55 **Ennio Arimondo** - *Ettore Majorana e l’introduzione del processo di autoionizzazione nella Fisica Atomica*
- 12:20 **Mario Casella** - *Ettore Majorana, the mathematician: Notes on the Logarithm Integral*
- 12:45 OPEN DISCUSSION
- 13:20 LUNCH BREAK

SESSION: SISFA BEST PAPER PRIZE AND OUTREACH

- 14:45 **Alexander Blum**, SISFA BEST PRIZE 2017 - *How quantum field theory became a theory of scattering*
- 15:10 **Flavio Del Santo**, SPECIAL MENTION SISFA BEST PAPER PRIZE 2017 - *Karl Popper's contribution to the foundation of Quantum Mechanics*
- 15:30 **Mattia Ivaldi, Alessandra Amosso** - *History and Physics Experience: the students' Contribution in the great debate*

SESSION: SCIENTIFIC HERITAGE; INSTRUMENTS AND OUTREACH

- 15:55 **Giovanni La Rana** - *The first fifty years of the Italian National Institute for Nuclear Physics In Naples*
- 16:15 **Paolo Mastroserio** - *The first fifty years of Computing at the INFN in Naples. History and images from 1963 to 2013*
- 16:35 **Luigi Romano, Augusto Garuccio** - *Peripheral model and one pion exchange model. Franco Selleri and his research on particle physics: 1958-1969*
- 16:55 COFFEE BREAK
- 17:15 **Vincenzo Cioci, Raffaele Pisano** - *Galileo's free fall into History Physics and Nature of Science teaching*
- 17:35 **Azzurra Auteri, Rosanna Del Monte** - *Palmieri's diaphragm: a scientific instrument useful to product sector*
- 17:55 **Azzurra Auteri, Rosanna Del Monte** - *Study of a "new sounding line" of Professor P.A. de Luca*
- 18:15 SISFA GENERAL ASSEMBLY

Saturday, 6 October 2016: Accademia Peloritana dei Pericolanti

CONCLUSIVE SESSION: GENERAL

- 9:00 **Roberto Zingales, Ileana Chinnici, Aurelio Agliolo Gallitto** - *1937, Palermo: la scoperta del tecnizio*
- 9:25 **Renato Pucci** - *Guglielmo Marconi*
- 9:45 **Renato Migliorato** - *On the Tracks of a Scientific Paradigm*
- 10:05 **Giuseppe Boscarino** - *D'Alembert or On the good physics*
- 10:25 **Aldo Altamore** - *Gli strumenti scientifici di Angelo Secchi*
- 10:45 COFFEE BREAK

CONCLUSIVE SESSION: INSTRUMENTATION AND DIDACTICS

- 11:00 **Benedetta Campanile** - *Eugene Fubini: from "ferret" systems to IBM*
- 11:20 **Lucia De Frenza** - *The induction electrometer in the nineteenth century Italian physics*
- 11:40 **Eleonora Loiodice** - *Back to the origins: science and astronomy before history*
- 12:00 **Vincenzo Caruso, Giovanni Florio, Letteria Leonardi** - *Il laboratorio di fisica del liceo "Sequenza" di Messina*
- 12:20 **Giovanna Federico** - *Scientific Cultural Heritage in 3D: The Stereo Images of the early 20th Century at the scientific museum of the high school "G. Garibaldi" in Palermo*
- 12:40 **Giuseppina Immè** - *Il progetto RadioLab per le scuole*
- 13:00 LUNCH BREAK
- 14:30 **Ruth Castillo** - *Symmetry in Physics: Proportion and Harmony to the term of Metalanguage*
- 14:50 **Edoardo Piparo** - *The Schools of History of Physics as a tool for cultural development and dissemination*
- 15:10 **Luca Santoro** - *Two Neapolitan scientists in the XVIII century*
- 15:30 **Angelo Pagano** - *The Majorana last paper: statistics and social impact*
- 15:50 *Congress ending remarks*

SCIENCE AND SOCIETY
BETWEEN THE XVII AND THE XVIII CENTURY

With the eyes of the witness: *Poli's Engine* for the King of Naples

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

Abstract: Following the recent retrieval of unknown archival documents, I will discuss in some detail the intriguing story of the so called *Poli's Engine*, that is a steam engine based hydraulic pump developed by Boulton and Watt in Birmingham upon the request of Giuseppe Saverio Poli, who was charged by the King of Naples, Ferdinand IV of Bourbon, to acquire a pump in order to irrigate the fields in his meadow in Carditello. The documents of the Boulton & Watt Collections retrieved in Birmingham allow a thorough reconstruction of the building and functioning of that engine, to which Poli played a direct role. That story unveils that, contrary to what claimed in the literature, the first introduction in Italy of the most important technological innovation of the XVIII century did not take place with the construction of the first steamship of the Mediterranean Sea, but rather 30 years before that, thanks to the incomparable work of Giuseppe Saverio Poli. The tragic epilogue of *Poli's engine* testifies for its vanishing in the historical memory.

Keywords: Giuseppe Saverio Poli, James Watt, Matthew Boulton, Jesse Ramsden, Kingdom of Naples, steam engine, Carditello.

1. Introduction

Among the most important states of the XVIII century's Europe, the Bourbon Kingdom of Naples played a unique and incomparable role for Italy and the entire Mediterranean area during Enlightenment. Indeed, once the that Kingdom became fully independent of the same Bourbons ruling Spain, a number of important plans were developed and carried out, such as the building of novel royal residences, public works and factories. Such projects required the investment of considerable economic resources, which, in addition to obvious architectural aspects, served to solve also important complementary problems such as, for example, water supply.

One of the most important works of this epoch was certainly the realization of the *Acquedotto Carolino* – honoring the name of the Enlightened King Charles III of Bourbon with a building magnificence directly inspired to ancient Romans, as well as to that of the coeval aqueduct built by Louis XIV for Paris – planned to supply with water the *Belvedere di San Leucio*, a Royal Palace near Caserta. Equally important – but certainly far less famous – for the significant works of hydraulic engineering realized was the

Real Sito di Carditello, another Royal Estate built in the second half of the XVIII century by Ferdinand IV near Capua and serving as a farm house. Practically unknown is the key man for such realization, and who was the very author of the introduction in the Kingdom of Naples (and, more in general, in Italy) of the certainly most important technological innovation of that epoch – Watt’s *steam engine*. His name is nowadays known practically only to natural scientists (and to few historians of physics), although Giuseppe Saverio Poli was one of the most influential figures of the Kingdom of Naples between the end of the XVIII and the beginning of the XIX century. 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, as recalled above, one of the most important ones in Europe).

In the present paper, we will describe in full detail just one representative example of such penetration of the scientific revolution in the Kingdom of Naples, which is not at all known in the literature. Indeed, the introduction in Italy of the technological prodigy of the XVIII century – the steam engine – is usually dated to 1818, when the first steamship of the Mediterranean Sea was built (again, in the renamed Kingdom of the Two Sicilies). However, as we will see, the steam engine was introduced in Naples just 30 years *before* that event, and the related story is a really fascinating piece of the history of that Kingdom, as well important for the history of Watt’s steam engine.

In the following Section, we will give quite a detailed account on the story of Poli’s engine, while in Section 3 we describe the technological innovation brought by Watt in that engine. Finally, in Section 4, the tragic epilogue, causing even the cancelling of the historical memory of such episode, is highlighted, along with few other concluding remarks.

2. From England to Italy

The Royal Estate of Carditello, near Capua, was practically a farm for the use of Ferdinand IV of Bourbon, King of Naples. Its origins traced back to 1745, when Charles III of Bourbon (the father of Ferdinand) implanted a horse farm in the forests and marshes of the *Real Difesa di Carditello*. The works for Ferdinand’s farm were completed in 1785, but very soon the problem of irrigating the fields of the Royal Estate emerged, and the same Ferdinand IV did not hesitate to assign such a problem to the reliable Court man and scientist Poli, who then immediately thought of contacting an old acquaintance of his in England.

Poli visited England at the end of 1770s (Esposito 2017), especially searching for instrument makers able to provide him with appropriate instruments for the Physics Cabinet of the Royal Military Academy in Naples, including the leading technician Jesse Ramsden (McConnell 2007). According to Boulton, it was just Ramsden that intro-

duced Poli to him,¹ and already in that occasion Poli talked with Boulton about a possible engine to be sent in Naples at the order of the King. However, despite the genuine interest in Watt's steam engine, at that time no "favorable circumstances" emerged for the King of Naples to acquire that technological prodigy. The situation, instead, changed when the Royal Palace at Carditello was completed, and when the effects of the hot summertime of 1786 appeared, Poli promptly wrote to Boulton on behalf of King Ferdinand IV to order a steam engine able to irrigate the fields of the Royal Estate.

At Boulton's later request for further details about the expected working of the steam engine pump for Carditello, in order not to give approximate and hypothetical answers, Poli performed an accurate experiment to determine the quantity of water required for the irrigation of Carditello's fields, thus providing Boulton and Watt with a detailed explanation about the power of the steam engine to employ. On February 27, 1787 Poli wrote:

The extent of the meadows is four hundred Moggios. One Moggio is 39990⁶⁷ English feet squares, and it contains 46656 Neapolitan Palms square, and one and 1/6 Neapolitan Palm measures one English foot.

The said 400 Moggios are to be divided in eight spots, each of fifty Moggios. One of these spots (that is 50 Moggios) is to be watered each day; so that all the 400 Moggios above mentioned shall be watered in eight days; and, of course, each spot of fifty Moggios shall be watered every fortnight.

The Engine is to work fourteen hours a day, as the watering cannot be done but from six in the evening to eight in the morning, the heat of the day not permitting its being continued any longer without hurting the product of the earth.

To give you an idea of the quantity of water, which is required for the said meadows I procured to get a standard in this manner. I have made my observations upon a little spot of land of the extent of five Moggios, which are watered once every fortnight; and having applied a large tube of about ten English Inches in diameter to the side of the Canal which leads the little stream employed to water the said five Moggios, I have occasioned all the stream to fall, through the said tube, into a cubical Receiver of 64 English cubic Feet, which was filled up in about 35 seconds of time. Now you must know that such a stream flows constantly during fourteen hours in order to water the five Moggios abovementioned; consequently it will be required ten times as much water for the said fifty Moggios every day; or to say better eight time as much, allowance being made for the difference of the soil, which is not so bibulous, or spongy in the said 400 Moggios. Then you see Sir, what the Engine as mentioned, capable to raise 370 cubic feet of water per minute 27 feet high, is not sufficient for our purpose. However, His Majesty having been informed by me of all these particulars, told me that such an Engine will do very well; and that he does not

¹ Matthew Boulton to James Watt, 26 September 1786. The Library of Birmingham: Birmingham Archives and Heritage. Boulton & Watt Collection: MS 3147/3/10.

want a larger one, as He intend to water so many Moggios only as showed want the quantity of water, which shall be raised by that Engine.

The water raised by the Engine will run about one mile through a canal made of masonry; and then it will be distributed to the several spots of land through other canals disposed in the plain ground, so that the water overflowing from them will water the meadows as above.²

Later in the same year, Boulton asked Poli further details about the place where the engine was to be erected, in order to proceed in the best possible way for the preparation of all the necessary and appropriate parts of the engine. Poli provided the required technical details in a letter dated November 26, where he enclosed also two plates containing the section and the plan of the river Volturno with the Royal Meadows at Carditello.³ He also provided a number of suggestions about where the engine could be erected, how the water of the river conveyed, where the canal built and led, and so on. Poli got fully involved in the business, not only due to Boulton's request, but also for his own interest, which was only barely concealed behind the interest of the King "to be perfectly acquainted".

From February to May 1788, all the pieces required were ordered and produced, and finally an extremely detailed invoice was provided by the Boulton & Watt company.⁴ The price to be paid for only "cast iron, hammered iron and brass materials" for the steam engine was at last about 2000 pounds.

3. A double-acting engine

Poli's engine was designed explicitly by Watt, although it shared some standard features with other engines Boulton & Watt built in the same period. The engine, indeed, was based on a double-acting cylinder, where the steam acted alternatively on both sides of the piston. It also included the *parallel motion* mechanism devised by Watt for such engines, where a mechanical linkage with four bars coupled with a pantograph allowed the (approximately) rectilinear up-and-down motion of the piston rod to be transmitted to a beam moving in a required circular arc. Nevertheless, Watt introduced as well some exceptional features in the engine he prepared for the King of Naples, when compared with other engines (Dickinson & Jenkins 1927).

First of all, the working gear had an arbor for each valve (steam, equilibrium and exhaust valves), with the gears of these valves being interlocked. More specifically, the

² Joseph Poli to Matthew Boulton, 27 February 1787. The Library of Birmingham: Birmingham Archives and Heritage. Boulton & Watt Collection: MS 3147/3/518/N03.

³ Joseph Poli to Matthew Boulton, 26 November 1787. The Library of Birmingham: Birmingham Archives and Heritage. Boulton & Watt Collection: MS 3147/3/518/N09.

⁴ Boulton & Watt Invoice, [*sine data*]: "List of the articles belonging to Poli's Engine for the King of Naples – Invoice of Cast Iron, Hammered Iron, and Brass materials for a Steam Engine furnished by Boulton & Watt of Birmingham in April and May 1788, to the order of Joseph Poli Esq. on account and risque of". The Library of Birmingham: Birmingham Archives and Heritage. Boulton & Watt Collection: MS 3147/3/518/N10.

opening of the equilibrium valve was subject to the closing of the exhaust valve, while the opening of the steam and exhaust valves was subject to the closing of the equilibrium valve. The injection valve was, instead, independently worked. The steam and equilibrium arbors each had a detent adapted to engage a pivoted catch, each tending to turn in the direction to open its own valve by means of a weight suspended upon an arm projecting from it. Some leather straps connected the tail of the top arbor detent catch to a lever on the equilibrium arbor and the tail of the equilibrium arbor detent catch to a lever on the exhaust arbor, while another lever on the exhaust arbor to a lever on the top arbor.

When the equilibrium arbor rotated in order to close its valve, thus shutting off the communication between the top and the bottom of the cylinder, the catch of the top arbor detent was released, the top arbor turning by means of the suspended weight to open its own valve and pulling round (through a strap) the exhaust arbor to initiate the movement of its valve. Such movement was completed by the steam pressure on its upper face, while the valve carried with it the exhaust arbor and the attached parts: in such a way, the top of the cylinder was in communication with the boiler and the bottom with the condenser, the down-stroke of the piston ensuing. In the corresponding downward movement of the plug-tree, a chock acted upon the handling arm of the top valve, while another chock acted upon that of the exhaust valve (which were now in their raised positions), thus restoring them in the original position with the top and exhaust valves shut. Instead, when the exhaust arbor rotated by means of a lever and a strap, pulled down the detent catch of the equilibrium arbor, this turning by means of the suspended weight to throw open the equilibrium valve for the up-stroke. As the piston ascended, a peg on the plug-tree engaged the lower side of a handling arm, raising it to close the equilibrium valve: with the arm restored to the position shown, it pulled a strap to disengage the catch of the top arbor detent for the down-stroke.

Injection in the engine was worked by an arm and a rod: the valve was opened by means of a peg on the plug-tree on the underside of the arm, while closed – as the piston began to descend – by chock pressing upon its upper side. The equilibrium valve was opened when the corresponding arbor was released by the rotation of the exhaust arbor; the top gear was released to open the valve by the rotation of the equilibrium arbor, and the exhaust arbor was turned to start the opening of the exhaust valve by the rotation of the top arbor. Finally, each gear was restored to the original position by the action of the plug-tree.

4. Conclusions

The story recounted above, concerning the introduction in Italy of Watt's steam engine, has unfortunately a depressing ending, especially for the history of the Kingdom of Naples. Indeed, "the great fire engine of 3 feet in diameter erected on the Volturno river near Capua, which raised 30 thousand cubic feet of water per hour to 25 feet high, thus feeding a canal extending to Carditello to irrigate those campaigns" was destroyed "for

the disorders of 1799”,⁵ when the Parthenopean Republic was established during the French Revolutionary Wars, after King Ferdinand IV fled before advancing French troops. As a contradiction that is often repeated in history, the Republican rebels of 1799, who asked the Bourbons for an improvement in their living conditions, saw in that technological progress only a value to be cannibalized immediately. As a consequence, even the historical memory of this first attempt at technological modernization of the Kingdom of Naples was soon lost, and this explains the absence of such an important episode also in history textbooks. These constantly report, indeed, that the first application of the steam engine was realized in Italy only 30 years later, when the Neapolitan shipyards in Vigliena built the first steamship, honoring the same King who introduced the steam engine in Carditello: the *Ferdinando I* sailed from Naples for his maiden voyage to Genoa and Marseilles on September 27, 1818 (Ressmann 2007). It was not a joke of fate that, still in the Kingdom of Naples the steam propulsion had to be introduced, first in the whole Mediterranean.

The beneficial effects produced by Poli’s long lasting action in promoting Science in his Country (and even abroad, through his published works) endured well beyond his death, and brought a deserved fame to the Kingdom of the Two Sicilies as the most technologically advanced state in Italy, and one of the most influential one in Europe. Unfortunately, the Bourbons were not so far-sighted to extend such benefits to any social class of their Kingdom, and the destruction of the first steam engine in Carditello was a painful example of that politics, which unluckily produced – in the present case – even the cancelling of the historical memory of that technological prodigy.

Acknowledgments

The very precious collaboration of the staff of the Birmingham Central Library (Birmingham), British Library (London) and Biblioteca Nazionale “Vittorio Emanuele II” (Naples) is acknowledged.

References

- Dickinson H.W. and Jenkins R. (1927). *James Watt and the steam engine: the memorial volume prepared for the Committee of the Watt centenary commemoration at Birmingham 1919*. Oxford: Clarendon Press.
- Esposito S. (2017). “Enlightenment in the Kingdom of Naples: the legacy of Giuseppe Saverio Poli through archive documents”, in Esposito S. (ed.), *Proceedings of the 36th Annual Congress of the Italian Society of the Historians of Physics and Astronomy* (Naples, October 4-7, 2016). Pavia: Pavia University Press.

⁵ See the *Rapporto generale sulla situazione delle strade, sulle bonificazioni e sugli edifici pubblici dei Reali domini* (General report on the situation of roads, drainage and public buildings of the Royal domains) in the *Giornale del Regno delle Due Sicilie*, May 3, 1827.

-
- McConnell A. (2007). *Jesse Ramsden (1735–1800): London's leading scientific instrument maker*. Aldershot: Ashgate.
- Ressmann C. (2007). “La prima nave a vapore del Mediterraneo”. *Rivista Marittima*, February issue.

From Gilbert's magnetism to the Electric Universe: understanding the genealogy of a pseudoscientific theory

Roberto Paura - Università di Perugia - r.paura@libero.it

Abstract: Science historian Micheal D. Gordin (2012) asserts that “each use of pseudo-science is tied intimately to its historical context”. Nevertheless, history of physics as a field has so far paid little attention to the development of pseudo-scientific ideas. The article aims to analyse with a genealogical approach borrowed from the history of ideas the popularity of the so-called “Electric Universe” model, a pseudo-scientific theory alternative to the theory of relativity that postulates a universe dominated by electromagnetic force, used to explain the gravitational force as well.

Keywords: pseudoscience, history of ideas, electric universe.

1. The Electric Universe model

The Electric Universe (EU) model is a pseudoscientific theory, developed since the 1990s in the United States, and enjoying a large popularity today thanks to the multiplicative effect of social media (about 20,000 followers on Facebook, more than 100,000 subscribers on YouTube with over 500 videos uploaded, in some cases with over 1.5 million views). As the *Beginner's Guide to the Electric Universe* states on *The Thunderbolts Project* website (the online reference resource for the EU), the main aim of this theory is to challenge the “gravity-centric viewpoint” of contemporary physics and cosmology (Schirrot 2013).

Indeed, EU model is extremely simple in its fundamental concepts. The basic idea is that astrophysics and cosmology do not need of gravitation, because its force is too weak to act on a cosmic scale; electromagnetic force alone can instead answer for all astrophysical phenomena. The result is that for EU the mainstream explanations of the Big Bang, cosmic expansion, galaxy formation, star and planet formation, planetary motions, comet composition and other minor theories must be rejected. In the EU model, the universe is not basically “empty space”, but is filled with plasma. Since the easiest way to generate plasma is to subject a gaseous mixture to a powerful electromagnetic field, EU supporters conclude that electromagnetic force is of paramount importance in space, unlike in mainstream cosmological theories state. Galaxies, as well as most celestial bodies, including stars and planets, would be composed of plasma. The movement of charged particles between the different celestial bodies and between galaxies would give rise to electric currents, responsible for the extreme astrophysical phenomena we observe, from supernovae to neutron stars to quasars and black holes.

In their pantheon of founding fathers, EU supporters include scientists such as physicist Kristian Birkeland (1867-1917) and the Nobel Prize-winning chemist Irving Langmuir (1881-1957). Birkeland was the first to explain the northern lights (*aurora borealis*) suggesting the existence of electric currents that flow along geomagnetic field lines connecting the Earth's magnetosphere to the ionosphere. These currents are now called Birkeland currents and play a decisive role in the EU model. Langmuir was responsible for the first use of the current term "plasma" in physics, and the discovery of the double layer effect in plasma which is considered very important in the EU: this effect occurs when an electric current flows between a charged body and the surrounding plasma, to form an isolating double layer barrier that insulates the charged body from the plasma.

In the EU model, a central role is played by the so-called "Z-pinch effect", a type of plasma confinement system that uses an electrical current in the plasma to generate a magnetic field that compresses it. Plasma filaments would combine in pairs (Birkeland currents) to transmit electricity efficiently in space; when two large-scale (many megaparsec long) Birkeland currents meet, they can form an electromagnetic "instability point" that produces a strong compression force identical to the Z-pinch effect reproduced in laboratories. The meeting point of the two currents produces a powerful long-range attractive electromagnetic force drawing matter towards it (Findlay 2013). The result is the formation of a concentrated plasma structure called a "plasmoid", that has natural spin. This model, developed in the early 1980s by the American physicist and engineer Anthony L. Peratt, would explain the mechanism of galaxy formation without gravitation. It is therefore called "Peratt Galaxy Model".

A similar mechanism has been proposed to explain star formation without gravitational attraction. Smaller Birkeland currents interact attracting more and more matter through electromagnetic interaction, to form stars of different sizes, colours, brightnesses and apparent behaviours. In the EU model, these different characteristics of stars do not depend on the nuclear fusion processes that take place within them, on age or other astrophysical characteristics, but on the type of material they have attracted during their formation and from the electrical power available for initiating the star birth process (Findlay 2013). Similarly, mainstream explanations about the energy that lights the stars are rejected, since they would not be able to explain the paradox that the outer surface of the stars is warmer than the inner core. This would show that there are no nuclear fusion processes favoured by gravitational contraction within the stars, but that energy production takes place on the surface of the stars. Two possible explanations for this phenomenon have been proposed. The "Solar Resistor Model" provides that the residual plasma filaments after the intersection between the two main Birkeland currents continue to power the stars as a resistive load. The "Solar Capacitor Model" is a spherical capacitor model with the heliopause as the cathode and the solar photosphere as anode (Bridgman 2008).

According to the EU model, all celestial bodies are electrically charged bodies, surrounded by Langmuir's double layers that isolate them from the external plasma (plasma-sphere). Each star system is surrounded by a double layer granting the system to continue its journey through the galactic plasma and maintain its internal stability. However, unlike the standard cosmological model based on gravity, the EU model is characterized

by violent periodic and unpredictable upheavals produced by electric currents within the heliosphere (i.e. the plasmosphere of each star) and by the interaction between plasmospheres. The intense electrical stress of some stars entails that some of them, subjected to the necessity to reduce the current density they experience, may explosively fission into two more stars. This would explain the large quantity of multiple star systems that exist in the universe (Scott 2006). When instead the heliosphere of two star systems come into contact, the star system with greatest level of charge will electrically dominate and manipulate all the bodies within the less powerfully charged system: in particular, “the star in the less powerful system will quickly lose its glow and stop looking like a star since it is negatively charged in relation to the dominant system” (Findlay 2013). This mechanism, they say, would be the basis of the formation of planets like Saturn, considered an ancient star absorbed by the electromagnetic attraction of our Solar System. The Earth, in particular, would initially orbit around a brown dwarf, since the planets around these kinds of stars are supposed to be more suitable for life (Thornhill 2008).

Comets, EU supporters say, could prove the basic principles of their model. Since gravitational interaction in the EU cannot account for the perturbations that would occur at the borders of the Solar System and that leads comets to begin their race toward the Sun, they claim that comets are electrically charged rocks left over from catastrophic collisions and ancient electrical discharge events (Findlay 2013). Comets would come from low voltage regions, so during their approach to the near-Sun (higher-voltage) region current flows to the comet in response to this voltage difference, and the comet produces a tail and a coma plasma layer surrounding its nucleus (Scott 2006). EU supporters claim that the morphology of cometary nuclei as observed by probes and telescopes contradicts the traditional belief that they are made of “dirty ice”, as they reveal imprints of craters. In the EU framework, craters on celestial bodies are not the result of meteoric impacts or impacts with other objects attracted by the gravitation of larger masses, but the product of electrical discharges (this would also explain geological formations such as the Grand Canyon). The presence of craters on the surface of comets would corroborate their theory.

2. The genealogy of a pseudoscientific idea

The genealogy of the Electric Universe theory is much older than one can think. EU supporters cite as its first precursor William Gilbert (1544-1603). In his famous work *De Magnete* (1600), Gilbert suggested that the cause of gravitational attraction was magnetism. This force could not occur in vacuum (according to common beliefs), so Gilbert assumed that magnetism would propagate through fluids that filled the universe. Gilbert’s ideas profoundly influenced Kepler (1571-1630), who was also convinced of the impossibility of an acting-at-a-distance attractive force through vacuum. He imagined that the Sun would possess an *anima motrix* that would give the thrust to the planets by hitting them with its rays (Kuhn 1957): a concept very similar to the way electricity is imagined propagating between the celestial bodies in the EU model.

During the 18th century, the first experiments with electricity began to influence the vision of the cosmos of many thinkers. This is the case of Prokop Divisch (1698-1765), a

Moravian Catholic theologian defined by his contemporaries as *theologus electricus*. His peculiar “theology of electricity” was exposed in his book *Theorie von der meteorologischen Electricité* (1765) and in the work of his disciple Théophile-Frédéric Roesler (1740-1790), *De luce primigenia* (1764). The basic idea is that the “primal” light in the book of Genesis was an “electric fire”, “a principle of life full of heat, energy and power; a fire that first penetrates all matter and then, as the principle of life, merges with matter itself” (Benz 1989). According to Divisch, once God created the Sun, the electric fire stopped spreading in space and mixed with matter, giving life to the celestial bodies, which are composed of the same type of fluid. Divisch was particularly interested in affirming a concordist theory between the new discoveries of electricity and the biblical text: he proposed that several unexplained phenomena in the Bible could be explained through electricity, such as the passage in *Ezekiel* 1:10 where the Throne of God is described as surrounded by a luminescence (*chasmal*) that manifests itself first as a cloud and a vortex and then as a sparkling light, similarly to storms and lightning strikes. These ideas also influenced Lutheran pastor Friedrich Christoph Oetinger (1702-1782), who suggested several demonstrations of the use of electricity by the wise Jewish men of the time, such as the passage in *Zechariah* 14:12 where the Lord strikes “the peoples who fought against Jerusalem” by rotting their flesh, their eyes and their tongue. Following Gilbert’s cosmology, Oetinger interprets the Newtonian theory of gravitation as a consequence of magnetism, arguing that magnetic attraction represents “the principle of nature” (Benz 1989).

A direct heir of these theorists was Immanuel Velikovsky (1895-1979), who in his controversial best-seller *Worlds in Collision* (1950) claimed to have found in the ancient holy and legendary texts of the great civilizations around the world traces of cataclysmic events that occurred several centuries before the current era, transformed into tales of gods at war or great miracles. Starting from the fact that, according to his reconstruction, the planet Venus was unknown to ancient civilizations, Velikovsky imagined that Venus was not a real planet, but a huge comet expelled around 1500 BC from the planet Jupiter that collided with the Earth’s atmosphere; the comet’s tail, in contact with our atmosphere, burned for many decades, causing huge disasters but also justifying a miraculous event narrated by the Bible, namely the fall of the manna from the sky during the exodus of Jews from Egypt. Finally, the nucleus of Venus broke free from Earth’s atmosphere and began to move away from the Earth, but clashing several times with the planet Mars around the eighth century BC, an event that would be the basis of Homer’s *Iliad* (where the Trojan war is the result of a war between the gods, especially between Mars and Athena, who Velikovsky identified with Venus).

Despite having a scientific background (he was a trained physician), Velikovsky was not an expert in physics and astronomy. His book is full of references to texts and historical events, but he was aware of having to question the dominant scientific axioms in order to demonstrate that Venus did not exist until about 1500 BC and that the planets of the Solar System had not followed for millions or billions of years the same elliptical orbits around the Sun. He therefore began to question the theories on the formation of the Solar System and more generally Newtonian theories of gravitation. In the 1920s, Velikovsky founded a journal in Berlin, the *Scripta Universitaria*, with the aim of spreading the

thought of Jewish scholars from all over the world and promoting the development of a Jewish university in Jerusalem. On this journal (that boasted even Albert Einstein among his first editors) Velikovsky published in 1946 an article entitled *Cosmos without Gravitation*, where he presented his heterodox vision of physics and cosmology, providing for a pseudoscientific basis to the theory exposed in *Worlds in Collision*. The fundamental theory of his paper was that “gravitation is an electromagnetic phenomenon. There is no primary motion inherent in planets and satellites. Electric attraction, repulsion, and electromagnetic circumduction govern their movements”. He claimed to have come to that conviction in 1941 “as the result of my research in the history of cosmic upheavals as they affected the earth and other members of the solar system”, adding that a number of facts proved to him “that the sun, the earth and other planets, the satellites, and the comets, are charged bodies [and] that not gravitation, but electric attraction and repulsion and electromagnetic circumduction govern the solar system” (Velikovsky 1946).

Based on this “scientific” background, in *Worlds in Collision* Velikovsky imagined that several catastrophic events told in the Bible could be explained by electrical phenomena produced by celestial bodies. In a later paper that was initially to be included in his book but which the editors suggested to remove, Velikovsky analyzed the myths of Biblical Genesis claiming that the Deluge was caused about then thousand years ago when Saturn exploded, and the hydrogen of the planet combined with the oxygen of the terrestrial atmosphere in electrical discharges and turned into water. In addition, the tale of the Tower of Babel “recounted an electrical discharge from a Mercury fly-by”, while “the destruction of Sodom and Gomorrah was produced by an electric bolt shot out from Jupiter” (Gordin 2012).

Velikovsky’s theories came back into vogue during the 1970s after a period of dormancy. They were relaunched by the university magazine *Pensée*, founded in 1966 at Portland State University by David Talbott. In May 1972, the magazine began to host a series of contributions entitled “Immanuel Velikovsky Reconsidered”, which transformed the scholar into a star of counterculture. *Pensée* sold between 10,000-20,000 copies, and the first issue of the series “Velikovsky Reconsidered” reached, through numerous reprints, the incredible number (for a former student magazine) of 75,000 copies. The editorial board was colonized by Velikovsky’s disciples and the magazine helped build the community from which the Electric Universe emerged years later. In fact, fans from all over the United States began to flood the magazine with hypotheses, theories, counter-theories on all the different aspects of Velikovsky’s work, including, of course, its “scientific” premises (Gordin 2016). In 1980 Doubleday published the first book by a Velikovskian, David Talbott: *The Saturn Myth* assumed that in ancient times the Earth was a Saturn’s satellite (previously devoid of its rings, the result of a late planetary collision), until a subsequent cataclysm pushed both planets, along with Mars and Venus, to change their orbits. This caused serious cataclysms on Earth that put an end to the so-called Golden Age and the decline of ancient, glorious and advanced civilizations. In their book *Thunderbolts of the Gods* (2005), Talbott and Wallace Thornhill, a trained engineer, used the pseudoscientific background of the Electric Universe to support Velikovsky’s and Talbott’s thesis.

The case of the EU can be a perfect example to understand how scientific ideas are transformed and distorted in the historical process, through transposition and adaptation in different cultural contexts. Gilbert's first cosmological ideas, already misrepresented in the 18th century, were further distorted by Velikovsky, returning in the contemporary era through the EU model. Historians of ideas define *concept drift* the process that leads to a transformation of the original meaning of an idea in its passage within another cultural context (Wang, Schlobach, Klein 2011). Understanding the mechanism of this concept drift may prove an effective strategy of debunking. While traditional debunking tries to unveil the misconceptions at the basis of a pseudoscientific theory through science or logics, using history to trace back the genealogy of misconceptions can aid the deconstruction of pseudoscience, and even reveal a new strategy in the teaching of the history of science. As Gordin notes: "Each use of pseudoscience is tied intimately to its historical context. If you want to know what science is or has been, show me contemporary pseudoscience" (Gordin 2012). This final suggestion can explain why historians of science should devote more attention to the history of pseudoscience in their own work.

References

- Benz E. (1989). *The Theology of Electricity*. Allison Park, PA: Pickwick.
- Bridgman W.T. (2008). *Challenges for Electric Universe "Theorists"* [online]. URL: <https://bit.ly/2wVR7ia> [access date 12/02/2019].
- Findlay T. (2013). *A Beginner's View of Our Electric Universe*. Self-published.
- Gordin M.D. (2012). *The Pseudo-Science Wars: Immanuel Velikovsky and the Birth of the Modern Fringe*. Chicago-London: The University of Chicago Press.
- Gordin M.D. (2016). *The Unreasonable Grooviness of Immanuel Velikovsky*, in Kaiser, D., McCray W.P. (eds.), *Groovy Science. Knowledge, Innovation, and American Counterculture*. Chicago-London: The University of Chicago Press.
- Hansson S.O. (2017). "Science denial as a form of pseudoscience". *Studies in the History and Philosophy of Science, Part A*, 63, pp. 39-47.
- Kuhn T.S. (1957). *The Copernican Revolution*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schirott S. (2013). *What is the Electric Universe?* [online]. URL: <https://bit.ly/2M4C5vr> [access date 12/02/2019].
- Scott D.E. (2006). *The Electric Sky*. Portland, OR: Mikamar Publishing.
- Talbott D., Thornhill W. (2004). *Thunderbolts of the Gods*. Portland, OR: Mikamar Publishing.
- Thornhill W. (2008). *Assembling the Solar System* [online]. URL: <https://bit.ly/2MbFs3w> [access date 12/02/2019].
- Velikovsky I. (1946). "Cosmos without Gravitation: Attraction, Repulsion, and Electromagnetic Circumduction in the Solar System". *Scripta Academica Hierosolymitana*, Series IV, pp. 3-22.
- Wang S., Schlobach S., Klein M. (2011). "Concept drift and how to identify it". *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 9 (3), pp. 247-265.

Two Neapolitan scientists in the XVIII century: Felice Sabatelli and Nicola Maria Carcani

Luca Santoro - luca.scontr@gmail.com

Abstract: Scientific development in Naples has always been described as peripheral and secondary after the end of the Celestino Galiani academy in the forties of the eighteenth century. The spread of the great theories of Newton and the development of scientific ideas have not found great contributions in the Kingdom of the Two Sicilies. Generally, this period is labeled as a situation of decline for the sciences in which the presence of prominent personalities for the sciences themselves, represents an anomaly in fact. It can be opened a window onto comprehension of the period through the analysis of the figure of Abbot Sabatelli and the Piarist father Carcani. The study began with the biographical reconstruction of the two Neapolitan scientists, so that collaborations and correspondences can be useful for understanding the scientific debate.

Keywords: Sabatelli Felice, Carcani Nicola, History of astronomy.

1. Contesto storico

Le figure del padre scolio Nicola Maria Carcani e dell'abate Felice Sabatelli ricorrono spesso in letteratura, ma menzionati solo per alcune osservazioni astronomiche e per la realizzazione delle loro meridiane. La produzione scientifica dei due astronomi offre però uno spunto unico per discutere, ampliare ed eventualmente chiarire le complessità sulla situazione della scienza, delle istituzioni e delle attrezzature scientifiche a Napoli durante il Settecento. Essi sviluppano le proprie ricerche nella fase centrale del secolo, a cavallo delle due Accademie (la prima istituita sotto la spinta eccezionale di Celestino Galiani e la seconda nel 1779 dal re Ferdinando IV di cui Sabatelli ne vedrà l'istituzione prima della morte nel 1786) in un momento in cui si sono assopite le cariche innovatrici dei primi newtoniani per riformare gli studi scientifici. Siamo tra la fine degli anni quaranta e gli inizi degli anni sessanta del Settecento. Il momento è delicato e, come è stato ampiamente evidenziato in particolare dai lavori di Galasso (1989), Ferrone (1987) e Borrelli (1996) si transita dal primo Settecento, fervido e pieno di idee (in cui la personalità di Celestino Galiani e la sua Accademia rappresentano il faro intorno al quale si sviluppano le migliori menti riformatrici del Regno di Napoli) alla seconda metà del secolo in cui l'Accademia delle scienze termina la sua attività e la riforma dello Studio di Napoli, l'università, pur attuata solo in parte, conserva le sue contraddizioni ed i suoi problemi. Si registra tuttavia una difficoltà nella produzione di libri scientifici da addebitare a diverse cause, tra cui la produzione di carta nel Regno di Napoli che assume

un'importanza non di secondo piano nel momento in cui sono le tipografie ad essere interessate dal fenomeno (Schipa 1972, p. 222).

Bisogna considerare che alle scuole gesuitiche, il nucleo centrale dell'educazione, si affiancano alcune scuole Pie rette dagli Scolopi che, proprio all'inizio del Settecento, incominciano ad avere una diffusione sostanziosa nel Regno delle due Sicilie (Schipa 1972, p. 219). L'Accademia di Celestino Galiani è il centro innovatore intorno al quale si aggrega un gruppo di scienziati e intellettuali in cui, cartesiani e newtoniani, riescono a trovare un impegno comune nella ricerca scientifica, sviluppando così un pensiero napoletano originale ed europeo (Ferrone 1982a, p. 486; Galasso 1989, pp. 144-145). Per poter promuovere il movimento napoletano, Galiani mobilita più circoli di intellettuali in diverse zone dell'Italia, diventando egli stesso animatore e diffusore delle idee di Newton, grazie ad un celebre manoscritto di critica a Cartesio (Ferrone 1982b). Il risultato che si ottiene è un continuo scambio di idee tra diverse città d'Italia in forma manoscritta. Nonostante siano anni di fervore unico, l'accademia di Galiani chiuderà e trascorreranno diversi anni prima dell'affermazione delle idee riformatrici di Genovesi, anni in cui il circolo intellettuale di Intieri sarà fondamentale per la nuova generazione colta di Napoli (Chiosi 1992, p. 79). All'indomani della chiusura dell'accademia rimane ancora poco chiara l'evoluzione delle scienze ed è in quel contesto che i due personaggi in questione, l'abate Felice Sabatelli e il padre scolopio Nicola Carcani, muovono i propri passi.

2. Ricostruzioni biografiche

2.1. L'abate Felice Sabatelli

Felice Sabatelli (sulla cui data e luogo di nascita ci sono notizie discordanti: Torraca 1993, p. 452; Valerio 1993, p. 122; Amodeo 1905, vol.1, p. 156) segue il percorso formativo del suo maestro Pietro Di Martino, soggiornando a Bologna e apprendendo dal Manfredi e Zanotti, le scienze fisiche, matematiche e astronomiche. Egli diventa professore di Astronomia e Calendario all'università di Napoli (Amodeo 1905, vol. 1, p. 95). Bologna è fonte di confronto continuo per Sabatelli e ancor più in generale per l'ambiente napoletano. All'epoca il soggetto scientifico di discussione erano le "forze vive" su cui Zanotti pubblica il noto lavoro (Brigaglia, Nastasi 1984) in cui i personaggi napoletani giocano un ruolo chiave per discutere sull'argomento. Inoltre viene descritto l'esperimento di Niccolò Di Martino, fondamentale per illustrare la l'idea nata sull'asse Napoli-Bologna. Sabatelli viene citato come personaggio secondario ed è difficile capire qual è stato il suo ruolo reale. Ma una congettura verisimile è possibile farla. Con il laboratorio che l'Accademia di Galiani a Napoli si stava costituendo (Ferrone 1982a, p. 511) si mostrano due fatti importanti: il primo è che Napoli è centro importante di discussione sui principali temi scientifici; secondo, che il laboratorio ha degli strumenti con i quali, probabilmente, gli scienziati napoletani hanno realizzato degli esperimenti come quello illustrato da Zanotti. Sabatelli diventa professore di astronomia e proprio in questo campo cercherà di far valere il suo peso; infatti ricorre spesso

nelle ricostruzioni dello stato della scienza napoletana e per ben due volte si vede rigettare il progetto di costruire un osservatorio a Napoli: nel 1750 (Capaccioli *et al.* 2009, p. 71), quando come segretario di stato c'era ancora Tanucci, e nel 1768 (Pezzella 2002). Eppure nel volume dedicato alla fondazione dell'osservatorio di Napoli, Sabatelli viene ricordato per il soggiorno bolognese e per i suoi sforzi, null'altro (Piazzi 1821, p. 3). Nell'unico volume a stampa degli atti della Real accademia delle scienze e belle lettere di Napoli, a Sabatelli (e nello stesso spazio a Carcani) è dedicato un piccolo paragrafo in cui si pone l'accento sulla misura della latitudine di Napoli dalla real Paggeria. Egli costruisce una meridiana nella biblioteca del principe di Tarsia (Trombetta 2002, p. 93), quindi era parte integrante anche del circolo di intellettuali di quella biblioteca famosissima in tutta Europa, oltre che essere sempre professore all'università. Il circolo comprendeva le migliori menti di Napoli come Ardinghelli, Caravelli, padre della Torre a cui non era estraneo neppure la grandissima personalità di G. B. Vico (Bertucci 2013, p. 119). Quella biblioteca sarà il teatro dell'incontro tra Sabatelli e Nollet, che lo ricorderà come "très habile astronome de Naples" (Nollet 1753, p. 18). Successivamente anche Lalande, che sarà il direttore dell'osservatorio di Parigi, annovera la personalità di Sabatelli (Lalande 1769, vol. 6, pp. 199-200), la sua meridiana e i suoi strumenti di fattura inglesi. All'estero viene ancora menzionato da Bernoulli (Amodeo 1905, vol. 1, p. 95) anche a proposito di una eventuale traduzione di un lavoro proprio di Lalande. Sabatelli insieme a Carcani viene citato per la valenza delle osservazioni compiute per la misura della parallasse di Marte, da una personalità come l'abate De la Caille a proposito di una problematica riguardante la parallasse solare (De la Caille 1765, pp. 73-97). Alla morte di Sabatelli, avvenuta nel 1786, il suo allievo Caravelli porrà una lapide in sua memoria nell'Arciconfraternita del SS. Rosario, probabilmente l'ordine dell'abate. Terminano le notizie reperibili sull'abate Sabatelli ed emergono diversi punti interessanti: il costante contatto con l'accademia di scienze di Parigi e l'essere sempre al corrente delle problematiche discusse a livello europeo, partecipando anche a vere e proprie collaborazioni internazionali.

2.2. Padre Nicola Maria Carcani

La personalità del padre scolio Nicola Maria Carcani viene ricordata per la collaborazione con l'abate Galiani nella compilazione della cartografia del 1769 di Rizzi-Zannoni e per la pubblicazione delle sue osservazioni del passaggio di Venere sul disco solare (Carcani 1761). Ricordato sempre al fianco del più noto fratello Pasquale Carcani segretario di Tanucci e commentatore dei celeberrimi tomi sui reperti di Ercolano, Nicola nasce a Giffoni nel 1716 (Horanyi 1808, pp. 350-351), paese vicino la città di Salerno, da Marco Carcani, real uditore in Lecce, completa i suoi studi ed il periodo di iniziazione nell'ordine degli scolopi prima a Chieti e poi a Roma nel collegio del Nazareno. Successivamente è nominato professore di matematica e filosofia al Collegio Reale a Napoli, cioè le scuole Pie di San Carlo alle Mortelle. A Napoli Carcani inizia le sue ricerche come astronomo parallelamente a quello di maestro, infatti costituisce una specola privata nelle scuole Pie stesse. Qui costruisce una meridiana, strumento fonamen-

tale per le osservazioni astronomiche a quei tempi, ricordata da De Zach (1819, p. 534) e da Lalande durante il suo viaggio a Napoli (Lalande 1769, vol. 6, p. 51). Lo stesso barone De Zach lo ricorda per le sue osservazioni fatte dal collegio e in più occasioni Tanucci lo nomina nelle sue lettere inviate all'abate Galiani in occasione di una eventuale osservazione del passaggio del disco di Venere sul Sole. In quel momento storico si costituisce l'Accademia Ercolanese, fortemente voluta da Tanucci, con il preciso fine di mostrare al mondo le bellezze degli scavi delle due famose città romane, Pompei ed Ercolano. Probabilmente grazie al fratello, Nicola, sebbene mai nominato nei voluminosi tomi, viene ricordato in maniera trasversale dai contemporanei per il suo lavoro sugli orologi solari ritrovati tra quelle rovine, e precisamente per lo studio della "perna" solare (Vivenzio 1784, p. 4; Minieri Riccio C. 1844, p.86). Nel terzo tomo delle bellezze ercolanesi l'autore, che rimane anonimo, mostra un metodo per la spiegazione delle linee orarie rispetto alla latitudine di Napoli misurata nelle scuole pie di San Carlo alle Mortelle. Proprio tale particolare conferma lo studio condotto da padre Carcani, che non verrà mai ascritto all'Accademia, però mostra quanto vicino sia alla stessa ed a Tanucci.

Le opere a stampa di Carcani reperibili oggi sono essenzialmente elencate nella *Biblioteca matematica italiana*, in cui vi sono annotati i giornali che recensirono le produzioni del padre scolio. Ma l'opera di Carcani non si limita solo a quelle elencate; infatti viene spesso ignorato o sottovalutato un avvenimento: nel 1761 sulle *Novelle Letterarie* di Giovanni Lami viene pubblicato un confronto diretto tra Delisle Joseph-Nicolas e padre Carcani (Lami 1761, tomo XXII, pp. 280-300-696-714) su un nuovo metodo per l'osservazione del transito di Venere sul disco solare, in modo da uniformare tutte le eventuali osservazioni fatte dagli altri astronomi in differenti località: una collaborazione scientifica internazionale. Ricordato a più riprese sempre al fianco di Sabatelli, ipotizzando verisimilmente che siano stati collaboratori, sui giornali a Parigi in dissertazioni sulla parallasse solare da parte di De la Caille, per le osservazioni su Marte e Mercurio. In più l'Accademia delle scienze di Parigi lo riporta come corrispondente di Delisle e di De la Caille stesso. Successivamente le osservazioni del padre scolio sono ricordate anche da Lalande, divenuto nel frattempo direttore dell'Osservatorio di Parigi, nel suo trattato di astronomia. Ultimo particolare significativo che siamo riusciti a reperire è il ricordo di Sarcone, futuro segretario dell'accademia del 1778, in occasione della morte prematura di Carcani nel 1764. Sarcone, che lo rimpiange come molti scienziati della sua epoca, lo ricorda come l'ideatore di alcuni progetti scientifici, tra cui proprio quello di misure meteorologiche e dello studio degli innalzamenti del mare e citati successivamente proprio dal Napoli-Signorelli.

3. La corrispondenza con Delisle

Le attività scientifiche dell'abate Sabatelli e del padre Carcani suggeriscono una rete di comunicazioni che va ben oltre il piccolo regno borbonico e, sembra verisimile, supportare un dibattito acceso sugli eventi astronomici, sulle implicazioni delle teorie del New-

ton e sulle tecniche, strumentazioni e metodi di osservazione. Ma tutto questo rimane nascosto tra le righe delle notizie sparse, come se l'attività dei due scienziati sia limitata ad un piccolo gruppo in Napoli. Al bisogno di chiarezza viene incontro, almeno in parte, l'analisi che qui proponiamo della corrispondenza inedita di Sabatelli e Carcani con l'ambiente parigino, nello specifico le lettere tra i due scienziati napoletani con l'astronomo francese de l'Isle (o Delisle). Tutta la corrispondenza si fonda su uno scambio di informazioni scientifiche su strumenti, eventualmente da costruire, misure astronomiche e atmosferiche compiute e da compiere, mettendo di fatto le basi per una collaborazione internazionale. L'altro dato interessante che viene fuori dalla corrispondenza è la presenza a Napoli di una "povera società astronomica" (definita così nella corrispondenza) di cui Sabatelli è portavoce riconosciuto. La società probabilmente definita povera per mancanza di finanziamenti, è costituita dall' "intimo amico" Carcani, il matematico Nicola De Martino, fratello del fu Pietro, dall'abate Caravelli, da Maria Angela Ardinghelli e dalla principessa di Colubrano Faustina Pignatelli. Essa è formata dalle migliori menti di Napoli, ricordate a più riprese, singolarmente e non, dalle opere dei massimi scienziati europei. Ma non ha un seguito né di scuola, né di biblioteca, l'unico strumento è la speculazione oltre ai singoli sforzi per poter fare opera di progresso scientifico. Certo è che l'esiguo gruppo non aveva le forze per poter produrre i cambiamenti e le riforme di cui lo stato borbonico aveva bisogno. Ma è evidente che qualcosa era in atto, un movimento quasi sotterraneo e probabilmente non schierato politicamente, ma che è sopravvissuto fino alla fondazione della nuova Accademia delle Belle Lettere nel 1778 ed agli inizi del XIX secolo attraverso la figura di Caravelli, morto nel 1800, unico a sopravvivere fin dopo la rivoluzione napoletana.

Bibliografia

- Amodeo F. (1905). *Vita matematica napoletana: studio storico, biografico, bibliografico*. Napoli: Giannini & figli.
- Bertucci P. (2013). *Designing the house of knowledge in 18th-century Naples: the ephemeral museum of Ferdinando Spinelli, Prince of Tarsia*, in Bennett J., Talas S. (eds.), *Cabinets of Experimental Philosophy in Eighteenth-Century Europe*. Leiden: Brill, pp. 119-136.
- Borrelli A. (1996), "Istituzioni e attrezzature scientifiche a Napoli nell'età dei lumi". *Archivio storico per le province napoletane*, 114, pp. 131-183.
- Brigaglia A., Nastasi P. (1984). *Bologna e il Regno delle Due Sicilie. Aspetti di un dialogo scientifico (1730-1760)*, in Cremante R., Tega W. (a cura di), *Scienza e letteratura nella cultura italiana del Settecento*. Bologna: Il Mulino, pp. 221-232.
- Capaccioli M., Longo G., Olostro Cirella E. (2009). *L'astronomia a Napoli dal Settecento ai giorni nostri. Storia di un'altra occasione perduta*. Napoli: Guida.
- Carcani G. (1784). *Paschalis Carcani: vita*. Napoli: Typis Raymundianis.
- Carcani N. (1761). "Passaggio di Venere sotto il Sole", in *Novelle Letterarie pubblicate in Firenze*, 1(22), p. 696.

- Chiosi E. (1992). *Lo spirito del secolo. Politica e religione a Napoli nell'età dell'illuminismo*. Napoli: Gianni.
- De la Caille N.L. (1760). "Sur la parallaxe du Soleil qui résulte de la comparaison des observations simultanées de Mars et de Venus, faites en 1751 en Europe et ou cap de Bonne-espérance", *Mémoire de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, pp. 108-110.
- Ferrone V. (1982a). *Scienza, natura, religione. Mondo newtoniano e cultura italiana del primo Settecento*. Napoli: Jovene.
- Ferrone V. (1982b). "Celestino Galiani e la diffusione del newtonianesimo. Appunti e documenti per una storia della cultura scientifica italiana del primo Settecento". *Giornale critico della filosofia italiana*, 61, pp. 1-33.
- Ferrone V. (1987). *Riflessioni sulla cultura illuministica napoletana e l'eredità di Galilei*, in Lomonaco F. e Torrini M. (a cura di), *Galileo e Napoli*. Napoli: Guida, pp. 429-448.
- Galasso G. (1989). *Scienze, istituzioni e attrezzature scientifiche nella Napoli del Settecento*, in *La filosofia in soccorso de' governi. La cultura napoletana del Settecento*. Napoli: Guida, pp. 137-168.
- Horanyi A. (1808). *Scriptores piarum scholarum liberaliumque artium magistri quorum ingenii monumenta*, pars Budae I.: Typis Regiae Universitatis Hungaricae.
- Lalande J.J. (1769). *Voyage d'un français en Italie*. Venise: De Saint.
- Lami G. (1761). *Novelle letterarie pubblicate in Firenze*. Firenze: Stamperia Granducale.
- Mazzola R. (1998-1999) "Università e società a Napoli tra Sei e Settecento". *Bollettino del Centro di Studi Vichiani*, 28-29, p. 227-237.
- Minieri Riccio C. (1844), *Memorie storiche degli scrittori nati nel Regno di Napoli*. Napoli: Tipografia dell'Aquila di V. Puzziello.
- Nollet J. A. (1753). *Lettres sur l'électricité*. Paris: Guérin-Delattour.
- Pezzella F. (2002). *Domenico Cirillo, botanico*, in D'Errico B., Pezzella F., *Domenico Cirillo Botanico. Albo celebrativo in occasione dell'inaugurazione del parco dedicatogli in Sant'Irmino, 16 giugno 2002*. Frattamaggiore: Istituto Studi Atellani.
- Piazzì G. (1821). *Ragguaglio del Reale Osservatorio di Napoli eretto sulla collina di Capodimonte*. Napoli: Tipografia Francese.
- Scandone F. (1926). *L'ordinamento dell'Università degli studi in Napoli dalla fine del Seicento a tutto il Settecento*, in *Annuario per l'anno scolastico 1925-26. R. Liceo ginnasio principe Tommaso di Savoia duca di Genova Santamaria Capua Vetere*. Santamaria Capua Vetere: Stabilimento Tipografico Cavotta.
- Schipa M. (1972). *Il regno di Napoli al tempo di Carlo Borbone*. Salerno: Dante Alighieri.
- Torraca F. (1993). *Storia dell'Università di Napoli*. Napoli: Il Mulino.
- Trombetta V. (2002). *Storia e cultura delle biblioteche napoletane. Librerie private, istituzioni francesi e borboniche, strutture postunitarie*. Napoli: Vivarium.
- Valerio V. (1993). *Società, uomini e istituzioni cartografiche nel Mezzogiorno d'Italia*. Firenze: Istituto Geografico Militare.
- Zach (von) F.X. (1819). *Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique*, vol 2. Gênes: Ponthenier.

HISTORY AND SCIENCE IN THE XX CENTURY

1937: Palermo. The discovery of technetium

Aurelio Agliolo Gallitto - Department of Physics and Chemistry; University of Palermo - aurelio.agliologallitto@unipa.it

Ileana Chinnici - INAF, Osservatorio Astronomico di Palermo - ileana.chinnici@inaf.it

Roberto Zingales - Department of Physics and Chemistry; University of Palermo - roberto.zingales@unipa.it

Abstract: In 1937, at the University of Palermo, Segrè and Perrier extracted, from an irradiated molybdenum plate, minute amounts of an unknown chemical element, with atomic number 43, the only element ever discovered in Italy. It was named technetium, after the Greek word for “artificial”, as it can hardly be found in nature, but only produced in laboratory, through nuclear reactions. We hereby describe Segrè and Perrier work, providing an account of the scientific environment of the University of Palermo in the 1930s.

Keywords: radioactivity, cyclotron, chemical elements.

1. Introduction

The chemical element having atomic number 43 was identified, for the first time, in Palermo, in 1937. This resulted from the close collaboration between physicists, whose instrumentation produced isotopes of that element, and chemists, whose experimental skill provided the indirect, although unquestionable, evidence of its existence.

The story of the hypotheses and experiments that led Emilio Gino Segrè (1905-1989) and Carlo Perrier (1886-1948) to this result has already been told (Gambaro 1987), (Segrè 1995), (Zingales 2005). We will hereby mainly try to also reconstruct the academic scientific milieu in which it was realized, at the University of Palermo, in those years.

2. Chemistry at Palermo University in the Thirties

When Segrè arrived in Palermo as full professor of Physics (fall 1935), Giuseppe Oddo (1865-1954) had just retired by age. For almost 20 years, Oddo had been professor of General Chemistry and Director of the same Institute. His scientific work had spanned across several fields of Chemistry: in particular, he had investigated the industrial exploitation of the mining resources of Sicily (mainly sulphur and potassium salts). On

the theoretical side, he had developed the so called “rule of 4” (better known as Oddo-Harkins rule), the concept of mesoidria, which anticipated the hydrogen bond theory, and investigated the possibility to obtain compounds of the heavier noble gases.

From November 1935, in his academic position, he was succeeded by Emanuele Oliveri Mandalà (1882-1971), his former assistant in Palermo, and then professor of Pharmaceutical Chemistry in Siena and Messina, who had been also Chancellor of the Messina University from 1932 to 1935.

Anyway, Segrè seemed not to have contacts with his chemist colleague at the Science Faculty, possibly because of the fact that Oliveri sympathized for the ruling Fascist Party. In 1936, Segrè became a member of the Pharmacy Faculty too, which included other two chemists: Carlo Perrier and Francesco Angelico (1873-1949), the latter a pharmaceutical chemist of international fame. Segrè particularly appreciated Perrier, whom he described as “a pleasant man, a true gentleman, loyal to Giolitti and anti-fascist”. Segrè struck up a fruitful friendship with him, also because Perrier “well knew classic mineralogy and analytical chemistry” (Segrè 1995).

Perrier had got his degree in Chemistry at Turin University in 1908; after that, he had worked with Michele Fileti (1851-1914) and attended the Zurich Polytechnic. Later, he became assistant professor of Pharmaceutical and Toxicological Chemistry in Naples, where studied physical chemistry, investigating natural substances, radioactivity and helium presence in rocks. After becoming acquainted with Ferruccio Zambonini (1880-1932), Perrier developed an interest in mineralogy, becoming his assistant at Turin University. He then became Director of the Chemical Petrographic Institute of the Geological Survey in Rome, and, once obtained the qualification as university teacher, he became Professor of Mineralogy in Messina and in Palermo, as well as Director of the related Institute, and, after the death of Michele La Rosa (1880-1933), also succeeded him as Director of the Institute of Physics.

3. Physics at Palermo University in the Thirties

La Rosa had been Professor of Physics for almost 20 years, succeeding his father-in-law Damiano Macaluso (1845-1932). His research was mostly oriented toward electromagnetic effects; he proposed an electronic theory of metals, that met the criticism of Orso Mario Corbino (1876-1937). La Rosa is especially known for his opposition to some postulates of relativity, for instance that light speed should be the same in whatever reference system. Through a photometric study of double and variable stars and novae, he attempted to confirm the ballistic theory of light of Walter Ritz (1878-1909). Although initially in disagreement, he proved more favourable toward quantum and wave mechanics, in his last years (Chinnici 2015). La Rosa was Dean of the Science Faculty, and, from 1932 to 1935, Chancellor of the University of Palermo.

Among his pupils, we must remember Antonio Sellerio (1885-1973), later Professor of Theoretical Physics at the Engineering Faculty, getting involved in Philosophy of Science, and Cosimo Cannata, private docent of Experimental Physics. A hidden but

important role in the life of the Institute was also played, from 1889 to 1939, by technician Giovanni Battista Russo, whom Segrè judged “skilled and eager” (Segrè 1995).

La Rosa died on July the 6th 1933; in those years, physics was undergoing a period of renewal and strong evolution, both of its research themes and instrumentation. In 1932, James Chadwick (1891-1974) had discovered neutron, and in 1934 Irène Curie (1897-1956) and her husband Frédéric Joliot (1900-1958) artificial radioactivity. In Rome, Enrico Fermi (1901-1954) and his collaborators were turning from atomic to nuclear physics; Fermi had discovered that neutrons could be more efficient than alpha particles, as bullets to induce nuclear reactions. Several new radioactive isotopes were obtained, and slow neutrons discovered; these latter ones, moving at a speed close to that of thermal agitation, were very efficient in producing nuclear reactions (Segrè 1960).

4. The Chair of Physics at Palermo University

In this scenario, Segrè was appointed Professor of Physics in Palermo, also thanks to the presence of Fermi within the examining board. Meaningfully, the other members of the board scarcely appreciated the importance of Segrè’s contribution to investigations on radioactivity. In their final relation, only a few lines are devoted to this:

Segrè scientific production essentially concerns spectroscopy and artificial radioactivity. [...] Regarding artificial radioactivity, he has very efficiently worked with Fermi, and his activity has particularly been devoted to chemical problems (Segrè 1995, p. 138).

Segrè was aware that the Chair was an acknowledgment to his scientific and didactic activity, but he suffered to leave the stimulating environment of via Panisperna, where he had benefited from excellent intellectual and experimental resources. He knew that in Palermo he would have found nothing but an empty new building, to be furnished and organized, and he felt “very much like a missionary leaving Rome for his first mission” (Segrè 1960). Nevertheless, he realized this was an opportunity to create a modern school of physics in Palermo, to be compared to the one in Rome, and decided to work hard and maximise local resources.

5. Organizing the Institute

Segrè arrived in Palermo soon after the moving of the Institute from its first building at the Theatins’ complex (via Maqueda) to a new one, located at the ground and first floors of via Archirafi 36. There he found “very large rooms, waste space, and instruments and tools of the previous century or missing at all” (Segrè 1995). Among his collaborators, Giuseppe Petrucci, a mid-aged assistant, which Segrè judged “not reformable”, and the aged abovementioned technician, Russo. Among his very few students

(eight in the years 1935/6 and 1936/7), Mariano Santangelo (1908-1970), who later became his assistant, and Ginetta Barresi “an unusual person, most intelligent, accustomed to use her brain, with deep Sicilian roots, sincerely religious, learned in Catholic doctrine, and, in many respects, ahead of time” (Segrè 1995). To expand his team, Segrè obtained that Bernardo Nestore Cacciapuoti (1913-1979) and Manlio Mandò (1912-1989), former students of the Scuola Normale of Pisa, were appointed his assistants in Palermo.

In regard to his experimental activities, he built a hood for chemical operations, and restored the glassware and laboratory equipment, possibly dating back to the times of illustrious chemist Stanislao Cannizzaro (1826-1910), what Segrè judged to be auspicious. To measure radioactivity, he asked Russo to build a standard ionization chamber and bought a Perucca-type electrometer (fig. 1); electrometers were called by somebody “*Signum Romanum*”, the Roman sign, as Fermi’s pupils had left them everywhere they had been (Segrè 1960). Segrè was thus ready to begin studies on artificial radioactivity in Palermo, despite the lack of radioactive sources, and funds to buy them.

Shortly after his move to Palermo, on February the 2nd 1936, he married in Florence Elfriede Spiro. Initially, the new wed set up in Palermo at the Excelsior Hotel, in the smart via Libertà, later moved to a new built apartment, in the near piazza Francesco Crispi, in front of Monastero delle Croci and Giardino Inglese (Segrè 1995).



Fig. 1. Ionization chamber and Perucca-type electrometer displayed at the Department of Physics and Chemistry, in the historical building of via Archirafi 36, Palermo (Italy).

6. The cyclotron

At the end of the lecture course and examination session, in the summer 1936, Segrè and his wife set sail to the States. After a short stay in New York, where they visited Columbia University, they moved to Berkeley, as suggested by Otto Stern (1888-1969), at whose laboratory in Hamburg Segrè had worked in previous years. At Berkeley, Ernst Orlando Lawrence (1901-1958) had built a 27-inch cyclotron, to obtain a relatively high amount of radioactive isotopes.

Fermi had unsuccessfully tried to build one in Roma too; therefore, he and Segrè were very interested to have first-hand information on the functioning and performance of this instrument. At Berkeley, Segrè got acquainted with Lawrence and his associates: Edwin McMillan (1907-1991), Don Cooksey (1892-1977), Franz Kurie (1907-1972) and Philip Abelson (1913-2004). He met Lorenzo Emo Capodilista (1909-1973), a former student of Bruno Rossi (1905-1993) and Gilberto Bernardini (1906-1995) from Florence.

Segrè was strongly impressed by the cyclotron, especially from the great amount of radioactivity it was able to produce, and assumed he would succeed, with careful work, in finding some new long-lived isotopes, in the targets of the instrument. He therefore obtained some worn out brass D electrodes and other pieces of the cyclotron from Lawrence in order to study them in Palermo. The choice of these pieces would reveal very lucky.

7. Physiological studies using ^{32}P

Back in Palermo, he soon started to work in his new laboratory, using the previously collected instruments, to separate different radioactivities with the usual radiochemical methods. To achieve this, he asked Perrier for help: their Institutes were hosted in the same building, and both of them belonged to the Science and Pharmacy Faculties. Also the physiologist Camillo Artom (1893-1970) belonged to the latter Faculty.

When Perrier succeeded in extracting a large amount of radioactive ^{32}P (phosphorus) from the brass electrodes, Segrè stated to involve Artom in further investigations. He explained him the utility of radioactive tracers (relatively unusual for the time), convincing him to use them in his studies on phospholipids metabolism, offering him both the isotopes and the technical support to measure radioactivity. Artom immediately understood details and potentialities of this new technique, and planned interesting and fruitful applications. In a short time, their cooperation produced excellent results: thanks to Segrè and Artom's enthusiasm and scientific far-sightedness, a multidisciplinary research group was born in Palermo. Beside Perrier, also Santangelo and Artom's assistant Gaetano Sarzana joined the group, working on innovative themes, of international reputation. Unfortunately, their activity was suddenly shut down by the new anti-Semitic politics of the Italian Government, which dispersed and wasted this potentiality.

7. A molybdenum plate

On February 1937, Lawrence sent Segrè a letter containing a molybdenum plate that had been part of the cyclotron deflector. Segrè immediately suspected that it could contain isotopes of the element having atomic number 43, one of the very few still missing elements of the Periodic Table. This element was quite unknown. In 1925, two German chemists, Ida Tacke (1896-1978) and her husband Walter Noddack (1893-1960), had claimed its discovery in a columbite sample, giving it the name “masurium” (Tacke 1925). This element was never obtained again, and many chemists suspected the Noddacks had been deluded and their claim was not correct. Moreover, the Mattauch rule excluded its presence in natural ores.

Segrè argued that, as the molybdenum plate (atomic number 42) had been bombarded with neutrons and deuterons, beside the isotopes of molybdenum, zirconium and niobium, one or more isotopes of element 43 could likely have been produced, through a (d, n) or (d, p) reaction, followed by a beta decay. To confirm the presence of the unknown element, it should be proved that the strong surface radioactivity of the plate was not due to any other known element; moreover, as many radioactive and chemical properties of the new element as possible should be determined.

Once again Segrè sought the help of Perrier, who had a better expertise and experience in analytical chemistry; together they started to collect evidence in favour of the presence of element 43 in the bombarded plate. Their strategy to solve the problem consisted in:

1. Using Mendeleév periodicity criteria to foresee chemical properties of the searched element;
2. Applying Marie Curie’s procedure to separate and identify it with radiochemical methods, also considering that a macroscopic sample could behave quite differently from its trace amounts.

Perrier procedure was a striking, but not unusual, examples of what chemists do everyday: to inductively infer, from their experiments, what others are unable to see. Eventually, brought apart all possible interferences in non-active fractions, the radioactivity extracted from the molybdenum plate could be attributed to nothing else than element 43, even if in extremely small amounts, likely 10^{-10} grams or less. In Segrè comments, “all this work was very fun, and of obvious importance” (Segrè 1995).

8. The element 43

As the work proceeded, Segrè and Perrier discovered several interesting properties of this element, the first artificially obtained, thus confirming its similarity with its congener manganese. This investigation was completed in a short time, and the results were presented from fellow Nicola Parravano (1883 -1938) to the Royal National Academy of Lincei, on June the 4th 1937; they were later published in the Proceedings of the

Academy, and, in English, in the Journal of Physical Chemistry (Perrier, Segrè 1937). Shortly later, together with Cacciapuoti, Segrè identified three isotopes of element 43, with half lives of 90, 50 and 80 days respectively (Cacciapuoti, Segrè 1937).

This discovery drew great interest in the scientific community, and both Fermi and Bohr expressed their appreciation: Segrè was exceedingly pleased for these comments, as they acknowledged the high interest and quality of researches carried out at the Physical Institute of Palermo University. Widespread enthusiasm arose also in non-scientific Italian circles: as the discoverers had the right to name new-found elements, some names were suggested to celebrate fascism or to give fame to Sicily, such as “trinacrium”. Anyway, Segrè and Perrier delayed the choice, as they did not share these sentiments; their hesitation was due to the extremely small amount of element obtained, and to their refusal to spark a quarrel on priority. They were well aware of the soundness of their own results and decided to wait for the acknowledgment of the scientific community, and the falsification of Noddack claim: “We believed it was more elegant not to show haste in naming the element” (Segrè 1995).

Although Capodilista frequently sent from Berkeley new fragments of the cyclotron to improve Segrè investigation, short lived isotopes could not be studied, as they decayed during the sea travel to Palermo. Therefore, during 1938 summer holidays, Segrè went back to Berkeley, where he built a simple ionization chamber to carry out investigations *in loco*. There, he also got acquainted with the young chemist Glenn Theodore Seaborg (1912-1999), a former pupil of Gilbert Newton Lewis (1875-1946); Seaborg accepted to work with Segrè. Together they succeeded in separating an isotope of element 43, with a 6-hour half-life. Investigating its electrons and gamma-ray emissions, they concluded these were generated by a transition between two isomeric states. The excited isomer decayed to the stable one, by an internal conversion mechanism, ejecting a K electron that could be revealed by a magnetic spectrograph. From the lines of the X-ray spectrum of this isotope, it was possible, according to Moseley law, to confirm it had atomic number 43.

Their spectrum was of a better quality than the one obtained by the Noddacks, and never published on an international journal; Segrè believed that this, together with the short half-lives of the isotopes, provided evidence that the Noddacks could not have extracted element 43 from an ore, simply because it could not exist on the Earth. Half-lives of all its isotopes are so short, compared to the geological times, that, if present at the birth of the Earth, they could not have survived till now (Segrè 1960).

9. Technetium

The closely following burst of World War II slowed or precluded information exchange between scientists, and delayed the solution of some fundamental chemical questions:

1. Should be acknowledged the existence of an element that could not be found in nature, but only produced through spontaneous or induced nuclear reactions?

2. Should be accepted indirect proofs of the existence of such an element, lacking appreciable or measurable amounts of it?

At the end of the war, the question was once again brought to life by Friedrich Adolf Paneth (1887-1958): in a paper published in *Nature*, on January 1947 (Paneth 1947), he answered positively to the above questions, vindicating for these elements the full right to be hosted into the empty places of Periodic Table, according to their atomic numbers, thus putting an end to the discussion about the supposed difference between natural and artificial elements. As a consequence, Paneth proposed to ascribe the discovery of an element to the first who would be able to produce irrefutable proofs of its identification, even if not in an ore. Certain of the incorrectness of the Noddacks' claim, Paneth invited Segrè and Perrier to give a name to element 43, as that of masurium had been illegally attributed.

To recall the artificial origin of element 43, Segrè choose a Greek term, *technetos*, which means artificial. In agreement with Perrier, in a letter to *Nature* (Segrè 1947) he proposed the Latin name *technetium* (symbol Tc), definitively adopted from IUPAC in 1949.

10. A priority dispute

Although they had both tried to verify the reliability of the results, Segrè and Noddacks never gave rise to a public dispute on priority. Nevertheless, in recent years, someone has tried to reassess Noddacks' discovery. The point was: can element 43 be found in terrestrial ores or not? In 1939 Siegfried Flügge (1912-1997) suggested that, in past eras, uranium could have undergone self-sustained nuclear chain reactions, in natural environment, in large deposits such as that in Joachimsthal, Bohemia (Flügge 1939). In 1965 the Japanese nuclear chemist Paul Kazuo Kuroda (1917-2001) calculated the age of such a natural reactor, which indeed was found in 1972 in the Oklo (Gabon) pitchblende mine (Scerri 2013). There, small amounts of technetium were found, likely due to the spontaneous ^{238}U , or neutron induced ^{235}U fission.

As a consequence, the Belgian Physicist Peter van Assche (1988) had tried to rehabilitate the Noddacks, proving element 43 really present in the ores they had analysed. The Noddacks had indeed treated uranium-containing ores too, such as monazite, and pitchblende, but they didn't claim to have found masurium there. Van Assche tried:

1. To evaluate masurium abundance in the ores they analysed (columbite, sperrillite, gadolinite and fergusonite), on the basis of their uranium content;
2. To establish if such a small amount could produce X-rays lines surely detectable, by the best instruments available in 1925.

Starting from the half lives of the isotopes ^{99}Tc and ^{238}U , and from the yield of the uranium spontaneous fission to ^{99}Tc (about 6.3%), and assuming a 5% medium content of

uranium in the analysed ores, van Assche evaluated a relative atomic abundance of about 10^{-13} for technetium.

The second point was harder to verify *a posteriori*, lacking information about the instrument used, and the X-ray plates themselves, because they had been gone destroyed, as Noddack told to Segrè on September 1937 (Segrè 1995). Despite van Assche's attempts to correct the instrument detection limits, that Carl von Berg, the technician who registered the X-ray spectra of Noddacks' residues, had estimated, through the calibration line, as low as 10^{-9} , this value was still too large compared with the estimated masurium content (Herrmann 1989). In conclusion, this and other attempts to rehabilitate Noddacks proved unsuccessful.

Anyway, in the Fifties, astronomers working with Paul Willard Merrill (1887-1961), at Mount Wilson Observatory, identified intense technetium lines in spectra of S-stars (Merrill 1952). As a consequence, the problem of actual existence in nature of element 43 was solved. Though not found on Earth in significant quantities, because of its short half-life, as far as we know, technetium is mostly produced by stellar nucleosynthesis in S-stars and is formed in the star's core by slow neutron capture (s-process). S-stars belong to the class of asymptotic giant branch (AGB), which includes stars of less than 8 solar masses, near to their final evolutionary stage.

In AGB stars there is plenty of C13, and alpha capture onto C13 provides an efficient free neutron source for s-process. AGB stars, having helium and hydrogen burning shells, dredge up heavy elements from the core to the surface. Tc-rich S-stars have undergone third dredge-up (TDU) events, while in Tc-poor S-stars, technetium has completely decayed (Shetye et al. 2018). For this reason, technetium is not observed in all S-star spectra. According to some simulations, a fraction of technetium could be also produced by Type Ia supernovae (Leung, Nomoto 2018). Nature therefore produces technetium, as well as other "exotic" heavy elements, in the various final stages of stellar evolution, in that wonderful forge which is our universe.

References

- Cacciapuoti B.N., Segrè E. (1937). "Radioactive Isotopes of Element 43". *Physical Review*, 52, pp. 1252-1253.
- Chinnici I. (2015). *La Fisica negli anni trenta: uno sguardo al contesto*. In Workshop Palermo, 1937. *La scoperta del Tecneto*, Università di Palermo, 20-22 October 2015.
- Flügge S. (1939). "Kann der Energieinhalt der Atomkerne technisch nutzbar gemacht werden?". *Naturwissenschaften*, 27, pp. 402-410, citato da (Scerri 2013, p. 225).
- Gambaro I. (1987). *La scoperta del Tecnezio*. In *Atti dell'VIII Convegno Nazionale di Storia della Fisica*. Napoli: pp. 187-200.
- Herrmann G. (1989). "Technetium or masurium – a comment on the history of Element 43". *Nuclear Physics*, A 505, pp. 352-360.
- Leung S.C., Nomoto K. (2018). "Explosive Nucleosynthesis in Near-Chandrasekhar-mass White Dwarf Models for Type Ia Supernovae: Dependence on Model Parameters". *The Astrophysical Journal Supplement*, 861 (2), p. 143.

- Merrill P.W. (1952). "Spectroscopic Observations of Stars of Class S". *The Astrophysical Journal*, 116, p. 21.
- Paneth F. A. (1947). "The making of the missing chemical elements". *Nature*, 159, pp. 8-10.
- Perrier C., Segrè E. (1937). "Alcune proprietà chimiche dell'Elemento 43". *Atti della reale Accademia Nazionale dei Lincei*, Serie VI, pp. 723-730; "Some Chemical Properties of Element 43". *Journal of Chemical Physics*, 5, pp. 712-716.
- Scerri E. (2013). *The Tale of 7 Elements*. New York: Oxford University Press.
- Segrè E. (1947). "Technetium. The Element of Atomic Number 43". *Nature*, 147, p. 24.
- Segrè E. (1960). *From atoms to antiprotons. Forty-Seventh Annual Faculty Research Lecture*. March 24, <https://oac.cdlib.org/findaid/ark:/13030/c8639vx8/dsc/>
- Segrè E. (1995). *Autobiografia di un fisico*. Bologna: Il Mulino. See also Segrè E. (1993). *A mind always in motion. The autobiography of Emilio Segrè*. Berkeley: University of California Press.
- Shetye S., Van Eck S., Jorissen A., Van Winckel H., Siess L., Goriely S., Escorza A., Karinkuzhi D., Plez, B. (2018) "S stars and s-process in the Gaia era. I. Stellar parameters and chemical abundances in a sub-sample of S stars with new MARCS model atmospheres". *Astronomy & Astrophysics*, 620: A148, p 21.
- Tacke I. (1925). "Die Eka-Mangane." *Naturwissenschaften*, 13, pp. 567-574.
- Van Assche P. (1988) "The ignored discovery of element Z = 43". *Nuclear Physics*, A 480, pp. 205-214.
- Zingales R. (2005). "From Masurium to Trinacrium. The troubled story of element 43". *Journal of Chemical Education*, 82, pp. 221-227.

Eugenio Fubini from “Ferret” electronic systems to IBM: The battle for US electronics supremacy

Benedetta Campanile - Seminario di Storia della Scienza, Università degli Studi di Bari “Aldo Moro” - benedetta.campanile@uniba.it

Abstract: Based on unclassified reports and movies, this paper presents some considerations on the Italian physicist Eugene Fubini and his works from the 40s to the 70s. It examines his contribution to the birth of the electronics reconnaissance in the WWII and Cold War contexts and his pledge to maintain peace between the nuclear powers. Fubini represents a typical Jewish European scientist who emigrated to the US in 1938 due to racial persecution. Overall, Fubini distinguished himself for his patriotism and direct involvement in the US Department of Defense in the role of Assistant Secretary of Defense. Indeed, as engineering scientist, and director, Fubini led a personal battle to gain pole position in research within the electronics field. Moreover, he foresaw computer technology as the new instrument for the development of a society made up of independent thinkers finding innovative solutions anchored on the principles of interoperability, interchange, and interactivity.

Keywords: Eugenio Fubini, Ferret systems, IBM360, WWII, Cold War.

1. Introduction

At the beginning of the nineteen sixties the physicist and engineer of Italian origin, Eugenio Fubini (Turin 1913 – Brookline 1997) was one of the most influential Pentagon directors involved in the research and development planning of electronic intelligence and space exploration technologies. He was the son of the mathematician Guido Fubini and achieved a degree in physics in Turin. In fact Eugenio was one of the youngest of Enrico Fermi’s pupils in Rome, so called “puppies”, but due to his Jewish origins, he was exiled to America along with the majority of those from the Via Panisperna boys. His prestigious contribution to the US field of electronics leads to some reflections: the close interaction in the 1900s between pure science and technology; the patriotic contribution of some Jewish scientists exiled from Nazi-fascist Europe; the relationships among a scientist – engineer – director and the political-military environment in the United States.

All of these aspects make it easier to explain Fubini’s commitment to the battle for electronics supremacy in the US aerospace industry as well as his passion for computers. Furthermore, these aspects provide some clues towards understanding whether he was motivated purely by scientific interest or solely patriotic interest.

2. Science and engineering for a common mission: to save democracy

In 1961 the problem of efficiently processing technical information in order to monitor the USSR and China's offensive capabilities was of utmost importance for the American Ministry of Defense. President John F. Kennedy nominated Fubini as Assistant secretary of Defense to manage research and information systems. The scientist chose research and development programs to be financed according to the Cold War strategies and from 1963 he took on the role of Deputy director of Defense research and engineering (An. 1965, p. 4). The American dream was underway! An exiled Italian due to racial laws, had been employed as a radio-systems engineer at Columbia broadcasting system in New York until the start of the Second world war, at that time he managed some of the Ministry's most important decisions for national security. Managing weapon development required the ability to strike a balance between military needs, political interests and to have an advanced vision of rapidly changing technologies. Fubini had demonstrated on several occasions that he possessed the necessary personality to be able to create dialogue among these parties and the ability to ensure a balance among planning, functionality, distribution and simple to use projects. He also knew how to interpret the Defense secretary, Robert McNamara's (1916-2009) guidelines who, considering his background as managing director of Ford, evaluated each project in terms of costs/benefits.

At the Pentagon, from 1961 to 1965, Fubini found himself in a well-suited cultural working environment where scientists and research managers had been directly involved in the Second world war as civil experts serving their country and they all shared the same ideals: national security in the name of democracy. Among all these colleagues, Fubini shared a relationship with Harold Brown, Director of Defense research and engineering, nuclear physicist at Berkeley with Emilio Segrè, who had taken over from Herb York, the person responsible for Eugene's transfer to Washington (Fubini 2009, p. 178). In agreement with McNamara, Fubini worked on substituting air technology with satellite technology to be used for the secret surveillance of opposing powers. Indeed, his judgment influenced the decision to end the development of the "B-70 Valkirie" nuclear bomber in 1961 due to the excessively high costs and to substitute it with satellite ones (Fubini 2009, pp. 185-186).

3. From microwave circuits to phased array radars

Gene, as Fubini was known in America, was an expert in electromagnetic energy transmission and obtained approximately 30 patents. From 1945 to 1961 he worked in the role of Vice president and Director of research for the Airborne instruments laboratory (AIL) Company, a civil company which, at the end of the War, merged with its military laboratory namesake under the aegis of Columbia University and the Radio research lab (RRL) researchers from Harvard, which Fubini was involved in. In this new AIL, Gene worked on the secret development of radar systems and countermeasures: antennas, phased array radars and microwave circuits (Fubini 1960).

Research on radar countermeasures had already been taking place at the same time as research into radars in 1941 and after the War, this was established as the basis for aerial reconnaissance as, by collecting intelligence on electronic signals, Electronic-signal intelligence (ELINT), the United States was able to obtain information on China's and the Soviet Union's access to nuclear weapons, which was necessary in order to prevent possible surprise attacks. Indeed, from 1946 onwards monitoring nuclear weapon availability was carried out in two ways: signal espionage (SIGnal INTelligence or SIGINT) and via communication (COMmunication INTelligence). The B-17G reconnaissance aircrafts, the so-called "ferrets", just like their namesakes, sniffed the air, but with the objective of capturing the electromagnetic waves that were emitted by any possible nuclear testing. In comparison with the photographic apparatus used for aerial reconnaissance in the First and Second world wars, these electronic sensors provided exact quantitative data, which left no room for misunderstandings or suspicions. The "ferrets" were equipped with: AN/APN-4 and AN/APN-5 radar receivers, AN/APA-10 and AN/APA-11 impulse analyzers, Hewlett-Packard audio oscillators, impulse frequency repetition analyzers and data storage tapes. The aircrafts of the 311th Reconnaissance wing used this technology to identify possible Soviet radar sites in Northern Greenland. In 1947 the B-29 "ferrets" were turned into electronic surveillance stations, which required new operators onboard aircrafts in the form of electronics specialists known as "ravens": three technicians searching for and analyzing signals and three navigators. The aircrafts set off from Alaska with the aim to locate Soviet radar sites on the Siberian coastline so that if there were to be a Soviet nuclear attack, they would have indicated those sites to United States bombers, who would have, in turn, neutralized those sites guaranteeing an efficient and potentially destructive American offensive.

The SIGINT method was based on identifying the type of radar transmission and associating it to the source position whereas the COMINT was focused on cryptography in order to decipher the diplomacy's secret messages. On the 6th September 1961, all these top-secret operations were handed over to the new National reconnaissance office (Fubini 2009, p. 193; Berkowitz 2011, pp. 1-29).

4. Radar countermeasures

Gene worked on the first countermeasure radars, the English "carpets", which were installed on the first B-17 "ferrets" in Italy in 1943. He was placed in the Army as a senior, civil technician and was deployed in Sardinia to the Army signals corps, the communications division (Fubini 2009, p. 107). The "carpets" were used to pick up radar signals which hit the aircrafts and to send them back to the radar as false responses in order to blind the device. Electronic signal jammers studied by the RRL had a double objective: 1) prevent the radar from locating the target by creating confusion in the echo receivers using return signals generated by the aircraft itself; 2) use the signals in order to locate the radar. Fubini suggested placing APA-24 directional antennas on the aircrafts in order to scramble the radar signals which the "carpets" picked up with the

data from the station on the ground in Corsica and in this way, obtain the location of the enemy radar. In a short time, the scientist was able to create an exact map of the German radars on the Italian coastline, which were needed by the Allies in order to neutralize them and be able to land in Italy.

As shown in a training film for reconnaissance pilots (US Navy 1962), various jamming techniques existed, known as the "Spot Jammers." In each "ferret" team on night flights, two aircrafts without bombs carried jamming equipment: a signal receiver, manually tuned to scan and identify enemy radar bands, and three transmitters, manually tuned to the located spot frequency. The transmitters emitted a signal which was sent to the radar, as well as the signal which bounced back from the aircraft. This meant that the radar was unable to distinguish the true trace from the false one and thus it was accepted. In general, radar jamming was able to intentionally emit very strong and concentrated radio signals, aiming to saturate the radar receiver in two ways: with false information or with sounds. In both cases, the received signal was registered, modified and retransmitted. By respectively modifying the return time, the Doppler shift or the amplitude modulation in order to enter the victim radar's secondary lobe, it was possible to alter information about distance, speed or the recorded track azimuth. The noises, on the other hand, were made up of several responses which were sent to simulate the presence of several aircrafts. The analogy between the reconnaissance equipment and John Von Neumann's new digital computers development, in its early stages at that point, is worthy of note. Indeed, there is a receiver or an input unit, a controller or a control unit, a tuner or a storage unit, a modulator or a unit to calculate/modify signals and finally a transmitter or a results output unit. The process still required many operators because the devices did not communicate.

5. Intelligence systems for peace

During the Cold war, Fubini championed his equipment as peace systems because they represented a deterrent to surprise attacks (Fubini 1965a, pp. 60-64). He was convinced that a reconnaissance system based on scientific analysis and findings, i.e. measuring electronic variables, would provide exact information on weapon possession and any possible secret attempts at weapon proliferation. Therefore, it ensured that international treaties were abided by and eliminated unfounded suspicions and accidental errors (Greenwood 1972, p. 23).

Gene favored space projects which envisaged missile construction with safe and efficient vectors designed to launch satellites with new and more advanced surveillance systems installed on them: satellite photography or IMagery INTelligence (IMINT) and electronic satellites or SIGNAL INTelligence (SIGINT). The first US satellites were developed based on the Soviet model: "Grab", "Explorer", "Corona" and "Gambit", which was the first true successful one. The science fiction idea of launching satellites into the Earth's orbit had become a reality thanks to the missiles and it was therefore possible to carry out safer and more accurate surveillance without encroaching on enemy space and putting aircraft pilots at risk. Sharing this new scientific knowledge

with the general public took place through specialized magazines such as “Popular Mechanics Magazine”, which divulged the authorized secrets and the advantages of the new technologies used in space exploration. In turn, Fubini explained how satellites worked to the Pentagon’s military assembly using the rudiments of astrophysics in order to overcome their proverbial reticence towards accepting new technologies that were not weapons (Fubini 2009, pp. 191-192).

The reconnaissance satellites orbited with sensors on board which were able to make use of the whole electromagnetic spectrum and they sent data to Earth where recording systems had been improved with high resolution tapes, optic systems, television signals and telemetry. Ultimately, the “ferret” satellites, which were camouflaged by television signals, carried out secret surveillance on enemy territories, collecting data on: military air base locations, missile launch sites, radar positions and secret messages transmitted from military enemy command centers. Therefore, the US super power had a network of satellites, aircrafts, submarines and ground control stations, which made up the new combat strategy that could count on its knowledge of enemy bases in order to respond efficiently in the event of a nuclear attack (Spezio 2002, pp. 633-644). However, according to pacifists, Fubini’s technical in-depth work had taken priority over the real objective. Peace had fallen into second place compared to his research results. This led to claims that behind all the patriotism, there was ill-concealed political influence that «destroyed [...] the image of a “feasible” society» according to the USSR. In other words, behind the hypothesis of a possible nuclear catastrophe that justified the Single Integrated Operational Plan, there was a hidden battle between communism and liberalism (Tsipis 1972, p. 47).

6. Fubini - second vice president of IBM

In 1963 President Lyndon Johnson awarded Fubini with the *Department of Defense Citation* for his esteemed contribution to pacification, the most prestigious recognition endowed by the Pentagon. However, in 1965 Fubini resigned from the Ministry in order to accept the role of vice president and executive director for the development of advanced research systems for the International business machines corporation (IBM), a situation which was somewhat a novelty for an enterprise. Fubini’s invested interest in the innovative IBM S/360, that is the first family of compatible computers, was driven by his vision to modernize how society used these computers to work and think as they finally made it possible for the different components to communicate with each other, introducing the principles of interoperability, interchange and interactivity. The S/360 had a completely new architecture that modelled all the internal and external communication on the CPU’s internal log dimensions. Six different models of processors were produced which could be associated with various peripheral devices as well as other brands. All the different machines from different production lines were able to work together! After the S/360 model, carrying out automatized actions with a “computer” was no longer the order of the day but instead it was known as managing complex processes through “computer systems” (Lecht 1979, pp. 12-17). Within IBM, the S/360 project launched an extraordinary period of technological creativity despite

beginning as a cannibalization of all the other production lines, some might say a business gamble! Fubini continued in a research and technological consultancy role at IBM following his resignation in 1969 due to his discontent with the new and purely commercial direction taken (Pugh 1991, p. 789). In his opinion, at this point computers would have transformed the programming “style”, how program problem solving took place, and they would have modified society itself (O’Connell 1969, p. 30).

All in all, Fubini’s contribution to electronic development can be considered as on the boundary between science and patriotism which favored the military industrial complex, however, overall his intention was scientific development for the good of society. For this reason, he urged the authorities to invest in new electronic innovations and encouraged his colleagues to take on new creative challenges presenting “elegant and imaginative” projects that upheld the electronics standards of simplicity, imagination and interoperability (Fubini 1965b, p. 339). From this perspective, it is therefore pertinent to acknowledge the happy encounter with the psychologist Joseph Liklider’s idea of a “global network”, which became reality with the birth of the Internet just ten years later.

References

- An. (1965). “DoD shifts topped by Brown change to AF secretary”. *Army R&D Magazine*, 6 (8), August 1965, pp. 1;4-5.
- Berkowitz B. (2011). *The national reconnaissance office at 50 years: A brief history*. Chantilly (VA): U.S. National Reconnaissance Office.
- Fubini D. G. (2009). *Let me explain. Eugene G. Fubini’s life in defense of America*. Santa Fe (NM): Sunstone Press.
- Fubini E. (1971). *Reconnaissance and surveillance as essential elements of peace*, in Feld B.T., Greenwood T., Rathjens G.W., Weinberg S. (eds.), *Impact of new technologies on the arms race*. Cambridge (MA): MIT Press, pp. 152-158.
- Fubini E. Ghiron (1965a). “Is the U.S. armed for the wrong war?”. *US News and World Reports*, 56, 16 August 1965, pp. 60-63.
- Fubini E. Ghiron (1965b). “Simplicity and imagination”. *Poles and zeros. Proceedings of the IEEE*, 53 (4), April 1965, p. 339.
- Greenwood T. (1972). “Reconnaissance, surveillance and arms control”. *The Adelphi Papers*, 12 (99), pp. 23-24.
- Lecht C.P. (1979). *The waves of change: A techno-economic analysis of the data processing industry*. New York: McGraw-Hill.
- O’Connell J.D., Fubini E.G. (1969). “Electronically expanding the citizen’s world”. *IEEE Spectrum*, 6 (7), pp. 30-40.
- Pugh E.W., Johnson L.R., Palmer J.H. (1991). *IBM’s 360 and early 370 systems*. Cambridge (MA): MIT Press.
- Spezio A.E. (2002). “Electronic warfare systems”. *IEEE Transactions on Macrowave Theory and Techniques*, 50 (3), pp. 633-644.

-
- Tsipis K. (1972). “Pugwash on the arms race”. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 28 (1), January 1972, pp. 47-48.
- U.S. Navy (1962). Radar Jamming: Defensive electronic *countermeasures*. US Navy Training Film, May 1962, National Archives, n. 75132, Department of Defense.

The explicit use of symmetry as a principle. Study of the symmetry notion as a metalanguage term in relativistic physics

Ruth Castillo - Universidad Central de Venezuela - chebichev@gmail.com, ruthcastillo@usb.ve

Abstract: Symmetry is for physics what is understood as conservation laws. It is natural for physicists today to derive laws of nature and prove their validity by means of laws of invariance or conservation instead of deriving these laws from those we believe are the laws of nature. This turn represents the first turning point in the application and use of the notion of symmetry in twentieth-century physics as a metalinguistic term. Thus, the magnitudes are automorphisms, ensuring the invariance or conservation of laws in any reference system, showing symmetry as a metalinguistic term. In this article, we postulate the explicit use of symmetry as a principle, studying this notion as a metalanguage term in relativistic physics, assuming that, under certain transformations, the aspects that characterize phenomena, systems or laws are unchangeable, thus being independent from any particular observation (principles of symmetry).

Keywords: Symmetry, Principle, Metalanguage, Invariance, Physics.

1. Introduction

Symmetry is a fundamental notion in physics, showing different meanings: a) Heuristically, it models the search for satisfactory solutions to different problems under a series of statements (for example, the qualitative descriptions of the ancient world warranted equilibrium and harmony observed in the world) and b) Methodologically at present, the theories are studied as structures. The reasons are: 1) The evidence provided by the history of science, 2) The terms acquire their meaning from the theory, and 3) The progress of the theories is more efficient if it contains within them prescriptions on what to do for the advance. From the methodological meaning, in the seminal paper (Mainzer 1990) the notion of *symmetry* presents an important ontological and epistemological question: the problem of whether symmetrical structures are human inventions or a structure of real principles that organizes and determines the world (some believe in an ontological reality of symmetrical structures independent of human models and ideas). From a methodological point of view, currently the ontological question of symmetry is discussed. However, despite the dilemma, we show that a description of nature in terms

of symmetric structures and symmetry breaks seems to be the appropriate way to describe the diversity and complexity of reality.

Under this perspective, for Krauss (2007, p. 188) *symmetry* is a notion in current physics that embraces conservation laws. It is natural for physicists to derive laws of nature and prove their validity by means of laws of invariance or conservation, instead of deriving these laws from what we believe are the laws of nature. In this sense Kastrup (1987), argued that Einstein pointed out this inverted approach when he postulated the universality of the space-time continuous as a consequence of Noether's theorems, which represented the first turning point in the explicit use of the notion of symmetry to twentieth-century physicists. Under the previous perspective, through the algebraic language used in physical theories, we postulate *symmetry* as a metalanguage term revealing the explicit use of the notion as a *principle* in relativistic physics. Weyl (1958) argued that, the magnitudes are *automorphisms*, which ensure the invariance or conservation of laws in any reference system, which show *symmetry* as a metalinguistic term. In this research, we explore the explicit use of symmetry as a *principle*, in terms of Roche (1987), under the study of the notion as a metalanguage term in relativistic physics, assuming that under certain transformations the aspects that characterize phenomena, systems or laws are unchangeable, thus being independent from any particular observation (*principle of symmetry*).

Krauss (2007) postulates the use of *symmetry* as a *principle* in contemporary physics that refers to conservation laws to validate the physical laws. Under this consideration, and taking into account, the use of the notion of *symmetry* as a *principle* in Noether's theorems: each symmetry within a physical system implies the conservation of some physical properties of the system at the same time that each conserved quantity corresponds to symmetry. In other words, the isometry of space accounts the linear conservation of momentum while the isometry of time accounts the conservation of energy. In the book (*La noción de Simetría en Física. Una reconstrucción*, 2008, pp. 107-108), we postulate that, the use of *symmetry* as a *principle* is the principle of relativity ensuring the invariance or conservation of physical laws at group of Lorentz and Poincaré transformations, while in general relativity the use of *symmetry* as a *principle* through the principle of general covariance. The validation of physical laws through the principle of invariance or conservation makes it possible to identify the explicit use of the notion of *symmetry* as a *principle* in relativistic physics. Now, physical theories include algebraic language. In algebraic terms, Weyl (1958) argued that spatio-temporal symmetry refers to aspects of space-time that exhibit a form of symmetry that complies with the properties of time and spatial translation, spatial rotation, Poincaré transformations and inversion transformations. Finally, we argue that symmetry connects empirical reality and mathematical structure through the language. The portentous mathematical apparatus requires understanding *symmetry* as a numerical function supporting the description of the world through the invariance of conservation laws under empirical transformations that are described in mathematical terms.

2. Invariance and Simultaneity

Kant (1928, p. 206) argues that things are simultaneous when the perception of subject *A* can follow the perception of subject *B* and vice versa. We can perceive first the moon and then the earth, or inversely, first the earth and then the moon. These successive perceptions are possible because the earth and the moon exist simultaneously. This reversibility in the order of perceptions is not possible in those successive phenomena. Thus, reversibility in the order of perceptions constitutes a subjective criterion, but this does not mean that simultaneity is derived from succession, since it is the temporal relationship (reversible or not) that we assign *a priori* what determines the subjective criterion of this temporal relationship. Simultaneity is defined by Kant (1928, p. 208) as “the existence of the multiple in the same time”. This means that simultaneity does not have the same conception of time for Kant, in other words, it is not a pure intuition. Weyl (1958, p. 131) argued:

Again, has the statement that two events occur at the same time (but in different places, here and in Syria for example) objective meaning? Until Einstein people said yes. The basis of this conviction is obviously people’s habit of considering an event as happening at the moment when they observe it. But the foundation of this belief was long ago shattered by Olaf Roemer’s discovery that light propagates not instantaneously but with finite velocity. Thus, one came to realize that in the four-dimensional continuum of space-time only the coincidence of two world points, “here-now”, or their immediate vicinity has a directly verifiable meaning. But whether a stratification of this four-dimensional continuum in three-dimensional layers of simultaneity and a cross-fibration of one-dimensional fibers, the world-lines of points resting in space, describe objective features of the world’s structure became doubtful.

From Weyl’s statements, we can understand that simultaneity takes place when two events occur at the same point or very closely and at the same time. In other words, the time interval between two events or the distance between two points must be relative to the observer. Of course, the ideas of Weyl do not go in the same direction of the Kantian arguments. In terms of Weyl’s relational character of simultaneity, two points very close to each other within a referential system (“here-now”) evokes the space-time continuum, since spatial positions do not suffice for simultaneity: temporal simultaneity is required also. Two events will be simultaneous if they are relationally in the same (or very close) spatial and temporal point. Now, when are they not simultaneous? If we consider two different events in different positions, even if they are close to each other, one observer in each place, both within the same space-time, they are not necessarily witnessing the same event at the same time. So, how can we decide which description corresponds to reality? The relational perspective of Kant affirms that not all the observers will measure the same interval of time between two events or the same length for the same object, if they are not under an adequate relationship, in terms of Weyl in that “here-now”. What happens with our theories? Should they be adapted to each particular reference system?

This relative character of simultaneity, observed by Kant and clarified in Weyl’s ideas, demands, in physical terms, the descriptions made by different observers leave the

laws of physics invariant. Thus, though two events are not simultaneous, or our observers do not perceive them at the same moment, their descriptions do not affect the validity or solidity of our theories or physical laws. In Physics is required that the measurements by the observers leave the theories or physical laws invariant in a determined group of transformations. In this way Castillo (2018, p. 73), independently that the events are simultaneous or not, the invariance is a fundamental property of the mathematical structures supporting the solidity of our physical laws. I emphasize, although each observer is in a different reference system and each one argues different descriptions or measurements, the physical laws or our theories remain invariant or unaltered. This requirement of invariance of physical laws in different systems of reference, argues that those descriptions, offered by two observers located at different points of space, should remain unchanged if they are invariant in terms of mathematical structures. Maintaining the structure of science requires laws or descriptions of the world to remain invariant and independent of the observer or reference system. Under these perspectives, Mainzer (1990, p. 319) argued that the notion of *symmetry* (understood in terms of invariance, conservation, equilibrium) evolves within current physics through mathematical language as *automorphisms*. The invariance of the laws of physics, in any inertial system, shows symmetry. Likewise, the invariance is a fundamental property in mathematical structures. The physical laws have been described through the mathematical structures, and the invariance of these structures refers to the permanence of the laws in each inertial system in a group of transformations.

3. The language of symmetry

Mainzer (1990, p. 319) argued that currently in physics, symmetry is understood explicitly as an automorphisms so, a transformation that preserves the structure of space. The automorphisms transform one figure into another by making them in Leibniz's terms, indiscernible, if considered separately. The term *automorphisms* is due to Leibniz, he argued that relations within space represent different transformations that leave the structure invariant (automorphisms). Weyl (1958, p. 46) argued "(1) Every figure is similar to itself; (2) if a figure F' is similar to F , then F is similar to F' , and (3) if F is similar to F' and F' to F'' then F is similar to F'' ". Mathematicians have adopted the word group to describe this situation, and so they say that automorphisms form groups".

Under these ideas, an automorphism or auto-mapping of figures leaves the structure invariant; likewise, automorphisms that fulfill these three conditions comprise in turn a group of transformations, which is plausible since they are a particular case of transformations. Thus, the reflection on a plane will be a transformation associated with bilateral symmetry. For example, in a balance in equilibrium, the exchange between any of its parts does not make the transformation distinguishable; this indistinction is known as reflection. Moreover, this transformation is an automorphism. In this way, iterating the identity (I) we will have an automorphism, since the identity (I) is an automorphism that applies each point p on itself. Let us expand a little this idea of identity as automorphisms. Weyl (1958, p. 45) exposes:

Two applications S and T can be made one after the other: if S applies the dot p at p' , and T the p' at p'' then the resulting application that we will call ST applies p at p'' . An application S can have an inverse S' such that $SS' = I$ and in turn $S'S = I$; in other words if S transports the arbitrary point p on p' then S' applies p' on p and the same condition must be satisfied if first S' and then S is carried out.

From the above, identity I is a transformation and will contain its own inverse. Unlike identity, two applications any ST does not have to be equal to TS , i.e. it does not have to be commutative. Therefore, automorphisms are particular transformations, although every automorphism is a transformation, not every transformation is an automorphism. In this sense, automorphism is a transformation that preserves the structure of space, so reflection on one plane is a basic operation of bilateral symmetry: from its iteration SS' results identity (I), in other words it is its own inverse. Then this transformation (reflection) shows bilateral symmetry. Then, it's possible to affirm that the group of transformations have automorphisms as subgroup, and these will contain a subgroup, the group of the congruences. The congruences can be understood as automorphisms that do not modify the dimensions of a body. The congruences in plane are the reflections and translations, referring to the bilateral symmetry, while the congruences in space as rotations, will respond to the spherical symmetry. Weyl (1958, p. 47) argued that the application of symmetry groups has been widely accepted in science, as it provides a language that explicitly describes symmetry in physical theories by showing the invariance of laws. Thus, in a reference system not only the points in space are represented numerically, also the physical magnitudes. Thus, the transformations between admissible reference systems leave the physical laws invariant, forming the group of physical automorphisms. We can understand physical automorphisms as congruent applications that, unlike geometric automorphisms, consider physical events in space and time.

Weyl (1958, p. 110) exposes: "(...) the world extends not as a three-dimensional continuum but as a four-dimensional continuum. The first to correctly describe the symmetry, relativity or homogeneity of this tetradimensional medium was Einstein". From the above, the structure of the physical world is revealed in general laws of nature; these laws are formulated through the magnitudes that, being functions of space and time, leave these laws invariant. These space-time functions are the physical automorphisms. In the case of simultaneity, the descriptions of both observers are within inertial systems, these descriptions or laws remain invariant because the systems are subjected to translations that exhibit symmetrical properties. The physical space-time (magnitude) or automorphism functions maintain the invariance in the physical laws.

4. Symmetry and its relation to conservation laws: Lorentz transformations and Noether's theorems

Honh and Goldstein (2008, p. 233) argued that A. Legendre established the term bilateral symmetry through geometric considerations rotating a figure many times until it is left in

the same position, so it is not possible to know if the figure has been rotated or not. Similarly, it happens with reflections, dilations and translation movements. Such operations do not allow us to distinguish if such a figure was transformed. Therefore, these operations or transformations make indistinguishable the figure, not being able to assure that something has been applied to the figure. In the algebraic considerations, we can apply the same transformations to equations. Equations, have symmetrical properties (reflection, translation, dilation, etc.). The equations with these symmetric properties belong to the Galileo Group. The Galileo transformations (dilations, rotations and translations) are also contemplated by Newton. Hence, Newton's transformations are subordinated to those of Galileo.

The difference between the group of Lorentz transformations and the group of Galileo transformations lies in the fact that the former offers a transformation equation for time (taking into account the relative character of simultaneity) and consider the constancy of the speed of light. In this way, the Lorentz group leaves the spatio-temporal functions invariant, giving an account of the invariance of laws. Under this perspective, we can affirm that time is an automorphism because it is indistinguishable or indiscernible in a transformation. Time does not distinguish between past, present or future. For the magnitudes, it is indistinct left or right, up or down, today or tomorrow. Krauss (2007, p. 190) argued "a physical magnitude is a physical automorphism". In addition, the group of automorphisms contains as a subgroup the set of congruences, so physical automorphisms are defined as congruences, as we have said, the invariance of the laws against a transformation, in this case the Lorentz transformations. Then the physical automorphisms go on to account for the invariance in terms of the *equilibrium* (*equilibrium* in Greek sense, or *qualitative*).

Krauss (2007, p. 187) argued: "the symmetries of nature are responsible for guiding physicists in two important aspects: they limit the flow of possibilities and determine the appropriate way to describe the remaining ones". In the search for the description of the world, in science prevails the simplicity, preservation of equilibrium and invariance of any change (physical automorphism), in other words, symmetry. Any descriptive possibilities, which do not respond to these aspects, are rejected in science. Then, through the invariance of physical laws with the consideration of physical automorphisms, the symmetry in nature is shown. In 1933, Emmy Noether analyzed this through her theorems. Krauss (2007, p. 190) affirms, that the physical automorphisms are expressed in laws and the laws contemplate equations that govern the behavior of a given system. A physical quantity that remains conserved or indiscernible – without preference to any spatial or temporal direction – and at the same time invariant in a transformation – physical automorphism – is expressed in physics as a conservation law. From this point of view, in physics when we talk about symmetry, we mean the conservation laws. In this way, a physical quantity indiscernible in terms of past and future, without preference in temporal directions and invariant in a transformation, is a physical magnitude conserved in time. In other words, the symmetrical properties of a physical system are intimately related to the conservation laws that characterize the system.

Krauss (2007, p. 192) affirms that Noether's theorem states that each symmetry of a physical system implies some physical property of the system is conserved. Each

conserved quantity has a corresponding symmetry. Noether states this physical quantity is the energy independent of temporal directions. In this sense, Noether relates the physical magnitude of energy, through a conservation law, in other words: the isometry of time corresponds energy conservation. From these ideas of Krauss (2007, p.192), the energy is a conserved quantity as a consequence of symmetry in time – as Noether's theorem affirms – and in an analogous way the quantity conserved as a consequence of the symmetry of space will be momentum or inertia, that is: the isometry of space corresponds conservation of momentum. The conservation of momentum is the principle behind Newton's observation the objects will continue to move uniformly and those at rest remain in that state, unless an external force acts on them.

In the book *La noción de Simetría en Física. Una reconstrucción* (2008), we postulate: if two states are equivalent, the symmetry is shown through an invariant quantity (magnitude). For example, in the principle of inertia, the velocity (magnitude) is constant for rest and a uniform rectilinear motion. The indistinction between rest and uniform rectilinear motion for a local observer (review the classic Newton-Leibniz controversy across Samuel Clarke) show the symmetry of space. In other words, the speed as space-time magnitude is constant (physical automorphism) in a system at rest or in a uniform rectilinear motion (Galileo transformations) showing the symmetry of space.

5. Considerations

Finally, any *symmetry* in a physical system has its corresponding conservation law (and vice versa), constituting in this way an explanation of why there are laws of conservation and physical magnitudes (*physical automorphisms*) that do not change throughout the temporal evolution of a physical system. This argument is based in two basic ideas: (1) The invariance of the physical law with respect to any (generalized) transformation preserves the coordinate system (spatial and temporal aspects), (2) The conservation of a physical magnitude. In this way, the formal statement of Noether's theorems derives an expression for physical quantities conservation. Thus, (1) The invariance of physical systems with respect to translation movement is related with the law of conservation of momentum and (2) Invariance with respect to time is related with the law of conservation of energy. The result of Noether's work is far-reaching in any physical theory. It reduces everything to analyzing the various transformations that would make the form of the laws involved invariant. This important deduction, a consequence of the relativistic theory of Einstein, constitutes the turn in contemporary physics in relation to the consideration of the notion of symmetry as a *principle*.

References

- Branding K., Castellani E. (2003). *Symmetries in Physics. Philosophical Reflections*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Casini P. (1971). *El universo máquina*. Barcelona: Martínez- Roca.

- Castillo R. (2018). *La noción de Simetría en Física. Una reconstrucción*. Mauritius: Editorial Académica Española.
- Frank A., Wolf K.B. (1992). *Symmetries in Physics*, Ciudad de Mexico: Springer-Verlag.
- Geymonat L. (1970). *Filosofía y filosofía de la ciencia*. Barcelona: Labor.
- Haywood S. (2011). *Symmetries and Conservation Laws in Particle Physics. An Introduction to Group Theory for Particle Physicist*. London: Imperial College Press.
- Hon G., Goldstein B.R. (2008). *From Summetria to Symmetry. The Making of a Revolutionary Scientific Concept*. Cambridge: Springer Science.
- Jammer M. (1970). *Conceptos de espacio*. Ciudad de Mexico: Grijalbo.
- Kant I. (1928). *Crítica de la razón pura*. Translated by Morente M. Madrid: Librería General.
- Kastrup H.A. (1987). *The contributions of Emmy Noether, Felix Klein and Sophus Lie to the Modern Concepts of Symmetries in Physical Systems*, in Doncel M. et al (eds.), *Symmetries in physics, 1600-1980. Proceedings of the 1st international meeting on the history of scientific ideas held at Sant Feliu de Guixols, Catalonia, Spain, September 20-26, 1983*. Bellaterra: Universidad Autònoma de Barcelona.
- Krauss L. (2007). *Fear of Physics. A guide for the perplexed*. New York: Basic Books.
- Roche J.J. (1987). *A critical study of symmetry in physics from Galileo to Newton*, in Doncel M. et al (eds.), *Symmetries in physics, 1600-1980. Proceedings of the 1st international meeting on the history of scientific ideas held at Sant Feliu de Guixols, Catalonia, Spain, September 20-26, 1983*. Bellaterra: Universidad Autònoma de Barcelona.
- Mainzer K. (1990). "Symmetry in Philosophy and History of Science the Quarterly of the International Society for the Interdisciplinary Study of Symmetry". *Symmetry: Culture and Science*, 1 (3), pp. 319-328.
- Weyl H. (1958). *La simetría*. Buenos Aires: Nueva Visión.

The role of three female scientists in the discovery of nuclear fission

Giorgio Dragoni - Dipartimento di fisica e astronomia, Università degli Studi di Bologna; I.N.F.N., Sezione di Bologna - dragoni@bo.infn.it

Paolo Cinti - Dipartimento di fisica e astronomia, Università degli Studi di Bologna - paolo.cinti@outlook.it

Abstract: In this article, we highlight the fundamental role played by three female scientists in the discovery of the phenomenon of nuclear fission. We point out that a proposal in this sense was advanced since 1934 by Ida Tacke Noddack, and then (1938) Irène Curie Joliot understand that something was experimentally wrong in the usual interpretation of the production of alleged transuranic elements, accepted by all the main nuclear physics groups between 1934 and 1939. Finally, it was Lise Meitner (and her nephew Otto Frisch), at the beginning of 1939, the first scientist to realize from a theoretical physics point of view the existence of the phenomenon of nuclear fission.

Keywords: Nuclear fission, Slow neutrons, Transuranic chemical elements, Ida Tacke Noddack, Irène Curie Joliot, Lise Meitner.

1. Premessa

In lavori precedenti abbiamo fatto notare alcuni importanti aspetti riguardanti la scoperta della fissione nucleare mediante bombardamento del nucleo dell'uranio con neutroni lenti (Dragoni 1973, Dragoni 2007), in questa occasione vogliamo attrarre l'attenzione del Lettore sul singolare ruolo avuto in questa complessa vicenda da tre grandi scienziate: Ida Tacke Noddack (1896-1978), Irène Curie Joliot (1897-1956), Lise Meitner (1878-1968), i cui meriti dovrebbero essere adeguatamente riconosciuti nell'ambito della storiografia della fisica contemporanea. Naturalmente si inquadreranno brevemente le ricerche nucleari più avanzate all'inizio degli anni '30, e il ruolo decisivo e fondamentale avuto da Enrico Fermi su tutto lo sviluppo e la progressiva conoscenza della fisica nucleare, nonostante le critiche che gli furono rivolte sin dal 1934. In particolare parleremo di quelle di grande rilievo segnalategli da Ida Tacke Noddack (settembre 1934) e che per ragioni "imperscrutabili" non vennero prese nella dovuta considerazione.

2. L'Antefatto: le grandi sperimentazioni di Enrico Fermi e alcune critiche

In una celebre nota per la rivista *Nature* del 1934, Enrico Fermi (1901-1954) si esprime in maniera *dubitativa* sulla possibile produzione di un elemento di numero atomico 93, per bombardamento nucleare dell'uranio con neutroni lenti:

This negative evidence about the identity of the 13 min.-activity from a large number of heavy elements suggests the possibility that the atomic number of the element may be greater than 92. If it were an element 93, it would be chemically homologous with manganese and rhenium [...]. However, as several elements are easily precipitated in this form, this evidence cannot be considered as very strong (Fermi 1934, pp. 898-899; 899).

Nel 1936 in un libro scritto da Ginestra Amaldi e Laura Capon Fermi (consorte di Fermi) dal titolo *Alchimia del tempo nostro* – che doveva essere stato attentamente visionato dallo stesso Fermi – era scritto:

Il Fermi e i suoi collaboratori hanno tentato di esaminare se l'elemento con periodo di 13 minuti fosse isotopo di uno degli elementi vicini all'uranio e compresi cioè fra quelli di numero atomico 86 e 92. Le esperienze hanno avuto esito negativo, e dobbiamo quindi pensare che in questo caso si sia formato un nuovo elemento, il quale avrebbe numero atomico più elevato dell'uranio, probabilmente 93 ... Non si può affermare con assoluta sicurezza l'esistenza di un elemento 93 (Amaldi, Capon Fermi 1936).

Successivamente, tra il 1936 e il 1938, Fermi sembra trovare conferme più convincenti per credere all'ipotetica esistenza di elementi chimici transuranici.¹ Questa convinzione si matura nonostante che varie critiche siano sollevate subito dopo la citata pubblicazione di Enrico Fermi del 16 giugno 1934. La prima critica proviene da due ricercatori (A. von Grosse e M. Agruss) che inviano alla *Physical Review* una lettera (datata 7 luglio 1934) dal Kent Chemical Laboratory dell'università di Chicago. La lettera ha per titolo *The chemistry of element 93 and Fermi's discovery* e i due autori si esprimono individuando sulla base della tabella di Mendeleev proprietà diverse dell'atteso elemento 93 di Fermi. I ricercatori del Kent Laboratory non riuscirono con le loro analisi – sulla base delle proprietà del sistema periodico degli elementi e in accordo alla teoria di Bohr – a rintracciare nell'elemento di vita media di 13 minuti le proprietà attese tipiche di un Ekarenio, simili a quelle del Renio (75). Essi avanzarono per contro la proposta che si potesse trattare di un isotopo del protoattinio (“a new isotope of element 91”). Questi ricercatori, però, presto si ricredettero, rinunciando alla loro interpretazione. Si notino in particolare le considerazioni apparse negli articoli di von Grosse dell'ottobre del 1934 e del marzo 1935 (Grosse 1935, Grosse, Agruss 1934, Grosse 1934a, Grosse 1934b).²

¹ Si veda la *Nobel Lecture* di Enrico Fermi (1963).

² Si noti a riguardo della vicenda qui richiamata l'articolo di Leone, Robotti (2004).

3. Ida Tacke Noddack

Una critica ancora più interessante fondata sulle caratteristiche del sistema periodico degli elementi e quindi di carattere chimico (e con analisi spettroscopiche), ma con una sorprendente proposta di carattere teorico, fu avanzata da Ida Tacke Noddack, moglie e collaboratrice di Walter Noddack, con cui aveva studiato e individuato l'elemento chimico Renio sin dal 1925, e con cui diede importanti contributi al completamento della Tabella di Mendeleev (Noddack et als 1925, p. 400; Noddack 1934, pp. 3012-305). Ida Noddack in questo caso solleverà tutta una serie di osservazioni (Noddack 1934, p. 653-655) al citato lavoro (*vedi nota 2*) di Fermi del 1934. Ecco qui di seguito alcune delle dettagliate critiche avanzate nel settembre del 1934 da Ida Noddack:

Fermi è riuscito a separare per via chimica uno di questi nuovi radioelementi, e precisamente quello con periodo di dimezzamento di 13 minuti ... il radioelemento sconosciuto va nella precipitazione di manganese, e dato che esso, per il suo comportamento, non può essere isotopo neppure del radon (86) e dell'ekacesio (87), Fermi trae la conclusione che esso potrebbe essere l'elemento sconosciuto 93 (o forse anche il 94 o il 95) [Noddack 1934, pp. 653-654] ... Se Fermi fa questo, allora non si capisce perché tra uranio (92) e piombo (82) non prenda in considerazione anche il polonio (84), e perché si fermi proprio al piombo (Noddack 1934, p. 654).

Inoltre la scienziata tedesca presenta una diversa, anzi, rivoluzionaria interpretazione:

L'ipotesi è che con questo nuovo tipo di bombardamento nucleare mediante neutroni, abbiano luogo "reazioni nucleari" completamente diverse da quelle finora osservate con l'azione di protoni e raggi α . Con queste ultime irradiazioni si trovano soltanto trasformazioni nucleari con emissione di elettroni, protoni e nuclei di elio, con i quali – nel caso di elementi pesanti – la massa dei nuclei atomici irradiati si trasforma solo di poco, poiché sorgono elementi strettamente vicini. Si potrebbe pensare che nel caso di bombardamento con neutroni dei nuclei più pesanti, questi nuclei si scompongano [*zerfallen*] in parecchi frammenti piuttosto grossi, che sono per la precisione sì isotopi di elementi noti, però non vicini agli elementi irradiati [*Es wäre denkbar, daß bei der Beschießung schwerer Kerne mit Neutronen, diese Kerne in mehrere größere Bruchstücke zerfallen, die zwar Isotope bekannter Elemente, aber nicht Nachbarn der bestrahlten Elemente sind.*] (Noddack 1934, p. 654).

La proposta di Ida Noddack non sarà accettata, anzi verrà considerata dagli esperti del tempo una vera e propria violazione delle leggi della fisica, in particolare quelle di Rutherford-Soddy. Si osservi a questo riguardo la citazione che farà Otto Hahn – famoso fin dall'inizio del secolo quando ancora giovanissimo scoprì il radiotorio (1905) e il radioattinio (1906) e diversi altri radioelementi negli anni seguenti – al momento della redazione della sua *Nobel Lecture* in chimica per il premio assegnatogli per il 1944. Infatti il 13 dicembre del 1946,³ Hahn scriverà:

³ Come risulta dal *Presentation speech* tenuto dal Professor A. Westgren che si rammarica che Hahn non possa essere stato presente a ricevere il Premio nel 1945. Infatti in quell'anno Hahn era ancora internato a Farm Hall in Inghilterra.

From another direction (Ida Noddack) the objection was raised that all elements of the Periodic System must first be excluded before it was possible to draw the conclusion that an element 93 had been obtained. This objection was not taken seriously as it appeared to be in opposition to *all physical views of nuclear physics* (Hahn 1964, p. 55).

Sarà l'unica volta (tra l'altro solo in nota) che Hahn citerà Ida Noddack nel discorso ufficiale. Nella stessa occasione Hahn citerà 10 volte Lise Meitner e 5 volte i fisici francesi Irène Curie Joliot e Frèdèric Joliot. Questo nonostante che la Noddack avesse tentato ripetutamente tra il 1934 e il 1939 di convincere Hahn (così come fece con Fermi e la Meitner) della validità della sua proposta (vedi nota 1).

4. Irène Joliot Curie, Lise Meitner, Otto Hahn

Le citazioni dei fisici Joliot-Curie sono più che meritate. Infatti fu, tra l'altro, proprio per accondiscendere (inizialmente contro voglia) alle richieste, personalmente presentategli nel 1938 da Frèdèric Joliot, che Hahn ripeté gli esperimenti di bombardamento nucleare dell'uranio eseguiti da Irène Curie, in cui la scienziata francese sosteneva singolarmente e incredibilmente di avere rintracciato presenze di metalli alcalino-terrosi. Cioè la presenza di elementi con numero di massa intermedio rispetto a quello dell'uranio. In particolare i francesi avevano individuato un radioelemento con periodo di dimezzamento di 3,5 ore difficilmente collocabile all'interno del Sistema di Mendeleev: "Dans l'ensemble, les propriétés de $R_{3,5h}$ sont celles du lanthane ... Nous apercevons tout des suite la difficulté qu'il y a a placèr $R_{3,5h}$ dans ce tableau" (Curie, Savitch 1938, p. 356). Gli autori francesi segnalano quindi nel 1938 la possibile, ma inspiegabile, presenza di una terra rara: il lantanio di numero atomico intermedio (57), rispetto all'uranio (92). Hahn, presa la decisione di una ripetizione di questi esperimenti – che effettuerà verso la fine del 1938 (la sua comunicazione alla rivista *Naturwissenschaften* sarà ricevuta in data 22 dicembre) - in effetti troverà un elemento con proprietà tipiche degli elementi alcalino-terrosi, quali il bario (56):

Die Summe der Massenzahlen Ba+Ma, also z. B. 138 + 101, ergibt 239! Als Chemiker müßten wir aus den kurz dargelegten Versuchen das oben gebrachte Schema eigentlich umbenennen und statt Ra, Ac, Th die Symbole Ba, La, Ce einsetzen. Als der Physik in gewisser Weise nahestehende "Kernchemiker" können wir uns zu diesem, allen bisherigen Erfahrungen der Kernphysik widersprechenden, Sprung noch nicht entschließen. Es könnten doch noch vielleicht eine Reihe seltsamer Zufälle unsere Ergebnisse vorgetäuscht haben (Strassmann 1939).⁴

Tuttavia Hahn non comprese il significato fisico-chimico della presenza di un elemento alcalino-terroso tra i prodotti dei bombardamenti nucleari ottenuti. Gli autori pensano

⁴ Si noti nella prima riga della citazione sopra riportata Die Summe der Massenzahlen Ba+Ma, il riferimento al bario e al masurio. Successivamente negli anni compresi tra il 1939 e il 1944 Hahn troverà diversi altri elementi di numero atomico compreso tra il 35 e il 46.

addirittura che una serie di strane coincidenze possano avere falsato i loro inspiegabili risultati. Infatti ancora in data 12 luglio 1938 Otto Hahn e il suo collaboratore Fritz Strassman, in un articolo firmato anche da Lise Meitner⁵, avevano continuato a credere nella produzione di elementi transuranici nel bombardamento dell'uranio con neutroni, e precisamente: Ekarenio (93), Ekaosmio (94), Ekairidio (95), Ekaplatino (96) e, con qualche incertezza, l'Ekaoro (97) (Hahn et als. 1938, p. 475).

In questo contesto i dubbi di Hahn e la sua mancata comprensione fisica del risultato trovato, sono testimoniati da una lettera (Hahn 1975)⁶ che scrisse a Lise Meitner il 19 dicembre del 1938 chiedendole se “poteva immaginare qualche spiegazione fantasiosa, che desse ragione del fatto che gli isotopi trovati si comportavano con le proprietà del bario” (Friedman 2005, p. 45). Nella stessa lettera, citata anche dalla studiosa Maria Nigro che ha esaminato i manoscritti originali della corrispondenza conservati a Berlino, si legge: “Ci sentiamo [io e Strassmann] sempre più spinti verso una conclusione assurda: i nostri radioisotopi non si comportano come radio, ma come bario. Siamo, ovviamente, convinti che l'uranio non possa spaccarsi in bario” (Nigro 2004, p. 318). Lise Meitner, che si avvale anche della presenza in Svezia di suo nipote, il fisico teorico Otto Frisch, dopo alcune esitazioni comprenderà il valore fisico di quella scoperta: la produzione di effetti di fissione nucleare nei bombardamenti dei nuclei dell'uranio. In data 11 febbraio 1939 Lise Meitner e Otto Frisch – dopo un incontro che i due fisici ebbero con Niels Bohr in Danimarca - mandarono alle stampe il celebre articolo *Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction* in cui esposero la loro proposta per un nuovo tipo di reazione nucleare: la Fissione nucleare (Meitner, Frisch 1939). Si trattò di un articolo brevissimo, di due sole pagine, ma di enorme importanza non solamente per la fisica, ma per l'intera umanità.

5. Considerazioni conclusive

Come sintetiche considerazioni conclusive vogliamo proporre al Lettore solo due riflessioni. La prima riguarda la piena comprensione fisica delle potenzialità energetiche della fissione nucleare almeno sin dal 1939 e la sua immediata divulgazione scientifica. La seconda, consiste in una nostra proposta per associare, se pur con meriti diversi, le tre grandi scienziate considerate come le vere autrici di quella straordinaria, ma anche sconvolgente, acquisizione scientifica.

Per il primo obiettivo ci piace riportare le parole di uno dei grandi scienziati francesi degli anni '30: Jean-Baptiste Perrin (1870-1942), premio Nobel per la fisica nel 1926. Sono tratte dal suo famoso e più volte riedito libro *Les atomes*, che venne pubblicato per la prima volta nel 1913 e di cui citeremo un brano dalla III edizione del 1939. Nel paragrafo 175, l'ultimo del testo, che aveva per titolo *Un seul neutron peut amorcer une chaîne illimitée d'explosions nucléaires*, si legge:

⁵ La collaboratrice di Hahn di tutta una vita, responsabile della sezione di fisica teorica del laboratorio, che era fuggita dalla Germania hitleriana rifugiandosi in Svezia nel 1938, proprio grazie all'aiuto di Hahn.

⁶ In cui è contenuta una parte della corrispondenza scambiata tra Hahn e Meitner nel periodo compreso tra il novembre del 1938 e l'aprile del 1939.

Les mêmes neutrons [...] déterminent parfois des explosions profondes où un atome lourd se brise en fragments de masses comparable (hypothèse discutée par Hahn, vérifiée chimiquement par Irène Joliot-Curie, la projection de noyaux lourds étant directement prouvée par F. Joliot). Par exemple uranium en krypton et xénon, avec projection de neutrons. Cette émission de nouveaux neutrons, capable de désintégrer à leur tour d'autres atomes d'uranium, a été prouvée, par F. Joliot, Halban et Kowarsky. Une réaction par chaîne pourrait ainsi s'amorcer, avec désintégration explosive et spontanée, accompagnée d'un dégagement prodigieux d'énergie [...] (Perrin 1939, p. 285).

Quali parole più efficaci di queste – a parte un non celato sciovinismo – per indicare il futuro che si sarebbe presentato tra pochi anni?

Per il nostro secondo obiettivo conclusivo, ricordiamo che dalle pagine che abbiamo soprariportato appare evidente il ruolo fondamentale svolto da tre grandi scienziati nel lungo e complesso percorso che ha portato alla scoperta dell'effetto della fissione nucleare mediante bombardamento con neutroni dei nuclei di uranio. Ida Noddack capì anticipatamente, sin dal 1934, la strada sbagliata su cui si era posta la fisica del tempo nella presunta individuazione di elementi transuranici e propose in maniera drammaticamente chiara una totalmente diversa interpretazione degli stessi fenomeni che venivano ad essere visti come dovuti alla scissione, fissione, dei nuclei dell'uranio. Irène Curie Joliot tentò ripetutamente dal 1937 in poi di convincere Otto Hahn della presenza di elementi chimici alcalino-terrosi nei prodotti risultanti dal bombardamento neutronico su nuclei dell'uranio. Hahn accettò solo alla fine del 1938 questo suggerimento ed effettuò i relativi controlli, non comprendendo però il significato fisico della presenza di metalli di quel tipo tra gli elementi risultanti dal bombardamento neutronico dell'uranio. Fu merito di Lise Meitner, e di suo nipote Otto Frisch, il rendersi conto della straordinaria importanza della presenza di quegli elementi a testimonianza chimico-fisica dell'avvenuta fissione nucleare. Fu solo in seguito ad una esplicita segnalazione di Lise Meitner che Otto Hahn poté ufficialmente segnalare l'avvenuta scoperta della fissione dei nuclei atomici. Come è noto il Premio Nobel per la Chimica del 1944 fu assegnato nel 1946 al solo Hahn per "*his discovery of the fission of heavy nuclei*" (AA.VV. 1964).

Bibliografia

- AA.VV. (1964). *Nobel Lectures, Chemistry 1942-1962*. Amsterdam: Elsevier.
- Amaldi G., Capon Fermi L. (1936). *Alchimia del tempo nostro*. Milano: Hoepli.
- Cerrato S., Curti A. (2004). *La forza nell'atomo. La vera vita di Lise Meitner*. Trieste: Editoriale Scienza.
- Curie I., Savitch P. (1938). "Sur le radioélément de période 3,5 heures formé dans l'uranium irradié par les neutrons". *Le Journal de Physique et le Radium*, 9, pp. 355-359.
- Dragoni G. (1973). "L'illusoria scoperta del primo elemento transuranico". *Physis*, 15, pp. 351-374.

- Dragoni G. (2007). *Un po' di luce su Ida Noddack e la fissione nucleare: 1934*, in Leone M., Preziosi B., Robotti N. (a cura di), *Atti del XXIV Congresso della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia* (Napoli-Avellino, 3-6 giugno 2004). Napoli: Bibliopolis, pp. 73 - 86.
- Fermi E. (1963). *Nobel lectures, Physics, 1922-1941*. Amsterdam: Elsevier.
- Fermi E. (1934). "Possible production of elements of atomic number higher than 92". *Nature*, 133, pp. 898-899.
- Friedman R.M. (2005). *Ricordando Lise Meitner*. Bologna: Pendragon.
- Greco P. (2014). *Lise Meitner*. Roma: L'asino d'oro.
- Greison G. (2017). *Le sei donne che hanno cambiato il mondo*. Torino: Bollati Boringhieri.
- Grosse A.V. (1934a). "Metallic Element 91". *Journal of American Chemical Society*, 56 (10), pp. 2200-2201.
- Grosse A.V. (1934b). "The atomic weight of Protactinium". *Journal of American Chemical Society*, 56 (11), p. 2501.
- Grosse A.V. (1935). "The chemical properties of elements 93 and 94". *Journal of American Chemical Society*, 57 (3), pp. 440-441.
- Grosse A.V., Agruss M.S. (1934). "The Isolation of 0.1 gram of the oxide of element 91 (Protactinium)". *Journal of American Chemical Society*, 56 (10), pp. 2200-2200.
- Hahn O. (1962). *Vom Radiothor zur Uranspaltung. Eine wissenschaftliche Selbstbiographie*, Vieweg & Sohn, Braunschweig, Traduzione italiana in Hahn O. (1968). *Dal radiotorio alla fissione dell'uranio. Autobiografia scientifica*. Torino: Boringhieri.
- Hahn O. (1964). *From the natural transmutations of uranium to its artificial fission. Nobel Lecture, 13 December, 1946*, in AA.VV., *Nobel Lectures, Chemistry 1942-1962*. Amsterdam: Elsevier.
- Hahn O. (1975). *Erlebnisse und Erkenntnisse*, a cura di D. Hahn. Düsseldorf-Vienna: Ecom.
- Hahn O., Meitner L., Strassmann F. (1938). "Ein neues langlebiges Umwandlungsprodukt in den Trans-Uranreihe". *Naturwissenschaften*, 26, pp. 475-476.
- Hahn O., Strassmann F. (1939). "Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle". *Naturwissenschaften*, 27, pp. 11-15.
- Kerner C. (1998). *Lise, Atomphysikerin*. Weinheim: Beltz.
- Leone M., Robotti N. (2004). *Enrico Fermi e la presunta scoperta dei transuranici*, in Tucci P., Garuccio A., Nigro M. (a cura di), *Atti del XXIII Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia* (Bari, 5-7 giugno 2003). Bari: Progedit, pp. 231-244.
- Meitner L., Frisch O.R. (1939). "Disintegration of uranium by neutrons: A new type of nuclear reaction". *Nature*, 143, pp. 239-240.
- Nigro M. (2004). *Hahn, Meitner e la teoria della fissione*, in Tucci P., Garuccio A., Nigro M. (a cura di), *Atti del XXIII Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia*, (Bari, 5-7 giugno 2003). Bari: Progedit, pp. 312-321.

- Nigro M. (2004). *Hahn, Meitner e la teoria della fissione*, in Tucci P., Garuccio A., Nigro M. (a cura di), *Atti del XXIII Congresso di Storia della Fisica e dell'Astronomia* (Bari 5-7 giugno 2003). Bari: Progedit, pp.312-321.
- Noddack I. (1934). "Das Periodische System der Elemente und seine Lücken". *Angewandte Chemie*, 47, pp. 301-305.
- Noddack I. (1934). "Über das Element 93". *Angewandte Chemie*, 47, pp. 653-655.
- Noddack W., Tacke I., Berg O. (1925). "Zwei neue Elemente der Mangangruppe, Chemischer Teil". *Sitzungsberichte der preussischen Akademie der Wissenschaften, Physikalisch-mathematische Klasse*, 19, p. 400.
- Perrin J. (1939). *Les Atomes*. Parigi: Alcan-Presses Universitaires de France.
- Rife P. (1999). *Lise Meitner and the dawn of the nuclear age*. Berlino: Birkhäuser.
- Sime R.L. (2001). *Lise Meitner*. Francoforte: Insel.
- Villone B. (2008). *Lise Meitner, la "Marie Curie tedesca": La sua partecipazione al dibattito scientifico e politico del '900*, in *Atti del XXV Congresso nazionale di Storia della Fisica e della Astronomia* (Milano, 10-12 novembre 2005). Milano: SISFA, pp. c14.1-c14.6.

Searching for a response: Feynman's work on the amplifier theory

Marco Di Mauro - Dipartimento di Fisica "E. R. Caianiello", Università di Salerno, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Naples' Unit - madimauro@unisa.it

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

Adele Naddeo - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Naples' Unit - adele.naddeo@na.infn.it

Abstract: Richard Feynman's involvement in the Manhattan Project during the World War II is well known. He studied instruments and experimental devices, being directly involved, for instance, in the study of the "water boiler", a small nuclear reactor designed for experimenting on fundamental properties of the chain reaction. In most of such experiments, the necessity emerged of feeding the output pulses of counters into amplifiers and various other circuitry, with the risk of introducing distortion at each step. To deal with this problem, Feynman designed a theoretical "reference amplifier" as an idealized device distorting the signal either at the low end or at the high one of its responsive range. In such a way, he was able to characterize the distortion by means of a benchmark relationship between phase and amplification for each frequency, thus providing a standard tool for comparing the working of real devices. In this contribution, we analyze Feynman's work on amplifier response at Los Alamos, described in a technical report of 1946, as well as lectured on at the Cornell University in 1946-47 during his course on Mathematical Methods. Such a work later flowed in the Hughes lectures on Mathematical Methods in Physics and Engineering of 1970-71, where also causality properties were pointed out.

Keywords: Amplifier response, Causality property, Hughes lectures.

1. Introduction

The involvement of Richard P. Feynman in the Manhattan project (Galison 1998; Feynman 1985) is well known. There, he studied a number of different problems directly related or not to the making of the bomb. He was initially involved in studying instruments and experimental devices, such as for instance the "water boiler", a small nuclear reactor designed to experiment on fundamental properties of the chain reaction (Feynman 1946a). He also developed an integral theorem that allowed to evaluate the distribution of neutrons and active material from known distributions, in order to maximize the number of neutrons leading to a successful chain reaction (Feynman 1946b). Furthermore, he had

to deal with numerical calculations concerning implosion plutonium bombs (Feynman 1945), rather than uranium ones, this last project being assigned to him by the theory division leader Hans Bethe, whom he would follow to Cornell University after the end of the war. Finally, the most important and difficult project concerned the "hydride bomb", which was supposed to work around a uranium hydride core, where the hydrogen atom in the hydride would favor the slowing down of neutrons originating the chain reaction, in this way consuming less ^{235}U than the ordinary metal bomb (Feynman, Welton 1947).

Summarizing, Feynman's work at Los Alamos was mainly concerned with technical and engineering issues. In most experiments, the basic aim was simply to count neutrons emerging from a given reaction, in order to estimate its efficiency, but neutron signals were usually so low that an amplifier was required to study them. The practical problem with feeding the output pulses of counters into amplifiers and various other circuitry was mainly the emergence of distortions at very high and very low frequencies. In order to solve such a problem, instead of studying the details of the different amplifiers employed in the different experiments, Feynman designed a theoretical "reference amplifier" distorting the signal either at the low or at the high end of its responsive range, thus providing a standard against which comparing the real devices. In particular, he succeeded in characterizing the distortion introduced by means of a benchmark relationship between phase and amplification of the signal for each frequency component. This interesting work is described in a technical report (Feynman 1946c), and later lectured on at the Cornell University in 1946-47, in a course on Mathematical Methods in Physics (Feynman 1946d). Here, the problem of deriving the response of an amplifier was worked out as an example within a section on the applications of contour integration methods and the residue theorem. Finally, the same amplifier problem was taken on in 1970-71, within a course on Mathematical Methods in Physics and Engineering, delivered at the Hughes Aircraft Company (Feynman 1971). Here such an issue was further developed with a focus on causality properties of the transfer function, succeeding even in deriving the Kramers-Kronig dispersion relations, whose standard framework (also considered by Feynman) is the application to the light refractive index (Lipson et al 2010).

In the present contribution, we deal with Feynman's theoretical reference amplifier, as inferred from the technical report of 1946, as well as from his Course on Mathematical Methods in Physics delivered in 1946-47 and finally from his 1970-71 Hughes lectures. The general theory developed by Feynman is highlighted in Section 2, while Section 3 is devoted to some theoretical issues he addressed later, concerning the causality properties of the amplifier and its link with the dispersion relations technique. Finally, in Section 4 some concluding remarks will be presented.

2. The amplifier response: general theory

During the development of the Manhattan project it was often necessary to amplify signals coming from neutron counters or ionization chambers. Usually, such signals are composed of different frequencies and, when entering an amplifier, amplification is not

the same for all frequency components, thus introducing some distortion in the output signal. Phase shifts may as well develop for different frequency components, whose behavior as a function of the frequency can be assumed to be linear to a first approximation (Feynman 1946c). Under such an assumption Feynman was able to neglect the time delay and to “sum” a high pass and a low pass filter in order to get a theoretical “amplifier” with a behavior similar to that of a real device.

According to Feynman (1971), an amplifier can be regarded as a black box characterized by the fact that the output voltage E_{OUT} is related to the input voltage E_{IN} by a quantity g , a linear function known as the gain of the device:

$$E_{\text{OUT}} = g E_{\text{IN}}. \quad (1)$$

The amplifier was also assumed to be time-invariant: if at time t the output signal $F(t)$ is obtained from the input one $f(t)$, this same sample signal in input at a later time $t+a$ will produce the same output. A good amplifier is flat over a large region of frequencies, that is amplification is nearly independent of frequency in this region, while, on the other hand, for very high and very low frequencies the amplification falls off rapidly. In particular, for high frequencies the amplification follows an inverse power law $(\omega_0/\omega)^k$, where ω_0 is some characteristic frequency. Similarly, amplifiers with a low-frequency cutoff have amplification falling off as $(\omega/\omega_0)^k$. The high-frequency response affects the shape of a pulse, its rate of rise and the accuracy with which the pulse is followed, while the low-frequency counterpart determines the response over long times. Feynman performed a different analysis in these two situations, by considering two kinds of amplifiers: a first one having only a high-frequency cutoff while it is flat for low frequencies, and, conversely, a second one with a low-energy cutoff while passing with unit amplification all frequencies. Due to linearity, the effect of a real amplifier with both cutoffs can be obtained by letting the pulse pass first through a high-frequency cutoff amplifier and, then, through a second amplifier with a low-frequency cutoff only.

Feynman's peculiar approach was to study the response of the amplifier to a delta-function signal, and then constructing the response to a variety of differently shaped input signals by considering them as the superposition of a bunch of delta-functions, each at a given different time and weighted with a different amplitude (Feynman 1946c). Thus, for a pulse of general shape $f(t)$, written as the superposition of a very large number of delta pulses occurring at different times, the response of the amplifier is given by:

$$O(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t') R(t-t') dt', \quad (2)$$

$R(t)$ being the response to the single $\delta(t)$ pulse, i.e. a Green's function. On the basis of these assumptions, an input sine wave with constant frequency, $E_{\text{IN}} = \exp(i\omega t)$, will produce an output with the same frequency, but amplified and phase shifted, $E_{\text{OUT}} =$

$A(\omega) \exp(i\omega t)$, where $A(\omega)$ is the transfer function of the amplifier. The main focus of Feynman's analysis was just on this quantity.

In the general case of an input signal built of many frequencies, the output will depend on the amplitude of each component, so that integration over all frequencies is required in order to get the total output signal E_{OUT} , characterized by the Green's function:

$$R(t-t') = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\omega(t-t')} A(\omega) \frac{d\omega}{2\pi}. \quad (3)$$

Summarizing, Feynman deduced the features of an amplifier from its response to a pulse or to a sine wave of definite frequency. Given the general expression for $R(t)$, Feynman's analysis focused on the behavior of such a function for various choices of $A(\omega)$ (Feynman 1946c). He also briefly pointed out that a reliable $A(\omega)$ for a real amplifier has to satisfy given relations between frequency and phase shift in order to not allow output signals occurring before the introduction of an input signal, i.e. all singularities (poles and branch points) of $A(\omega)$ lie on the positive imaginary half of the complex plane. Such a mathematically-inspired method was inherited by the famous textbook by H.W. Bode (1945), originally written as a technical report for engineers, and subsequently turned into a book. Later, however, Feynman developed in more detail this issue in his Hughes lectures on Mathematical Methods in Physics and Engineering (Feynman 1971).

3. Causality and dispersion relations

A very interesting issue addressed by Feynman (1971) was the causality properties of an amplifier, namely the requirement that its response function $R(\tau) = 0$ for $\tau < 0$. Such an issue was pivotal in Feynman's approach to the amplifier, as apparent from the fact that it is mentioned in the Los Alamos report (Feynman 1946c).

In general, the concept of *strict* causality deals with the fact that no output can occur before the input. It can be conveniently expressed in different forms for different physical systems. For a homogeneous refractive medium, for instance, it can be read as no signal can be transmitted faster than the speed of light c . Causality reflects itself into dispersion relations, which are integral formulas relating a dispersive to an absorptive process: they are ubiquitous in physics, ranging from the theory of light dispersion in a dielectric medium to the scattering of nuclear particles (Nussenzweig 1972), as well as the electrical network theory (Bode 1945). A dispersion relation is expected to hold in any theory where the output function of time is a linear functional of an input function, the interaction being time-independent, and where the output function cannot manifest before the application of the input one. The requirement that no response occurs until the application of an input signal can be expressed as (Lipson *et al.* 2010):

$$\int_{-\infty}^0 R(\tau) e^{-i\omega'\tau} d\tau = 0, \quad (4)$$

which, upon substituting Eq. (3) and making some manipulations, becomes:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \frac{A(\omega')}{\omega' - \omega - i\epsilon} \frac{d\omega'}{2\pi} = 0. \quad (5)$$

Thus, the causality condition can be translated by requiring that $A(\omega)$ has no singularities below the real axis in the plane of complex frequencies. A given function exhibits a pole for a given complex frequency $\omega = \omega_R + i\omega_I$ when a resonance is present: by approaching the resonant frequency, the oscillation amplitude becomes infinite for a driving force with finite amplitude. In this way, the causality principle suggests that the only way a physical system can achieve an infinite amplitude is as a result of its memory of an infinite driving force at some earlier time.

Finally, when dealing with the properties of the transfer function $A(\omega)$, Feynman introduced the concept of dispersion relations in his discussion. Indeed they can be extracted from the causality condition, Eq. (5), for the complex function $A(\omega) = A_R(\omega) + i A_I(\omega)$:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} A_R(\omega') \text{p.v.} \left(\frac{1}{\omega' - \omega} \right) \frac{d\omega'}{\pi} = A_I(\omega), \quad (6)$$

$$-\int_{-\infty}^{+\infty} A_I(\omega') \text{p.v.} \left(\frac{1}{\omega' - \omega} \right) \frac{d\omega'}{\pi} = A_R(\omega). \quad (7)$$

In optics, as Feynman noted, the function $A(\omega)$ represents the complex refractive index of light: its imaginary part describes light absorption by a medium, while the real part gives the frequency-dependent refractive index n (a phenomenon known as chromatic aberration).

4. Conclusions

In this contribution, we have reported on an analysis of Feynman's work on amplifier response performed at Los Alamos and described in a technical report of 1946, as well as lectured on at the Cornell University in 1946-47 during his course on Mathematical Methods. Such a work later flowed in the Hughes lectures on Mathematical Methods in Physics and Engineering of 1970-71, where he also discussed causality properties and their equivalence to dispersion relations. Such a work grew out during his involvement in the Manhattan Project, where experiments required to feed the output pulses of counters into amplifiers or several other circuitries, with the risk of introducing distortion at each step. These issues were addressed by Feynman through the development of the

idea of a theoretical “reference amplifier” able to provide a useful standard in practical comparison with real devices. He built up a general theory, relying strongly on the response function $R(t)$ of that amplifier (assumed to be linear). In particular he was able to find the basic features of an amplifier from its response to a pulse or to a sine wave of definite frequency. The main properties of the response function were explicitly worked out, starting from the key role played by the causality issue, i.e. certain relations between frequency and phase shift that a real amplifier has to satisfy in order not to allow output signals to appear before input ones. Finally, Feynman pointed out the equivalence between causality property and dispersion relations to be satisfied by the response function, probably inspired by similar issues in different physical contexts.

From our analysis, once more one can see the original approach of Feynman to scientific problems at work in a quite unusual field of application.

References

- Bode H.W. (1945). *Network Analysis and Feedback Amplifier Design*. New York: Van Nostrand.
- Feynman R.P. (1945). *Problem 8 - Solid Gadget*, in Davis R.R. *et al.*, *IBM Calculations on Implosion Hydrodynamics*. Los Alamos Technical report LA-317, 21 June 1945.
- Feynman R.P. (1946a). *Statistical Behavior of Neutron Chains*. Los Alamos Technical report LA-591, 26 July 1946.
- Feynman R.P. (1946b). *A Theorem and its Application to Finite Tamper*s. Los Alamos Technical report LA-608 Series B, 15 August 1946.
- Feynman R.P. (1946c). *Amplifier Response*. Los Alamos Technical report LA-593, 2 August 1946.
- Feynman R.P. (1946d). *Class notes from the course on Mathematical Methods at Cornell University. Notes taken by James C. Keck* [online]. URL: <<http://james-keck-memorial-collection.unibs.it/classnotesFeynman.htm>> [access date 30/06/2019].
- Feynman R.P. (1971). *Feynman Hughes Lectures. Volume 5: Mathematical Methods of Physics and Engineering. Notes taken and transcribed by John T. Neer* [online]. URL: <http://www.thehugheslectures.info/wp-content/uploads/lectures/FeynmanHughesLectures_Vol5.pdf> [access date 30/06/2019].
- Feynman R.P. (1985). *Surely, you're joking, Mr. Feynman! - Adventures of a curious character*. New York: W.W. Norton & Co.
- Feynman R.P., Welton T.A. (1947). *The Calculation of Critical Masses Including the Effects of the Distribution of Neutron Energies*. Los Alamos Technical report LA-524, 21 January 1947.
- Galison P. (1998). “Feynman’s war: modeling weapons”. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 29, pp. 391-434.
- Lipson A., Lipson S.G., Lipson H. (2010). *Optical Physics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nussenzveig H.N. (1972). *Causality and dispersion relations*. New York: Academic Press.

Dirac's quantization improved by Morchio & Strocchi to an algebraic structure founding both classical mechanics and quantum mechanics

Antonino Drago - Formerly at Naples University "Federico II" - drago@unina.it

Abstract: It is well-known that Dirac suggested a quantization of Classical Mechanics by means of an analogy between classical Poisson brackets and commutation relations. Morchio and Strocchi suggested a rigorous derivation of this quantization by finding out, independently from Dirac's previous works, a new algebraic structure which characterizes both kinds of Mechanics as two representations of this structure, distinguished by a dichotomous variable Z , whose value 0 represents the case of Classical Mechanics, whereas the value $ih/2\pi$ represents Quantum Mechanics. No longer Classical Mechanics can be considered as the limit of Quantum Mechanics for $\hbar \rightarrow 0$; and these theories have to be considered as mutually incommensurable. The nature of this incommensurability is investigated; in particular, it is compared with the incommensurability between two formulations of classical Mechanics, i.e. Newton's and Lazare Carnot's.

Keywords: Quantum Mechanics, Dirac's quantization, New algebraic structure of Quantum Mechanics, Incommensurability of two divergent Mechanics, Problem-based theory.

1. Introduction

Dirac had an advantage with respect to most theoretical physicists; he well-knew Hamilton formulation of Classical Mechanics (CM), which at his time was undervalued and put aside. (Jammer 1989, p. 236) It enjoys extraordinary properties. Equipped with canonical variables the Hamiltonian is independent from the system of reference. Moreover, its basic operation is the Poisson brackets (PB), through which this formulation translates all basic operations of calculus; e.g. the derivative of a physical magnitude k , the case of time included, is equal to a PB of the Hamiltonian H and this magnitude k with respect to the two variables of the phase space; hence all differential operations of Hamiltonian dynamics are represented by an algebraic structure of the PBs. In other terms, no other formulation of theoretical physics enjoys a strong link between physics and mathematics as Hamiltonian formulation through its PB algebraic structure. In addition, it is remarkable that this link concerns what is more advanced in both branches of science, i.e. Mechanics and Mathematics. This fact suggests to attribute to the Ham-

Hamiltonian a leading role in advancing theoretical physics. One should investigate why in the history of Theoretical physics this great theoretical advancement was undervalued before Dirac's application to QM. Rightly Strocchi resumed the historical development of Analytical Mechanics in a new way, i.e. as addressed to both achieve and develop the Hamiltonian formulation. (Strocchi 2018)

In 1925 Dirac discovered an analogy between the Poisson brackets of Classical Mechanics (CM) and the quantum relations of commutation. Through this analogy he suggested an algebraic structure characterizing Quantum Mechanics (QM). Being his analogy between QM and CM very effective in order to suggest great part of the new formalism, he looked for improving it into a more substantial homeomorphism. Yet, it eventually resulted to be formally inconsistent (Darrigol 1992, Chapt. 12; Ali, Englis 2005, Sect. 1).

After a long debate on how improving this method of quantization (Landsmann 2005), recently two papers (Morchio, Strocchi 2008, Morchio & Strocchi 2009) – both summarized by a paper (Strocchi 2012), and chapter 7 of a book (Strocchi 2018) – revisited Dirac's quantization by suggesting a specific algebraic structure, which gives a complete solution of the quantization problem in terms of a dichotomous variable Z – the case $Z = 0$ represents CM, whereas the case of an imaginary value of Z , QM – and moreover gives reason of the partial failure of Dirac's quantization.

2. Morchio and Strocchi's algebraic structure accurately representing the problem of quantization

When introducing his strategy, Strocchi underlines the relevance of the algebraic structure of the classical Hamiltonian:

[...] the algebra of canonical variables with the (Lie) product defined by the Poisson bracket provides the general structure for the formulation of Hamiltonian classical mechanics and may be considered as its backbone. Actually, most of the general issues, like time evolution, transformations of canonical variables, symmetries and constants of motion etc. have a simple and neat formulation in terms of such an algebraic structure. Clearly, Dirac must have had in mind the power and effectiveness of the classical canonical structure in formulating the quantization rules in such a way to reproduce as closely as possible the general algebraic properties of Hamiltonian mechanics (*canonical quantization*).

In fact, in this way, important physical quantities, like e. g. the Hamiltonian, the momentum and the angular momentum keep being the generators of, respectively, time translations, space translations and space rotations, provided that their action is given by commutators rather than by the Poisson brackets.

Amazingly, as it may *a posteriori* appear, at a *formal level* the quantum revolution may be reduced and fully accounted for, merely by the replacement of the classical Poisson brackets $\{ . , . \}$ by commutators (*Dirac canonical quantization*) [...]

$$[q_i, q_j] = 0 = [p_i, p_j] \quad \dots \quad [q_i, p_j] = ih/2\pi \{q_i, p_j\} = ih/2\pi \delta_{ij}$$

where $[\cdot , \cdot]$ denotes the commutator and q, p the quantum version of the classical canonical variables q, p .

The issue of further understanding and justifying such a strong relation between classical and quantum mechanics was of great concern for Dirac.

Dirac suggested to explain the above relation between classical and quantum mechanics by abstracting [what then Morchio and Strocchi recognized to be] the following algebraic structure as common to both classical and quantum mechanics... The [only] very important property discovered by Dirac is that in a Poisson algebra¹ \mathcal{A} the following algebraic identity (*Dirac identity*) holds, which establishes [Dirac quantization, i.e.] a link between the Lie product $\{ \cdot , \cdot \}$ and the commutator $[A, B] \equiv A B - B A$ (defined in terms of the basic product), for any $A, B \in \mathcal{A}$.

Proposition 7.1.1 *If \mathcal{A} is a Poisson algebra [of real, regular functions] the following [six] properties hold*

1) (*Dirac identity*)

$$[A, C] \{B, D\} = \{A, C\} [B, D]; \quad \forall A, B, C, D \in \mathcal{A}; \quad (7.4)$$

2) *the commutator and the Lie product commute*

$$[A, B] \{A, B\} = \{A, B\} [A, B]; \quad (7.5)$$

3) *if there exists a pair C, D , such that $\{C, D\}$ is invertible, as assumed in the following, then,*

$$[[C, D], \{C, D\}^{-1}] = 0$$

$$[[C, D] \{C, D\}^{-1}, \{A, B\}] = 0 \quad \forall A, B \in \mathcal{A}; \quad (7.6)$$

4) *if also $\{A, B\}$ is invertible, then*

$$[A, B] \{A, B\}^{-1} = [C, D] \{C, D\}^{-1} = \{C, D\}^{-1} [C, D] \equiv Z, \quad (7.7)$$

5) *Z relates the commutator to the Lie product, in the sense that $\forall E, F, G, H \in \mathcal{A}$*

$$[E, F] = Z\{E, F\}, \quad [Z, \{G, H\}] = 0 = [Z, [G, H]]. \quad (7.8)$$

6) *Z commutes with all the elements of \mathcal{A} , i.e. it is a central variable:*

¹ Let us recall that an *algebra* is a vector space over the complex numbers with an associative product which is linear over both factors. The *Lie product* of two functions is given by their PB, enjoying the properties of antisymmetry, linearity on both factors, Leibniz rule and Jacobi identity. The *inverse* of a PB is obtained by exchanging the derivation variables with the functions to be derived; they are called Lagrange brackets, the first kind of brackets introduced into theoretical physics. A *Poisson algebra* is a real associative algebra equipped with a Lie product.

$$[Z, A] = 0 \quad \forall A \in \mathcal{A}. \quad (7.9)$$

[...] Actually, eq.s (7.8) and (7.9) do not hold for general Poisson algebras. In particular, the existence of pairs C, D such that $\{C, D\}$ is invertible fails if the Poisson algebra is generated by C^∞ functions of compact support (Strocchi 2018, pp. 93-97).

Moreover, the corresponding algebraic relation between classical and quantum canonical variables results incompatible with some valid rules (e.g. linearity). The long time research on this subject led to a “quagmire” of contradictions among the several requirements for satisfying a suitable quantization (Ali, Englis 2005, p. 397).

In conclusion Dirac argument for explaining the deep relation between classical and quantum mechanics at the level of the canonical structure is mathematically inconsistent and the Lie algebraic structure of the quantum variables cannot be defined [according to Dirac’s suggestion] (Strocchi 2018, p. 98).

3. Morchio and Strocchi’s new algebraic structure for both kinds of Mechanics

After having put the problem, Morchio and Strocchi illustrate the basic point of their solution.

Our results suggest a quite different approach to the relation between classical and quantum mechanics with respect to phase space quantization: *the classical phase space is not assumed* [emphasis added] as a starting point [as Dirac did it] and rather arises [as obtained from the positions q_i only] from the same (non commutative) Poisson algebra [defined by the Proposition 7.1.1 in the above], in correspondence with one of the values taken by the variable Z , on the same footing as the quantum mechanical phase space (Morchio, Strocchi 2009, p. 38).

The momenta p_i are generated by the derivative operator of the positions q_i ; inside Hamiltonian mechanics it corresponds to a PB. Then their free polynomial associative (real) algebra is generated. This algebra, together with the same kind of algebra of the positions q_i constitutes the algebra \mathcal{A} of these coordinates. This point is very important; here the classical coordinates phase space is a result, whereas the algebraic relations of PBs is basic; hence, the algebra is put first, then comes the functions space.

Then the Lie product is defined in such a way to assure – through the Rinehart definition of its extension to vector fields – the functional correspondence between the algebra \mathcal{A} and the vector space $\text{Vect}(\mathcal{M})$ [the module structure of the Lie algebra of vector fields of compact support] to the $\text{Vect}(\mathcal{M})$. Eventually, a Poisson-Rinehart algebra is thus defined as the framework of the theory.

In such an algebra Proposition 7.1.1 is proved to be true by (Strocchi 2018, pp. 96-97). Therefore, a central variable Z is obtained from the algebraic relations between commutators and PBs.

In particular, the above construction shows that the Dirac *ansatz* of canonical quantization, in the form of the proportionality of the commutators of variables in $C^\infty(\mathcal{M}) + \text{Vect}(\mathcal{M})$ to their classical Poisson brackets, has no alternative, within the above rather general notion of mechanical system.

[CM] arises from the same (non-commutative) Poisson algebra in correspondence with one of the values taken by the central variable Z , on the same footing as the quantum mechanical state space. We also emphasize that in the above approach the Planck constant needs not to be introduced. It automatically appears as a variable invariant under all physical transformations, i.e. a universal constant, in the Poisson–Rinehart algebra of a manifold (Morchio, Strocchi 2009, p. 38).

Strocchi concludes:

The intrinsic geometry of the algebraic structure of \mathcal{A} , namely the existence of the translations in the space of coordinates, replaces the somewhat *ad hoc* assumption [suggested] by Dirac... on the basis of a claimed classical analogy. No such a classical analogy may be invoked for relating classical and quantum mechanics; the only relation is that they correspond to *inequivalent* realizations of the Poisson algebra \mathcal{A} defined above, which consists of free polynomials² of the coordinates q_i and the generators of translations q_i .

The inequivalence of the two realizations precludes the existence of a mapping between them (as for inequivalent realizations of a Lie algebra) and explains the obstructions for Dirac strategy (Stocchi 2017, p.100).

The above results constitute an independent approach to the quantization; it is at all independent of its historical origin in Dirac’s analogy.

4. The mutual incommensurability of CM and QM

In my opinion, this result cannot be underestimated for several reasons. *First*, we have the same mathematical formalism for both CM and QM, differing only in the value of a discrete parameter. No other pair of physical theories enjoys such a property within the almost four centuries long historical development of theoretical physics, i.e. within the most advanced field of theoretical science.

Second, this formal convergence in describing two very different realms – the macroscopic one and the microscopic one – means that this algebraic structure represents a fundamental structure of our representation of the world. No philosopher of science is allowed to ignore this advancement.

Third, the variable Z is dichotomous. Hence, the traditional considerations on the translation of QM in CM by means of a limit operation for $\hbar \rightarrow 0$ are of a merely intuitive nature (as all the limit operations on physical situations which are not entirely

² In a first approximation, the adjective “free” may be here intended as “generic”.

translated into mathematical terms); $\hbar \rightarrow 0$ recovers commutativity, but for instance the canonical structure is lost (Strocchi 2012, p. 10). Notice that in the past some authors questioned such a limit, yet without giving indisputable evidence for proving its inaccuracy (Bokulich 2010).

Fourth, Morchio and Strocchi's algebra is the first mathematical structure which accurately distinguishes two distinct physical theories, CM and QM, as two inequivalent representations of this algebraic structure. No stronger evidence is possible for concluding that the two physical theories are mutually incommensurable (by taking the last word in an intuitive sense³). Notice that two theories manifest their incommensurability through radical variations in meaning of their common notions. In the history of theoretical physics, the notions shared by physicists no more changed than by the introduction of quantum notions; it is enough to recall the quantum notion of wave-particle with respect to the distinct meanings of the two classical notions of either wave or particle (Dirac's book begins just by underlining this point; Dirac 1930, Chapt. 1, Sect. 1). In addition, Morchio and Strocchi's algebra gives the first instance of a pair of incommensurable theories whose incommensurability is expressed in mathematical terms. This case ends the long-time debate whether this philosophical notion has only speculative import or rather has a relevant role inside the foundations of science (Oberheim, Hoyningen-Huene 2018).

Fifth, the variable Z is of a dichotomous nature, as the basic dichotomies of the foundations of science (Drago 1988; Drago 2017); however, the former one is a numerical variable and the latter ones range on theories (respectively, the kinds of mathematics and the kinds of logic). I suggest that the variable Z corresponds to the dichotomy problematic organization/axiomatic organization (PO/AO) for the following reason. Let us recall that the introduction of imaginary numbers into the field of real numbers applies the philosophy pertaining to a PO theory. The imaginary numbers represent a non-standard model of the system of real numbers; this model is built as a hypothesis on the system at issue which makes use of only real numbers; this hypothesis is elaborated in order to eventually obtain a concrete result in real numbers, to be then compared with the given system. As an instance of this philosophy as applied inside a mathematical theory is Lobachevsky non-standard model of Euclidean geometry of the usual model of Euclidean geometry. He obtained it by just replacing inside spherical trigonometry the angle α by the correspondent imaginary angle $i\alpha$. He called his new model exactly "imaginary geometry". Also in theoretical physics the ordinary QM introduces imaginary numbers (for representing the amplitude of probability) according to the same philosophy, being the result of this introduction real numbers to be compared with the real numbers obtained from measurements. In conclusion, owing to this philosophy, the imaginary numbers always introduce a PO into both mathematical and physical theories.

Sixth, the case of $Z = i\hbar/2\pi$ denotes the algebraic structure of respectively the Hamiltonian QM, which has to be considered a PO theory owing to the imaginary numbers, and the case $Z = 0$ the Hamiltonian CM, which is an AO theory; equivalently, the latter me-

³ The most celebrated pairs of theories are, on one hand, CM and, on the other hand, one of either QM or special Relativity.

chanics is governed by classical logic, whereas the former one by intuitionist logic. This alternative on the kinds of logic agrees with a previous result, i.e. QM makes essential use of intuitionist logic (Drago, Venezia 2002).⁴ This result is at odd with common studies in quantum logic because, in order to not deny classical logic as governing the entire theoretical physics, the scholars assume a local viewpoint (Jammer 1974, sect. 8.1). Instead, according to my viewpoint all the physical theories, both classical and non-classical, are severed by the choice on the kind of logic and QM chooses the same intuitionist logic (governing a PO formulation) which a lot of theories already chose: Lazare Carnot's mechanics, Sadi Carnot' thermodynamics, Einstein's special relativity, Einstein's 1905 paper on quanta and, last but not least, Dirac's book.

Seventh, the most accurate definition of incommensurability is the structural one, which is given by a difference between the two pairs of theories in comparison.⁵ Within the history of classical physics the most relevant incommensurability case is represented by the two following formulations of mechanics: Newton's one, whose basic choices are AI&AO, and Lazare Carnot's mechanics, whose basic choices are PI&PO.⁶ The logic of the former one is classical, whereas the logic of the latter is intuitionist (this theory looks for the in-variants of the collisions). Moreover, their theoretical development are at odd. Whereas the first step of the former is statics and then comes dynamics, the first step of the latter is dynamics and then, at the equilibrium, comes statics. The same occurs in the above cases of the Hamiltonian; the first step of classical Hamiltonian is to state the set of all trajectories as summarized by its two characteristics, the first order differential equations, whereas the first step of quantum Hamiltonian is to state the dynamics determined by the relations of commutations.

Eighth. Whereas Newton's formulation makes an essential use of calculus, L. Carnot's formulation makes use of no more than algebraic-trigonometric mathematics (Drago 2004). Actually, for a long time the latter formulation was the only formulation of Mechanics making use of an algebraic formalism (and probably also for this reason it was depreciated for a long time). 140 years passed before Dirac, through his analogy, re-introduced a modern algebraic formalism inside a formulation of Mechanics, and 210 years passed before Morchio and Strocchi improved this analogy into an accurate formalism which eventually was put as the very foundations of the dynamics of the two formulations of Mechanics, mainly of QM.

Ninth. Their incommensurability may also be represented by the radical variation of a physical model, the ideal model of bodies collision; either perfectly hard bodies whose shapes are invariant and hence the total energy is not conserved; or perfectly elastic bodies, which behave as springs and hence their total energy is conserved. This difference is dichotomous in the conservation of total energy, ΔE_{tot} being zero in the

⁴ This result is corroborated by an analysis of Dirac' book, which as a fact illustrates QM through an essential use of doubly negated propositions of intuitionist logic.

⁵ Several pairs of physical theories are mutually incommensurable; in the historical development of theoretical physics the first pair of such theories was Descartes' optics and Newton's optics (Drago, Guerriera 1986), the most important pair of classical physics was Newton's mechanics and Lazare Carnot's mechanics (Drago 1988) (and also Sadi Carnot's thermodynamics; Drago Pisano 2000).

⁶ AI: Mathematics with actual infinity; PI: Mathematics with potential infinity.

latter case or not in the former case. This dichotomous formula is more complex than that of the above parameter Z , distinguishing CM from QM; however, it is very near.

Tenth, already some scholars (Kronz, Lephher 2012) intuitively recognized a contrast between von Neumann's approach to QM and Dirac's approach, contrast which persisted within subsequent theoretical results, i.e. the contrast between Wightman's Axiomatic Quantum Field Theory and the Algebraic Field Theory. By qualifying in mathematical terms Dirac's approach, Strocchi and Morchio's result makes mathematically accurate the former contrast. This result allows to qualify in mathematical terms also the contrast within the theoretical development after QM.

Some problems are left open: 1) To specify the AO in the Hamilton classical formulation of mechanics, built by means of the algebraic structure of PB. 2) To formally derive from Morchio and Strocchi's algebra of QM a lattice which of course represents a non-classical logic, which ought to be the intuitionist logic. 3) To find out the counter-part of this algebra in constructive mathematics.

References

- Ali S.T., Englis M. (2005). "Quantization methods: A guide for physicists and analysts". *Review of Mathematical Physics*, 17, pp. 391-490.
- Bokulich A. (2010). *Bohr's correspondence principle*, in Zalta E.N., *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <https://plato.stanford.edu/entries/bohr-correspondence/#IntCurPhyLit>
- Darrigol O. (1992). *From c-Numbers to q-Numbers*, Berkeley: University of California Press.
- Dirac P.A.M. (1930). *Principles of quantum mechanics*. Oxford: Oxford U.P.
- Drago A. (1988). *A characterization of Newtonian paradigm*, in Scheurer P.B., Debrock O. (eds.), *Newton's Scientific and Philosophical Legacy*. Dordrecht: Kluwer, pp. 239-252.
- Drago A. (2004). "A new appraisal of old formulations of mechanics". *American Journal of Physics*, 72(3), pp. 407-409.
- Drago A. (2017). *Dalla storia della fisica ai fondamenti della scienza*, Roma: Aracne.
- Drago A., Guerriera V. (1986). Il primo caso di incommensurabilità delle teorie fisiche: ottica cartesiana vs. ottica newtoniana. *Atti VII Congresso Nazionale di Storia della Fisica e Astronomia*, Padova, pp. 131-136.
- Drago A., Pisano R. (2000). "Interpretazione e ricostruzione delle *Réflexions* di Sadi Carnot mediante la logica non classica". *Giornale di Fisica*, 41, pp. 195-215.
- Drago A., Venezia A. (2002). *A proposal for a new approach to quantum logic*, in Mataix C., Rivadulla A. (eds.), *Fisica Quantica y Realidad. Quantum Physics and Reality*, Madrid: Fac. Filosofía, Universidad. Complutense de Madrid, pp. 251-266.
- Jammer D. (1966). *Conceptual history of quantum mechanics*. New York: Mc Graw-Hill.
- Jammer D. (1974). *The philosophy of quantum mechanics*. New York: Wiley.
- Kronz F., Luper T. (2012). *Quantum theory: von Neumann vs. Dirac*, in Zalta E.N. (ed.), *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <https://plato.stanford.edu/entries/qt-nvd/>.

- Landsmann N.P. (2005). *Between classical and quantum*, in Earman J., Butterfield J. (eds.). *Handbook of the Philosophy of Science*, Vol. 2. Philosophy of Physics. <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0506082.pdf>
- Morchio G., Strocchi F. (2008). “The Lie–Rinehart universal Poisson algebra of classical and quantum mechanics”. *Letters of Mathematical Physics*, 86, pp. 135-150.
- Morchio G., Strocchi F. (2009). “Classical and quantum mechanics from the universal Poisson-Rinehart algebra of a manifold”. *Reports of Mathematical Physics*, 64, pp. 33-48.
- Oberheim E., Hoyningen-Huene P. (2018). *The incommensurability of scientific theories*, in Zalta E.N. (ed.). *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <https://plato.stanford.edu/entries/incommensurability>.
- Strocchi, F. (2010). *An introduction to the mathematical structure of quantum mechanics*. Singapore: World Scientific, 2nd edition (1st edition 2008).
- Strocchi, F. (2012). “The physical principles of quantum mechanics”. *European Physics Journal Plus*, 127, (12).
- Strocchi F. (2018). *A primer of analytical mechanics*, Berlin: Springer.

Why did Ettore Majorana invent the “Majorana Neutrino” and is the Neutrino really “Majorana”?

Amand Faessler - University of Tübingen - faessler@uni-tuebingen.de

Abstract: In 1930, the situation for the single beta decay was extremely difficult. The decay of an element with charge Z to charge $Z+1$ with the emission of an electron requires, by means of energy conservation, a fixed energy of the electron emitted, and not the measured continuum extending from zero to a maximum value. To solve this problem, Wolfgang Pauli sent his famous letter from Zürich to a meeting in Tübingen, in which he proposed that in the beta decay a second extremely light particle, the “neutron”, is created. Later, after the “neutron” was detected, Enrico Fermi called this particle “neutrino”.

In 1937, three chairs in the field of the new Quantum Mechanics were established in Italy. Fermi was the chairman of the selection committee. As a surprise – after the short-list was finished – Ettore Majorana, who lived very secluded in an apartment of the family in Rome, applied for one of the chairs. Fermi declared that he was the best candidate and must be given a chair. Fermi succeeded to obtain a fourth chair for Naples. To compete for the chair, Majorana had to submit a paper. This was the famous “Majorana neutrino” publication. He showed that the solution of the Dirac equation allows a neutral fermion, which is particle and its own antiparticle, the “Majorana neutrino”. If a neutral fermion is different from its antiparticle, we call it a “Dirac particle”. In November 1937, he was appointed to the chair in Naples.

Keywords: Ettore Majorana, Majorana neutrino, Dirac particle, beta decay.

1. Introduction

In 1930 the situation with the single beta decay was extremely difficult. The single beta decay emits an electron for a transition between a fixed initial and a fixed final nuclear state. The electron should therefore have a fixed energy. But it shows a continuum spectrum with the upper end there, where we expect the fixed electron energy. Niels Bohr was even prepared to give up energy conservation for atomic processes. Wolfgang Pauli proposed, in a letter from the ETH Zürich to a meeting on radioactivity in Tübingen, that the problem is solved by an additional particle, which he called “neutron”, and which was renamed after the detection of the “true” neutron in 1932 to “neutrino” by Enrico Fermi. Pauli remarked, in his letter, that this particle can never be detected, since it has an extreme small mass and interaction. Pauli was right concerning

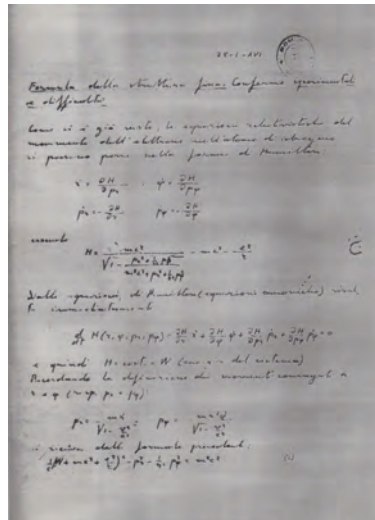


Fig. 1. First page of the lecture notes by Ettore Majorana on the Dirac equation in Naples, starting on January 25th, 1938. One should remark the date: 25 January XVI. Mussolini did not count “after Christ” but “after the March to Rome” of his followers in October 1922, the date when he took power in Italy. The copy of the lecture notes was given to me by Prof. Aldo Covello from Naples.

the existence of an additional particle, the “neutrino”, but he was wrong in the assumption, that this particle can never be found. The experimentalists even detected three different neutrinos and three anti-neutrinos: electron neutrinos (Cowen, Reines *et al.* 1956), muon neutrinos (Danky *et al.* 1962) and tauon neutrinos (Kodama *et al.* 2001).

2. Why did Ettore Majorana invent the “Majorana neutrino”?

After Ettore Majorana returned from Heisenberg in Leipzig during August 1933, he lived till 1937 practically alone in an apartment of the Majorana family in Rome, with curtains closed. Only his physics friends sent him sometimes a hair cutter. During this time, he published no paper.

In 1937 three Theoretical Physics chairs were installed in the new field of Quantum Mechanics. Enrico Fermi (1901-1954) was the chairman of the selection committee. The short-list for the competition was:

1. Gian Carlo Wick (1909-1992);
2. Giulio Racah (1909-1965);
3. Giovanni Gentile Jr (1906-1942).¹

¹ His father, Giovanni Gentile Senior, was Minister of Education of Mussolini from Castelvetro, Sicily.



Fig. 2. Left: two-neutrino double beta decay represents two simultaneous single beta decays and cannot distinguish between Majorana and Dirac neutrinos. This decay is allowed for Dirac and Majorana neutrinos. Right: neutrinoless double beta decay is only possible for massive Majorana neutrinos. For a finite mass, helicity is not a good quantum number and at the left vertex an antineutrino is emitted while it is absorbed at the right vertex as neutrino (only possible for Majorana neutrinos). In order not to be helicity forbidden by the spin direction, the exchanged neutrino must have a mass. So, the detection of the neutrinoless double beta decay would show the Majorana character of the neutrino.

After the short list was completed, Ettore Majorana applied surprisingly for one of the chairs. Enrico Fermi was convinced that Ettore was the best candidate of all three. Due to the redoubtably good scientific reputation of Ettore Majorana, the committee used the law of “Chiara Fama” and did not ask for references. Fermi succeeded probably with the help of Giovanni Gentile Senior to establish a fourth chair located at Naples. To compete for this chair, Ettore Majorana had to submit a publication: this is the famous “Majorana neutrino” paper (Majorana 1937), *Teoria simmetrica dell’elettrone e del positrone*. In October 1937, Ettore accepted the position in Naples and on January 25, 1938 he started with his lecture on the Dirac equation.

I want here not detail the disappearance of Ettore Majorana on 26 of March 1938. The most authentic description of the disappearance is given by Erasmo Recami (1987) in his book *Il caso Majorana* and a book by Leonardo Sciascia (1975), *La Scomparsa di Majorana* (a bestseller, more than 600000 copies sold), aiming more to entertainment than to accuracy. The aim of this contribution is to investigate the question, if and how one can distinguish experimentally between Dirac and Majorana neutrinos. We shall see that the *experimentum crucis* is the neutrinoless double beta decay. In addition, we shall discuss the Majorana fermions in Solid State Physics connected with superconductivity, which might be a step to the Quantum Computer by more stable quantum-bits (q-bits).

3. Dirac or Majorana neutrinos?

The single beta decay and the two-neutrino double beta decay cannot differentiate between Majorana and Dirac neutrinos. This can the neutrinoless double beta decay, which is forbidden for Dirac and allowed for Majorana neutrinos. So, if the neutrinoless double beta decay is detected, the neutrino must be “Majorana”, and worldwide several collaborations search for the neutrinoless double beta decay. Two of the most promis-

ing experiments are performed in the Gran Sasso underground laboratory of the INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare): GERDA (Agostini *et al.* 2018) for the decay $^{76}\text{Ge} \rightarrow ^{76}\text{Se}$ is performed mainly by groups in Heidelberg, München and Tübingen. With the Q-value $Q_{\beta\beta} = 2038$ keV, the sum of the energy of the two emitted electrons should show a peak at 2038 keV. In spite of a reduction of the background to effectively zero, such a peak has yet not been seen. The CUORE experiment (Adams *et al.* 2018) studies the neutrinoless decay $^{130}\text{Te} \rightarrow ^{130}\text{Xe}$. The Q-value is $Q_{\beta\beta} = 2528$ keV. CUORE has till now found no peak of the energy sum of the two electrons at 2528 keV. So, the question is still open, if the neutrino is “Dirac” or “Majorana”.

4. Majorana Fermions in Solid State Physics

In the last ten years (Elliot, Franz 2015), one could show that Majorana fermions exist also in Solid State Physics, and they promise possible applications for Quantum Computing. In superconductivity one has, at the diffuse Fermi surface, a large number of states depending on the size of the probe of about 10^{20} . Due to residual interactions, the Fermi Surface is smeared out and one has many quasi-particle excitations of the nature:

$$a_k^+ = u_k c_k^+ + v_k c_{-k} \quad a_{-k} = u_k c_{-k} + v_k c_k^+$$

At the Fermi energy $k = F$ one has:

$$u_k^2 = v_k^2 = \frac{1}{2}; \quad u_k = v_k = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Thus, at the Fermi surface the quasi-particle creation and annihilation operator is the same, or the quasi-particle is equal to the anti-quasi-particle. One has “Majorana fermions”.

The exchange of Majorana fermions produces an additional phase, the winding number. The winding number “zero” and “one” can be used to define the q-bits $|0\rangle$ and $|1\rangle$:

$$q = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \quad \alpha^2 + \beta^2 = 1$$

The topological (chiral) winding number yields an additional stabilization of the q-bits. Thus, Majorana fermions for superconductors could perhaps serve to make quantum computers more feasible.

5. Conclusions

After the return from Heisenberg in Leipzig during August 1933, Ettore Majorana lived secluded till 1937 in an apartment of the Majorana family in Rome. During this time, he

did not publish. In 1937 a competition for three new chairs in theoretical physics in the field of the new Quantum Mechanics was opened with Enrico Fermi as chairman of the selection committee. After the short-list was finished, as a surprise, Ettore Majorana applied for one of the chairs. Fermi was convinced that Ettore Majorana was the best candidate of all applicants. But, perhaps, since Giovanni Gentile Jr, the son of a minister of Mussolini, was number three, the short list could not be modified. Enrico Fermi, probably with the help of Giovanni Gentile Sr, succeeded to establish a fourth chair located in Naples for Ettore Majorana. For this competition Ettore had to publish a paper. This is the famous publication in *Il Nuovo Cimento* (Majorana 1937) with the “Majorana neutrino”, for which the neutrino is identical to the anti-neutrino. Majorana was appointed in October 1937 to the professorship in Naples, and started with his lectures on the Dirac equation on January 28th, 1938. On March 26th, he disappeared traceless on a trip with the post-ship from Naples to Palermo on the way back to Naples.

The *experimentum crucis* to prove that the neutrino is “Majorana” and not “Dirac” is the neutrinoless double beta decay. Two of the most promising searches for the neutrinoless double beta decay are located in the Gran Sasso underground laboratory (Agostini *et al.* 2018; Adams *et al.* 2018). In spite of heroic efforts, none of the searches for the neutrinoless double beta decay was successful, and thus we do today not know if the neutrino is “Dirac” (different from the anti-neutrino) or “Majorana” (identical with the anti-particle).

At the end, we discussed “Majorana fermions” in Solid State Physics, which can perhaps serve, due to a topological (chiral) winding number, as more stable quantum-bits (q-bits) for quantum computing.

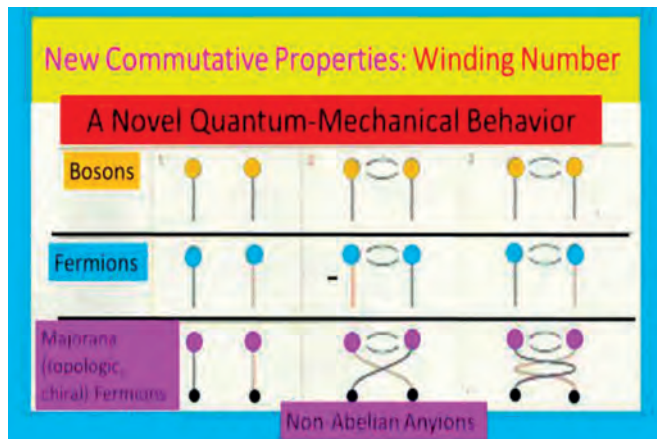


Fig. 3. Commutative properties of bosons, fermions and Majorana fermions.

Acknowledgments

I want to thank Prof. Dr. Erasmo Recami for allowing to use information about Ettore Majorana from his book (Recami 1987), Prof. Dr. Salvatore Esposito and Prof. Dr. Angelo Pagano for the invitation to the conference in Messina and Prof. Dr. Giacomo Cuttone, Director of the Laboratori Nazionali del Sud, for the support of my visit at the meeting from 3 to 6 October 2018.

References

- Adams D.Q. *et al.* (2018). *Update on the recent progress of the CUORE experiment* [online]. URL: <<https://arxiv.org/pdf/1808.10342>> [access date 30/04/2019].
- Agostini M. *et al.* (2018). “Improved Limit on Neutrinoless Double- β Decay of ^{76}Ge from GERDA Phase II”. *Physical Review Letters*, 120, p. 132503.
- Cowan C.L., Reines F. *et al.* (1956). “Detection of the Free Neutrino: a Confirmation”. *Science*, 124, pp. 103-104.
- Danby G. *et al.* (1962). “Observation of High-Energy Neutrino Reactions and the Existence of Two Kinds of Neutrinos”. *Physical Review Letters*, 9, pp. 36-44.
- Elliot S.R., Franz M. (2015). “Majorana fermions in nuclear, particle, and solid-state physics”. *Reviews of Modern Physics*, 87, pp. 137-163.
- Kodama K. *et al.* (2001). “Observation of tau neutrino interactions”. *Physics Letters, B* 504, pp. 218-224.
- Majorana E. (1937). “Teoria simmetrica dell’elettrone e del positrone”. *Il Nuovo Cimento*, 14, pp. 171-184.
- Recami E. (1987). *Il caso Majorana*. Milan: Mondadori.
- Sciaccia L. (1975). *La scomparsa di Majorana*. Turin: Einaudi.

Portrait of an antifascist: the mathematician Giulio Bisconcini

Adele La Rana - Centro Fermi – Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi”, Rome; INFN Rome 1 Unit -
Adele.LaRana@roma1.infn.it

Abstract: A brief description of a minor figure in Italian mathematics is given. A pupil of Tullio Levi Civita in Padua and later his assistant to the chair of Rational Mechanics in Rome, Giulio Bisconcini (1880-1969) did not make a career in the academic world, despite the esteem of his mentors and a promising work on the three-body problem published in 1906. He became a school professor, dedicating great effort to teaching and at the same time practising a lecturing post (*libera docenza*) at the University. He took part in the clandestine University organized in 1941-43 by Guido Castelnuovo for Jewish students, who were excluded by the racial laws from academic training. His anti-fascism makes him a clear example of peaceful resistance, consistently with his role as an intellectual and educator.

Keywords: Bisconcini, Castelnuovo, Levi Civita, università clandestina, leggi razziali, meccanica razionale.

1. Introduzione

Giulio Bisconcini è una figura minore della matematica italiana; non ha fatto scoperte eclatanti né teorie divenute famose. Fondamentalmente è stato un professore di scuola superiore, che ha collaborato tutta la vita alla didattica universitaria. Prima allievo, e poi fidato collaboratore, di Tullio Levi Civita, in qualità di libero docente di Meccanica Razionale all'Università di Roma è stato professore di alcuni allievi illustri, come Ettore Majorana. Il suo nome è per lo più associato a quella luminosa iniziativa di Guido Castelnuovo, durante il periodo buio delle leggi razziali, conosciuta come l'*Università clandestina*. Quando gli studenti e i professori ebrei furono esclusi dalle scuole italiane di ogni ordine e grado, Castelnuovo si adoperò per istituire alcuni *Corsi Integrativi di Cultura Matematica*: di fatto erano corsi di livello universitario, per consentire ai giovani diplomati ebrei di proseguire gli studi scientifici. Giulio Bisconcini, che non era ebreo, prese parte a questa iniziativa come professore. Dotato di una straordinaria fibra morale, la sua vita s'interseca in modo significativo alla grande storia e mostra come il restringersi del cappio fascista colpisca anche gli intellettuali meno conosciuti.

Il presente contributo è frutto di una ricerca realizzata principalmente su fonti primarie: materiali d'archivio e documenti a stampa dell'epoca. Per ricostruire il percorso di formazione e la carriera di Bisconcini sono stati fondamentali: il fascicolo di studente conservato all'Archivio storico dell'Università di Padova; il fascicolo personale di libero docente all'Archivio di Rettorato della Sapienza Università di Roma; il fascicolo

personale presente all'Archivio Centrale dello Stato; il fascicolo personale di professore conservato nell'Archivio dell'*Istituto Commerciale "Luigi Savoia Duca degli Abruzzi"* a Roma; la corrispondenza tra Bisconcini e Tullio Levi Civita, conservata nell'Archivio *Levi Civita* all'Accademia dei Lincei. Tra i documenti a stampa, sono stati consultati, in particolare: gli annuari e i ruoli di anzianità del Ministero della Pubblica Istruzione e del Ministero dell'Educazione Nazionale; i quotidiani *Il Popolo d'Italia*, *Il Popolo* e *Il Mondo* dei mesi di aprile e maggio del 1925. Importanti fonti bibliografiche sono state, altresì, le testimonianze relative all'università clandestina elaborate da Emma Castelnuovo, figlia di Guido, e da due ex-studenti, Fabio Della Seta e Gino Fiorentino (Castelnuovo 2001; Della Seta 1996; Fiorentino 2001).

2. Note biografiche

Giulio Bisconcini nacque a Padova il 9 marzo 1880, da Francesco e Eleonora Tosci, primo di tre figli. Aveva nove anni quando suo padre morì, lasciando la famiglia in condizioni difficili. La madre provvide al mantenimento di Giulio e di suo fratello e sua sorella minori lavorando presso un caffè e una bottega di fabbro.

Giulio studiò all'Istituto tecnico di Padova, dove conseguì la licenza nella sezione fisico-matematica nel luglio del 1897. S'iscrisse alla facoltà di scienze nella stessa città, per il corso d'ingegneria, ma al terzo anno passò a matematica, dove fu allievo di Tullio Levi Civita (1873-1941). Il noto studioso era al tempo un giovane professore incaricato, responsabile del corso di meccanica razionale all'Ateneo patavino.

Bisconcini fu uno studente molto brillante: conseguì il massimo dei voti a tutti gli esami e si laureò in Matematica l'8 luglio del 1901, discutendo la tesi "Di una classificazione dei problemi dinamici", che gli meritò il punteggio massimo e la lode. Pochi mesi dopo fu chiamato a Roma come assistente alla cattedra di Algebra, Geometria analitica e Calcolo Infinitesimale, ruolo che mantenne fino al 1908. Nel 1907 fu abilitato alla libera docenza in Meccanica Razionale. Nello stesso anno concorse alla cattedra di Meccanica Razionale a Bologna, con esito negativo: il vincitore risultò, infatti, Giuseppe Picciati (1869-1908). Dopo il periodo di precariato, Bisconcini trovò una posizione stabile all'interno delle scuole superiori, divenendo nel 1908 professore straordinario di matematica e fisica negli istituti tecnici. Intanto, nel 1906, aveva sposato Ida Ucci, con la quale ebbe quattro figli: Giorgio (1908), Giannina (1909), Roberto (1914) e Giuliana (1922).

Durante gli anni di assistentato all'Università di Roma, l'attività di ricerca scientifica di Giulio Bisconcini si concentrò soprattutto su problemi di meccanica razionale: la classificazione dei problemi dinamici, le vibrazioni di una lamina di una membrana e il problema a tre corpi. È proprio su quest'ultimo argomento che egli formulò il suo lavoro più importante e più citato in letteratura scientifica: *Sur le problème des trois corps: Trajectoires le long desquelles deux au moins des trois corps se choquent. Conditions qui entraînent un choc* (Bisconcini 1906).

In questi studi, condotti per lo più a Roma, Bisconcini continuò ad avere come punto di riferimento scientifico il suo maestro Tullio Levi Civita, che nel frattempo era stato nominato a Padova professore straordinario di Meccanica Razionale (1903). Se ne

ha testimonianza da alcune lettere scritte da Bisconcini al suo maestro e conservate ai Lincei. Si tratta di lunghe missive fitte di calcoli, in cui l'allievo chiede consiglio al suo mentore per diversi passaggi matematici complessi, ma dove si legge anche un profondo e ricambiato affetto.¹

L'attività di ricerca scientifica di Bisconcini non fu vasta e andò rapidamente riducendosi, con il passare degli anni, per dare spazio a una fervida attività didattica. Egli condusse tutta la sua vita professionale divisa tra l'insegnamento negli istituti tecnici (soprattutto, commerciali) e l'insegnamento all'università, come libero docente di Meccanica Razionale. Tullio Levi Civita, trasferitosi a Roma nel 1919 sulla cattedra di Analisi Superiore, passò alla cattedra romana di Meccanica Razionale nel 1921. Fu così che nei primi anni Venti Bisconcini venne comandato all'ateneo romano come assistente alla cattedra di Levi Civita, sospendendo per un periodo l'insegnamento scolastico. Intanto era divenuto professore ordinario di Fisica e Matematica all'*Istituto tecnico commerciale Luigi Savoia Duca degli Abruzzi* (ruolo che mantenne fino al suo collocamento a riposo, nel 1942). Nel 1924 Bisconcini fu anche comandato al Regio Istituto Fisico di via Panisperna "per compiere studi di meccanica" e incaricato del corso di Analisi Matematica alla Scuola di Architettura. In questo periodo Bisconcini fu professore anche di alcuni futuri "ragazzi di via Panisperna", come Ettore Majorana.

La collaborazione di Bisconcini con Levi Civita nell'insegnamento della meccanica razionale durò quasi vent'anni, fino alla drammatica espulsione del suo maestro dall'università, a seguito delle leggi razziali del 1938. È interessante notare la stima e la fiducia riposta da Levi Civita in questo insegnante di scuola che era stato suo allievo. A lui Levi Civita affida, in sua assenza, il corso, come si legge sul verbale del consiglio di Facoltà del 15 maggio 1936: «Il Prof. Levi Civita propone che, durante la sua assenza [viaggio in USA], sia affidata la supplenza di Meccanica Razionale al Libero Docente Prof. Giulio Bisconcini, provetto, benemerito docente, il quale, già da anni, coadiuva efficacemente l'insegnamento ufficiale, dedicando il suo corso libero a parte del programma d'esame».

Bisconcini fu autore di numerosi libri di testo per le scuole e per l'università.² Tra questi, un libro di esercizi e complementi di meccanica razionale pubblicato nel 1927, concepito come complementare alle monumentali *Lezioni di Meccanica Razionale* di Tullio Levi Civita e Ugo Amaldi, che furono pubblicate in fascicoli proprio dal 1923 al 1927.³

¹ Purtroppo fino ad ora non è stato possibile trovare le lettere di risposta di Tullio Levi Civita.

² L'intera collezione dei testi di Giulio Bisconcini si trova nella Biblioteca del Dipartimento di Matematica Guido Castelnuovo alla Sapienza Università di Roma. Le copie conservate dalla Biblioteca appartenevano a Ugo Amaldi, che le aveva ricevute in dono da Bisconcini stesso e riportano tutte una dedica di Bisconcini al collega. Alcuni titoli: *Matematica finanziaria e attuariale*, 1931 (4° edizione); *Complementi d'algebra*, 1946 (Liceo scientifico); *Manuale di preparazione alle prove scritte dei concorsi a cattedra di matematica*, 1947.

³ Il libro Levi Civita-Amaldi divenne un caposaldo della didattica della meccanica razionale tradotto in molte lingue ed è tuttora nel catalogo della casa editrice Zanichelli che ha pubblicato recentemente una nuova edizione.

3. I due manifesti

Dopo aver tracciato a grandi linee la vita professionale di Bisconcini, scendiamo in maggior dettaglio per seguire come la sua piccola storia di matematico e professore di scuola interseca la grande Storia e le drammatiche vicende del ventennio fascista.

Il 21 aprile è la data tradizionalmente attribuita alla fondazione di Roma da parte di Romolo, il cosiddetto *Natale di Roma*. Per il fascismo tale ricorrenza aveva un valore simbolico molto forte, tanto che nel 1924 fu dichiarata festività nazionale con il titolo di “Natale di Roma – Festa del lavoro”. Il 21 aprile andava quindi a sostituire la festa del 1° Maggio: una chiara opposizione del Partito Nazionale Fascista (PNF) al pensiero politico sotteso alla festa dei lavoratori.

Fu naturale scegliere il Natale di Roma come la data per pubblicare, nel 1925, *Il Manifesto degli intellettuali fascisti agli intellettuali delle altre nazioni*: un testo redatto da Giovanni Gentile e firmato da numerosi uomini di cultura, quali Luigi Pirandello, Giuseppe Ungaretti e Gabriele D’Annunzio, che mirava a dare una veste teorico-dottrinale alla propaganda fascista. Fu pubblicato da numerosi giornali, in particolare *Il Popolo d’Italia*, quotidiano fondato da Benito Mussolini nel 1914 e ormai vero e proprio organo di stampa del PNF. Nel manifesto di Gentile gli ideali fascisti venivano identificati con gli ideali patriottici e gli intellettuali stranieri erano invitati a non farsi influenzare dalla cattiva propaganda fatta all’estero dalla stampa di parte, ma a venire a vedere con i propri occhi come i valori fascisti stessero donando all’Italia un nuovo stato di ordine e di prosperità.

Basti citare un passo, per rendere le idee di fondo del manifesto fascista:

Ma gli stranieri, che sono venuti in Italia, sorpassando quella cerchia di fuoco creata intorno all’Italia fascista dai tiri di interdizione con cui una feroce propaganda cartacea e verbale, interna ed esterna, di italiani e non italiani, ha cercato di isolare l’Italia fascista, calunniandola come un paese caduto in mano all’arbitrio più violento e più cinico, negatore di ogni civile libertà legale e garanzia di giustizia; gli stranieri che hanno potuto vedere coi propri occhi questa Italia, e udire coi propri orecchi i nuovi italiani e vivere la loro vita materiale e morale, hanno cominciato dall’invidiare l’ordine pubblico oggi regnante in Italia, poi si sono interessati allo spirito che si sforza ogni giorno più d’impossessarsi di questa macchina così ben ordinata e han cominciato a sentire che qui batte un cuore pieno d’umanità, quantunque scosso da un’esasperante passione patriottica.

La risposta degli intellettuali antifascisti non tardò ad arrivare. A prendere l’iniziativa fu Giovanni Amendola, direttore del quotidiano *Il Mondo*, che invitò Benedetto Croce a redigere una lettera di replica in rappresentanza degli intellettuali non fascisti. Il contro-manifesto crociano venne significativamente pubblicato nel giorno della festa dei Lavoratori, il 1° maggio 1925, sei giorni dopo l’uscita del manifesto fascista. A pubblicare *La replica degli intellettuali non fascisti al manifesto di Giovanni Gentile* furono, però, solo due quotidiani: *Il Mondo*, come si è detto, e *Il Popolo*, giornale di stampo cattolico e antifascista, vicino al pensiero politico di Don Luigi Sturzo e del Partito Popolare Italiano. Tra i primi firmatari del Manifesto Croce compaiono Guido De Ruggiero, Carlo Fadda, Matilde Serao, Leonida Tonelli. A queste prime firme se ne aggiunsero moltis-

sime altre, pubblicate come *addendum* in successivi due numeri de *Il Mondo*, il 10 e il 22 maggio. Nel terzo gruppo di firmatari compare anche il nome di Giulio Bisconcini.⁴

4. Lettera di una madre fascista

Negli anni successivi, tutti i firmatari del contro-manifesto furono certamente tenuti sotto osservazione dal regime, nell'intento di costruire una capillare strategia del consenso. In quest'atmosfera sinistra di progressiva perdita della libertà d'espressione si svolse un episodio significativo nella vita professionale di Giulio Bisconcini. Nell'autunno del 1928 giunse agli uffici del Ministero della Pubblica Istruzione la lettera di una madre anonima. La missiva, conservata nel fascicolo personale di Bisconcini all'Archivio Storico della Sapienza, è datata 20 novembre 1928:

Eccellenza sono la madre di un giovane studente di ingegneria e mi permetto scrivere a V.E. per farle notare una cosa che mi ha profondamente impressionata. Per l'esame di meccanica al secondo anno del biennio d'ingegneria presso la R. Università di Roma, i giovani studenti per essere approvati dall'assistente Bisconcini, che quasi sempre s'impone allo stesso professore titolare Levi Civita, hanno dovuto presentarsi agli esami senza il distintivo fascista, che altrimenti si sarebbero preso l'odio del predetto assistente con grave pregiudizio dell'esame. [...] Perché i nostri giovani, che con tanto entusiasmo portano al petto un distintivo così caro, devono sottomettersi a questo basso rancore antifascista? Ve ne sono purtroppo di questi professori indegni d'insegnare in un Ateneo che dovrebbe essere il centro dell'intellettualità fascista, ve ne sono molti, ed anche di quelli che hanno sottoscritto la protesta degli intellettuali.

Il riferimento ai firmatari del contro-manifesto doveva apparire, nelle intenzioni della mittente, come una prova a sostegno della propria accusa contro *l'intellettuale non fascista* Giulio Bisconcini. Nella sua lettera, la madre incalzava ulteriormente, gettando discredito sull'attività privata del docente: «È possibile che si permette ancora al suddetto assistente Bisconcini di dare lezioni private al prezzo di quaranta lire l'ora, il più delle volte neppure intere?».

Solentemente, il Ministro della Pubblica Istruzione Giuseppe Belluzzo incaricò il Rettore dell'Università di Roma Federico Millosevich di indagare sul conto di Bisconcini. L'indagine era sottoposta all'Ispezione generale del Ministero Gr. Uff. Mario Martini.

Dal canto suo, Millosevich aveva già ricevuto lamentele riguardo a Bisconcini, come testimonia la lettera a Belluzzo datata 30 novembre 1928:

Avevo avuto sentore, da vari giorni che alcuni studenti andavano dicendo del dottore Giulio Bisconcini ciò che afferma «una madre» nella lettera anonima da V.E. invia-

⁴ *Il Popolo*, dopo il primo manifesto, non continuò a pubblicare i nomi dei firmatari. Pochi mesi dopo il giornale fu costretto a chiudere, dopo appena due anni dalla sua fondazione. Riaprì soltanto dopo la caduta del regime fascista. *Il Mondo*, nato nel 1922, resistette più a lungo degli altri quotidiani non fascisti, ma chiuse l'anno successivo alla pubblicazione de *Il Manifesto*, con la morte di Giovanni Amendola, suo fondatore, assassinato dai fascisti nell'aprile del 1926.

tami in copia. Le indagini – in simili argomenti sempre molto difficili – non mi hanno potuto dare la certezza che il prof. Bisconcini perseguiti gli studenti che si presentano agli esami col distintivo fascista. [...] Che la condotta di un docente possa anche solo far nascere simili sospetti mi è sembrato così grave che ho stabilito che il prof. B. non faccia più parte delle Commissioni d'esame e di laurea.

Nel rispondere al Ministro, Millosevich sottolineò anche che «non si possono fare obiezioni a che Bisconcini faccia lezioni private perché, al contrario di come afferma la denunciante, non è più assistente dell'università ma solo libero docente».

Prendendo atto dei provvedimenti del Rettore, il Ministro gli scrisse di nuovo il 14 dicembre, premurandosi che fossero individuati gli studenti che potessero rendere conto di quanto descritto nella lettera anonima. Tra dicembre del 1928 e maggio 1929 furono numerosi i solleciti da parte del Ministero all'Università di Roma, perché le indagini fossero proseguite e ulteriormente approfondite.

In particolare, nel fascicolo personale di Bisconcini conservato all'Archivio Centrale dello Stato (ACS), si trova un biglietto datato 18 febbraio 1929 e indirizzato alla Direzione generale per l'Istruzione Superiore – Ministero dal Capo di Gabinetto.⁵ Il testo riporta:

Si rinnova preghiera di far conoscere con sollecitudine il risultato delle indagini esperite nei riguardi del Prof. Giulio Bisconcini, libero docente presso l'Università di Roma, dovendosi fornire al riguardo precise informazioni a S. E. il Capo del Governo.

A interessarsi al caso era dunque Benito Mussolini in persona.

In effetti, sfogliando il fascicolo all'ACS si trova una busta da lettere vuota, indirizzata "all'On. Benito Mussolini - Palazzo Braschi Roma"; il timbro postale riporta la data del 21 novembre 1928; si ricordi a tal proposito, che la lettera della madre era del 20 novembre. Allegato alla busta si trova un biglietto del 23 novembre siglato dalla Segreteria particolare del Capo del Governo, che riporta solo le parole: «Al Dott. Raimondi del Gab. P. Istruzione con preghiera di consegnare al Capo di Gabinetto».

In pratica, il contenuto della busta indirizzata a Mussolini venne inoltrato al Capo di Gabinetto del Ministro della Pubblica Istruzione. È del tutto ragionevole pensare che si tratti proprio della lettera della madre "anonima" del 20 Novembre, che avrebbe scritto a Mussolini in persona. E il fatto che il Capo del Governo chieda d'informarsi sul procedere delle indagini anche alcuni mesi dopo, in febbraio, sembra proprio confermare questa ipotesi.

Nel febbraio 1929, Bisconcini scrisse al Rettore in questi termini:

Una semplice analisi statistica concernente la percentuale di riprovati appartenenti al P.N.F. mostrerebbe che non vi sono negli esami di Meccanica Razionale scarti anormali in confronto alle altre materie; ma se si ritiene opportuno sentire eventuali

⁵ Si tratta ancora del Gabinetto del Ministero della Pubblica Istruzione, che cambierà denominazione in Ministero dell'Educazione Nazionale nel settembre del 1929, con il Ministro Giuliano Balbino, responsabile del giuramento al fascismo per i cattedratici universitari nel 1931.

lagnanze dei singoli, ritengo che sia equo vengano ugualmente sentiti i promossi appartenenti al P.N.F. Essi potranno dire con quanta serenità e benevolenza vennero esaminati [...].

Le prolungate indagini su Bisconcini non diedero l'esito auspicato nella lettera anonima: non fu possibile dimostrare che Bisconcini fosse più severo agli esami con gli studenti fascisti che con gli altri.

5. Il venerato maestro e l'università clandestina

La vicenda della denuncia a Bisconcini era indice di un clima politico sempre più autoritario e preludeva a un'azione ben più profonda ed estesa da parte governo sul mondo universitario, che era allo stesso tempo un luogo strategico per la propaganda fascista e il fronte della battaglia ideologica con gli intellettuali antifascisti. La volontà di controllo da parte del governo si espresse pienamente nel testo del nuovo giuramento imposto nel 1931 ai cattedratici nelle università. Accanto al giuramento di fedeltà al Re e ai suoi Reali successori, veniva aggiunto il giuramento al Regime Fascista, identificato con gli ideali della Patria.⁶ Furono soltanto dodici i professori che rifiutarono di giurare, perdendo così la propria cattedra: Ernesto Buonaiuti, Mario Carrara, Gaetano De Sanctis, Giorgio Errera, Giorgio Levi Della Vita, Fabio Luzzatto, Piero Martinetti, Bartolo Nigrisoli, Francesco ed Edoardo Ruffini, Lionello Venturi e Vito Volterra.

Il peggio però doveva ancora arrivare, con l'emanazione delle leggi razziali il 3 settembre 1938. Il Consiglio dei Ministri deliberava l'esclusione dalle scuole italiane di tutti gli insegnanti e studenti ebrei. Allo stesso modo decadevano tutti i docenti universitari di 'razza ebraica'. Veniva consentito di organizzare le scuole primarie e secondarie per studenti ebrei, sotto il controllo diretto di un commissario ariano. La formazione universitaria veniva invece preclusa: gli studenti ebrei che avevano già intrapreso gli studi universitari erano autorizzati a finirli, ma nessun altro poteva iscriversi.

Il matematico Guido Castelnuovo cercava un modo per istituire dei corsi universitari per i giovani ebrei una volta diplomati, corsi che potessero essere formalmente riconosciuti da qualche ente o istituzione, nella speranza che, prima o poi, la situazione in Italia sarebbe finalmente cambiata. L'occasione, come ben raccontato da Emma Castelnuovo, si presentò nell'autunno del 1941 con la pubblicazione su il *Journal de Genève* di un'inserzione dell'*Institut Technique Supérieur* di Friburgo (Svizzera), che proponeva la possibilità di istituire corsi ed esami anche a distanza. Guido Coen, organizzatore delle scuole secondarie ebraiche a Roma, mostrò l'inserzione a Guido Castelnuovo, che subito si attivò scrivendo al direttore dell'istituto svizzero, Guido Bonzanigo.

⁶ Il Giuramento della Riforma Gentile (1923) recitava così: «Giuro di essere fedele al Re ed ai suoi Reali successori, di osservare lealmente lo statuto e le altre leggi dello stato, di esercitare l'ufficio di insegnante e adempiere tutti i doveri accademici col proposito di formare cittadini operosi, probi e devoti alla Patria». Il Giuramento imposto ai Professori Universitari nel 1931, era il seguente: «Giuro di essere fedele al Re, ai suoi Reali successori e al Regime Fascista, di osservare lealmente lo statuto e le altre leggi dello stato, di esercitare l'ufficio di insegnante e adempiere a tutti i doveri accademici col proposito di formare cittadini operosi, probi e devoti alla Patria ed al Regime Fascista.»

Il 1° dicembre 1941 i Corsi Integrativi di Cultura Matematica o Scuola di Friburgo ebbero inizio, con 25 allievi e dieci professori: Giulio Bisconcini, Nestore Cacciapuoti, Vito Camiz, Guido Castelnuovo, Angelo Di Castro, Federigo Enriques, Raffaele Lucaroni, Maria Piazza, Giulio Supino. Tra questi, tre erano professori non ebrei: Giulio Bisconcini, Nestore Cacciapuoti e Raffaele Lucaroni. Scrisse in proposito Emma Castelnuovo:

[...] voglio sottolineare il coraggio dei tre insegnanti «ariani» G. Bisconcini, R. Lucaroni, B. Cacciapuoti, che, durante due anni, hanno veramente rischiato la vita dando, con la loro opera, un esempio bellissimo di didattica formativa (Castelnuovo 2001).

Uno degli ex-allievi, Gino Fiorentino, i professori dell'Università clandestina e in particolare Bisconcini con le seguenti parole:

Li consideravamo un po' come presenze benefiche ed un po' come nostri complici nell'eludere le disposizioni di legge. [...] Un giorno, insieme ad un collega, stavo guardando un giornale che riportava la fotografia di una contadina col figlioletto in braccio mentre parlava con Mussolini. La didascalia diceva: «Confidenza di popolo»; il prof. Bisconcini che passava di lì commentò: «dammi un pezzo di pane che muoio di fame, ecco cosa gli sta dicendo». [...] Nei tempi del «Voi» obbligatorio per legge, il Prof. Castelnuovo e il Prof. Bisconcini si rivolgevano a noi con il «Lei» (Fiorentino 2001).

Un altro ex-allievo, Fabio Della Seta, lo ricorda vividamente:

Giulio Bisconcini era un omino instancabile, che per spiegare la sua materia aveva l'assoluta necessità di essere in movimento. Il suo frenetico agitarsi era uno stimolo per tutti i presenti, che, oltre tutto, riconoscevano in lui un comprensivo e nobilissimo amico (Della Seta 1996).

Bisconcini insegnava ben tre materie: Analisi Matematica I, Analisi matematica II e Meccanica Razionale. I corsi furono tenuti per due anni (1941-42 e 1942-43) e alla fine della guerra gli esami furono riconosciuti dall'Università di Roma, che riaprì le porte agli studenti e ai professori ebrei.

In una lettera al Rettore dell'Università di Roma G. Caronia, datata 3 aprile 1946, Bisconcini descrisse così il suo impegno per l'iniziativa di Castelnuovo:

Essendo stati esclusi gli israeliti dalle università del regno, credetti mio dovere conforme a invito del prof. Guido Castelnuovo dedicare a loro la mia opera insegnando nell'anno 1941-42 Analisi algebrica e infinitesimale e nell'anno 1942-43 Analisi infinitesimale e Meccanica razionale. I corsi furono tenuti, come poi è stato dichiarato ufficialmente, per preparare i giovani agli esami ch'essi avrebbero dovuto sostenere nell'Università svizzera di Friburgo e che invece, per delega, essi sostennero a Roma.

Un ultimo episodio si vuole qui ricordare, per meglio descrivere la fibra morale straordinaria di Giulio Bisconcini, figura minore della matematica italiana. Nel suo fascicolo personale all'Archivio Storico della Sapienza si trova la già citata lettera al Rettore Caronia del 3 aprile 1946. Quest'ultimo gli aveva chiesto di rendere conto degli anni in cui non aveva esercitato la libera docenza, dato che, trascorso il quinto anno, l'abilitazione veniva a decadere. Dalla risposta di Bisconcini si apprende perché egli abbia cessato di esercitare l'insegnamento universitario nel 1938:

Essendo stato sottratto alla cattedra per ragioni razziali, quale grande maestro e scienziato di fama mondiale che mi onorava della sua stima, non mi sentii più di dare il mio contributo all'insegnamento.

Bibliografia

- Castelnuovo E. (2001). "L'Università clandestina a Roma: anni 1941-42 e 1942-43". *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana*, Serie 8, 4A, pp. 63-77.
- Bisconcini G. (1906). "Sur le problème des trois corps: Trajectoires le long desquelles deux au moins des trois corps se choquent. Conditions qui entraînent un choc". *Acta Mathematica*, 30, pp. 49-92.
- Della Seta F. (1996). *L'incendio del Tevere*. Udine: Paolo Gaspari Editore.
- Fiorentino G. (2001). "I ricordi di un ex-studente della «università clandestina»". *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana*, Serie 8, 4A, pp. 79-83.

Fonti archivistiche

- Padova – Archivio storico dell'Università di Padova – Fascicolo studente Giulio Bisconcini, Verbale di laurea e Registro della carriera scolastica.
- Roma – Archivio di Rettorato della Sapienza Università di Roma - Fascicolo personale Giulio Bisconcini.
- Roma – Archivio Centrale dello Stato – Fascicolo personale Giulio Bisconcini.
- Roma – Archivio dell'Istituto Commerciale "Luigi Savoia Duca degli Abruzzi" – Fascicolo personale Giulio Bisconcini.
- Roma – Archivio dell'Accademia dei Lincei – Fondo "Tullio Levi Civita".
- Roma – Biblioteca Nazionale Centrale – Emeroteca.

The first fifty years of the Italian National Institute for Nuclear Physics in Naples

Giovanni La Rana - University of Naples “Federico II”; INFN, Naples’ Unit - giovanni.larana@na.infn.it

Abstract: In the late fifties, the foundation of the Advanced School in Theoretical and Nuclear Physics in Naples, inaugurated by Werner Heisenberg, prepared the ground for the birth of the Neapolitan INFN Section in 1963. It has become, along the years, a scientific community with about 400 researchers including the associated Salerno Group, working both from the experimental and theoretical fronts on fundamental interactions and their building blocks, contributing to important scientific advances and discoveries in nuclear, sub-nuclear and astroparticle physics. The most recent being the neutrino oscillations, the Higgs Boson and the direct observation of gravitational waves. Furthermore, technological research and interdisciplinary applications have been developed in many fields. A strong connection with the territory has been growing, either on the side of technological transfer, or of the scientific culture dissemination. The celebration of the fiftieth anniversary of the Section in 2013 has been the occasion to collect in a dedicated volume many memories and images, which will be presented, outlining the evolution and the growing of the research activity of INFN in collaboration with the Department of Physics ‘Ettore Pancini’ in Naples.

Keywords: INFN, Naples.

1. Introduzione

La Sezione di Napoli dell’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, con sede presso il Dipartimento di Fisica ‘Ettore Pancini’ dell’Università di Napoli “Federico II”, ha celebrato nel mese di maggio del 2013 i suoi primi 50 anni. La manifestazione ha costituito un momento importante, in cui la comunità afferente alla Sezione ha potuto ripercorrere le tappe più significative della propria storia, attraverso documenti e immagini presentati nell’evento, che sono stati poi raccolti in un volume dal titolo “INFN Napoli - Ricordi e immagini di 50 anni di storia dal 1963 al 2013”. Questo contributo si propone la presentazione del volume, in via di pubblicazione, illustrando le tappe più significative della storia della Sezione di Napoli.

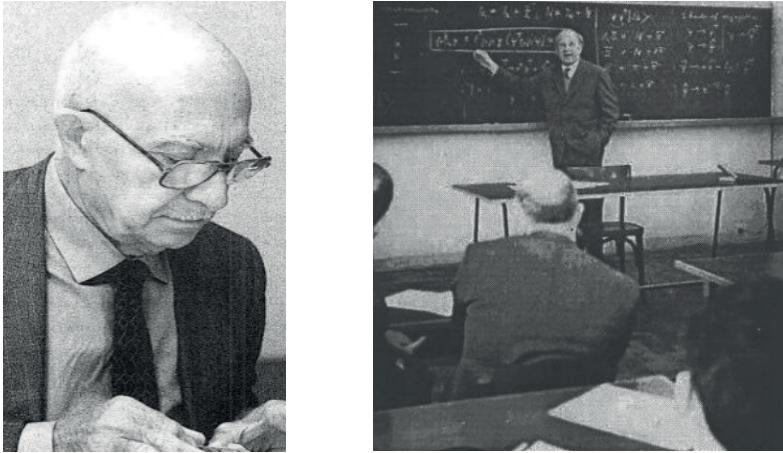


Fig. 1. Sinistra: Eduardo Caianiello. Destra: Werner Heisenberg all'inaugurazione della Scuola di Fisica Teorica e Nucleare al Pad. 19 della Mostra d'Oltremare, Napoli 1 aprile 1958.

2. La Sezione dalle origini agli anni 2000

La nascita della Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare può ricondursi all'istituzione, alla fine del 1957, della Scuola di Perfezionamento in Fisica Teorica e Nucleare per volere di Felice Ippolito, al tempo presidente del CNRN (Istituto del CNR, che negli anni successivi divenne CNEN), in ciò fortemente appoggiato da Edoardo Amaldi, con l'intento di istituire tale Scuola nelle più importanti Università dell'epoca, e da Eduardo Caianiello. La Scuola a Napoli fu inaugurata il 1° aprile 1958 con un seminario tenuto da Werner Heisenberg presso l'Istituto di Fisica Teorica. Nello stesso periodo, fra la fine del 1957 e l'inizio del 1958, al fine di avviare un'attività sperimentale in Fisica Nucleare, Giulio Cortini – allora a Catania – e Renato Angelo Ricci, assistente al Politecnico di Torino – allora ad Amsterdam – vennero chiamati a Napoli (Covello, Preziosi 2008).

2.1. Anni '60 e '70

Le attività di Cortini e Ricci, rispettivamente con la tecnica delle emulsioni nucleari e della spettrometria gamma a scintillazione (di cui Ricci è stato l'iniziatore in Italia), diedero inizio all'organizzare di officine e laboratori sperimentali, e alla nascita della Sottosezione di Napoli dell'INFN, ufficialmente istituita il 15 maggio 1961, sotto la direzione di Giulio Cortini fino al 1962. Nel 1963 nasce la Sezione INFN di Napoli, di cui primo Direttore fu Ettore Pancini. I Direttori successi a Pancini fino alla fine degli anni '70 furono Ruggero Quercoli (1966-1967), Bruno Vitale (1967-1970) e Raffaele Rinzivillo (1977-1982).

Nel 1969 gli Istituti di Fisica dell'Università di Napoli erano quattro, dislocati in diverse sedi: Istituto di Fisica Sperimentale (IFS), Istituto di Fisica Superiore, Istituto di Fisica Teorica (IFT) e Sezione INFN di Napoli, diretti rispettivamente da Antonio Carrelli, Ettore Pancini, Eduardo Caianiello e Bruno Vitale. Nel 1970 l'Istituto di Fisica Superiore confluisce nell'Istituto di Fisica Sperimentale con sede presso l'Università "Federico II" in Via Tari e Direttore Ettore Pancini; la sede della Sezione INFN si spostò anch'essa in Via Tari sotto la direzione di Giancarlo Gialanella. L'attività di ricerca dei tre Istituti (IFS, IFT, Sezione INFN) nel 1971 era caratterizzata dalle seguenti linee di ricerca: Astrofisica, Fisica delle particelle elementari, Fisica nucleare, Fisica teorica, Fisica sperimentale della materia, Attività tecniche e interdisciplinari. In particolare, gli anni '60 e '70 hanno visto, accanto alla fisica nucleare tradizionale, che poteva avvalersi sempre più dei Laboratori Nazionali INFN di Legnaro e del Sud, lo sviluppo di ricerche in fisica delle particelle che fin dagli anni '70 vedevano impegnati numerosi gruppi sperimentali, presso i Laboratori Nazionali di Frascati (a ADONE e successivamente a DAFNE), presso il CERN (agli ISR, al *ppbar Collider* e successivamente al LEP ed attualmente a LHC), e negli USA, a SLAC.

Il periodo tra il 1970 e il 1975, sotto la Presidenza di Claudio Villi, fu cruciale per l'INFN dal punto di vista istituzionale e organizzativo. In tale periodo sono stati affrontati e regolamentati molti aspetti normativi e organizzativi che, ovviamente, hanno avuto grandi riflessi anche a livello locale, tra i quali i rapporti tra INFN e Università, ristrutturazione delle Sezioni e Consiglio di Sezione, Regolamento del personale. Di particolare rilevanza fu la regolamentazione, attraverso la convenzione, dei Rapporti INFN-Università. Il progetto della Convenzione quadro fu messo a punto nel periodo 1970-1973 e approvato nell'ambito della CRUI; ciò rese possibile negli anni 1974-1975 la stipulazione con le diverse Università, tra cui la Federico II, delle Convenzioni destinate a definire e disciplinare i loro rapporti con l'INFN. Per la Sezione di Napoli è interessante seguire le tappe fondamentali della prima Convenzione: nell'aprile del 1974 il Consiglio Direttivo dell'INFN approvò lo schema di convenzione tra Università e INFN; nel novembre il CdA dell'Università di Napoli "Federico II" approvò lo schema di Convenzione; nel febbraio del 1975 si andò alla firma della Convenzione INFN-UNINA (Claudio Villi-Giuseppe Tesoro). Nel luglio del 1976 il Consiglio di Sezione INFN (Napoli) approvò la proposta di accordo supplementare con l'IFS; successivamente il Consiglio dell'IFS approvò (con modifiche) la proposta e decise di sottoporla a referendum di tutto il personale. A seguito del risultato di disapprovazione del referendum e di un conseguenziale periodo conflittuale tra le strutture, il problema dell'accordo supplementare fu accantonato per alcuni anni. La sua approvazione avvenne nel gennaio 1982, con firma dell'accordo da parte del Rettore Carlo Ciliberto e del Presidente dell'INFN Antonino Zichichi.

A fine anni '70 la Sezione INFN e l'IFS iniziano il trasferimento da via Tari ai Padiglioni della Mostra d'Oltremare, dove aveva già sede l'IFT, in attesa di trasferimento (dei tre Istituti IFS, IFT e INFN) nella sede definitiva presso la Facoltà di Scienze a Monte S. Angelo.

2.2. Anni '80

Dopo la direzione di Raffaele Rinzi, che terminò nel 1982, il Direttore di Sezione fu Marco Napolitano (1983-1988), a cui successe Crisostomo Sciacca (1988-1994). Agli inizi degli anni '80 il personale dipendente ricercatore della Sezione era costituito da 10 unità. Nel 1983 la Sezione lascia la sede di Via Tari per trasferirsi alla Mostra d'Oltremare; la logistica, che doveva essere provvisoria, durò ben 15 anni, fino al 1997, anno del trasferimento alla sede di Monte S. Angelo, sia della Sezione che del Dipartimento di Scienze Fisiche. In seguito al trasferimento alla nuova sede nella Mostra d'Oltremare, si istituì il Servizio Elettronica e Rivelatori ed il Servizio Calcolo e Reti. Le nuove tecnologie informatiche, già da alcuni anni protagoniste dello sviluppo di sistemi di calcolo scientifico e della rete, mutavano rapidamente anche il modo di gestire l'amministrazione della Sezione. Il primo "programma" di contabilità sviluppato sul calcolatore PDP-11/04, utilizzava come memoria di massa un floppy disk da 512 kB. La crescente complessità degli apparati sperimentali e la necessità di una progettazione sofisticata che facesse uso di adeguati strumenti di simulazione e di calcolo portò nel 1985 all'istituzione del Servizio di Progettazione Meccanica.

Negli anni '80 molte cose accaddero che ebbero una grande influenza sulla vita della Sezione. Con la riforma dell'Università nacquero i Dipartimenti, l'Università italiana si dotò finalmente di un dottorato di ricerca, riprese inoltre anche una certa dinamica del personale. In merito all'INFN, con la presidenza Zichichi iniziò un periodo di "benessere" che si protrasse fino a metà degli anni '90: partì il Laboratorio Nazionale del Gran Sasso, al CERN si raccolsero i frutti dell'impresa *ppbar-collider* e si costruì il LEP. Nell'ultima parte della decade il calcolo fece passi da gigante, nacquero e si svilupparono le reti, crebbe inoltre l'attenzione da parte dell'INFN per l'applicazione del suo patrimonio strumentale e delle tecnologie della fisica nucleare e subnucleare a campi diversi (luce di sincrotrone, fisica medica, diagnostica per immagini e altro). Presso l'Università di Napoli vennero istituiti due Dipartimenti: Dipartimento di Fisica e Dipartimento di Fisica Nucleare, Struttura della Materia e Fisica Applicata; la Sezione INFN insisteva su entrambi. Successivamente essi si unificarono nel Dipartimento di Scienze Fisiche.

Le attività di ricerca della Sezione ebbero notevole impulso sia dal punto di vista sperimentale che teorico, anche con l'istituzione nel 1985 del Gruppo Collegato di Salerno. In particolare, negli anni '80 inizia il filone di ricerca della fisica del neutrino e della fisica astroparticellare, con partecipazioni in esperimenti sia al CERN sia underground presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso.

2.3. Anni '90 e 2000

I Direttori che si susseguirono negli anni '90 e 2000 furono: Crisostomo Sciacca (1988-1994), Paolo Strolin (1994-1998), Benedetto D'Ettore Piazzoli (1998-2004) e Leonardo Merola (2004-2011). Il trasferimento al Complesso Universitario di Monte S. Angelo, iniziata nel 1997, fu un'operazione estremamente laboriosa, completata sotto la di-

reazione D’Ettore. Sotto la stessa direzione, la Sezione ha beneficiato dell’assunzione di 10 unità di personale tra ricercatori e tecnologi e 8 tecnici e 1 amministrativo. Nel frattempo, per disposizione governativa, la disponibilità di cassa per l’INFN fu limitata rispetto alla disponibilità di competenza, richiedendo una pianificazione accurata della Sezione per far fronte alle necessità di adeguamento strutturale della nuova sede. Superato questo disallineamento, l’aumento di disponibilità finanziaria, unitamente al nuovo personale assunto e alla possibilità di usufruire di nuovi spazi nella nuova sede di Monte S. Angelo, ha dato impulso alle attività della Sezione, che doveva affrontare notevoli impegni scientifici, quali la messa a punto e calibrazione di circa un terzo dei rivelatori RPC dell’esperimento ATLAS a LHC e la costruzione di importanti parti di rivelatori delle nuove iniziative del Gruppo II (esperimenti ARGO, OPERA, PAMELA e VIRGO). In questo periodo si avviano inoltre le prime iniziative di cooperazione con realtà esterne (adesione al Centro di Competenza Regionale “Nuove Tecnologie per Attività Produttive”, e progetto STADIR sullo Sviluppo Trattamento mediante Impiantazione di Radionuclidi cofinanziato dal MIUR). A gennaio del 2004 la Sezione poteva contare su 71 dipendenti a tempo indeterminato.

Nel periodo 2004-2011, sotto la direzione di Leonardo Merola, sono state introdotte diverse novità nella gestione e nella vita scientifica dell’Ente. Va menzionato il nuovo assetto organizzativo, a seguito del riordino degli Enti di Ricerca voluto dal Ministro Gelmini, che ha comportato la stesura di un nuovo Statuto dell’Ente. Molteplici sono state le attività e i contributi napoletani ai principali filoni di ricerca scientifica e tecnologica dell’INFN, nonché ad attività con ricadute sul territorio, nell’ambito dell’innovazione e del Trasferimento Tecnologico, e a progetti in collaborazione con Università e altri Enti, anche finanziati con fondi esterni (UE, PON, POR, progetti speciali, strategici), che per brevità non vengono citati. La comunicazione e la divulgazione scientifica sono state importanti novità nell’ambito delle missioni dell’Ente e della Sezione (verso le Scuole e il grande pubblico, collaborazione con Città della Scienza, Accademie). Tra le attività in cui tutto l’Ente, e in particolare la Sezione, sono stati impegnati in questo periodo vanno ricordate la formazione del personale, le pari opportunità, e l’introduzione del nuovo Sistema Informativo di cui Napoli è stata la Sezione pilota.

Dopo la Direzione di Leonardo Merola, terminata a luglio del 2011, subentra come direttore Giovanni La Rana. Alla complessiva riorganizzazione e immissione di forze nuove e rinnovata disponibilità finanziaria che hanno caratterizzato positivamente i primi anni 2000, hanno fatto seguito purtroppo crescenti difficoltà dovute a riduzione dei finanziamenti, blocco di assunzioni e limitazioni del *turn-over*. Difficoltà con le quali si sono dovute confrontare la direzione di Merola, e successivamente quella di La Rana.

Limitandosi al periodo della direzione di La Rana che, va dal 2011 a maggio 2013, data del compimento dei 50 anni della Sezione, va sottolineato che questo periodo ha visto importanti risultati scientifici, a cui i ricercatori della Sezione di Napoli e del Dipartimento hanno dato un contributo significativo: i) l’osservazione da parte della collaborazione dell’esperimento OPERA di un secondo evento di oscillazione di neutrino muonico in neutrino tau, dopo quello osservato nel 2010, ii) la scoperta del bosone di

Higgs, annunciata a luglio del 2012, da parte delle collaborazioni degli esperimenti ATLAS e CMS. Questo periodo ha visto inoltre l'inizio delle attività di due importanti progetti PON: RECAS sul calcolo e NAFASSY sulla superconduttività, quest'ultimo presso l'Università di Salerno (che ospita il Gruppo Collegato), progetti che oggi hanno dato vita a due importanti infrastrutture di ricerca. Vanno infine sottolineate le attività di terza missione mirate al Trasferimento Tecnologico e alla divulgazione scientifica, con forte impatto sul territorio, che hanno ricevuto impulso sin dall'inizio di questa direzione e di cui oggi raccogliamo i frutti.

3. La Sezione oggi

Dalla sua nascita nel 1963 la Sezione ha visto una notevole crescita nel personale e nelle attività, fino a diventare oggi una delle maggiori strutture dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Operano attualmente in essa più di 400 unità di personale dipendente e associato, incluso il Gruppo Collegato di Salerno.

Oggi, le attività di fisica sperimentale subnucleare, astroparticellare e nucleare, svolte in vaste collaborazioni internazionali, in laboratori di ricerca in Italia e all'estero in tutto il mondo hanno per oggetto molteplici tematiche: studio delle interazioni fondamentali e dei costituenti elementari, studio della violazione della simmetria CP, fisica dei mesoni B e K, dei bosoni di Higgs, ricerca di segnali di fisica oltre il Modello Standard (supersimmetria, ecc.), studio della radiazione cosmica di alta energia, fisica del neutrino, ricerca di onde gravitazionali, studio della materia oscura dell'Universo, ricerca di antimateria, fisica nucleare degli ioni pesanti, studio di reazioni di fissione e di fusione, studio di nuclei esotici, astrofisica nucleare, struttura e reazioni nucleari. Alle due importanti scoperte di cui al precedente paragrafo, si è aggiunta più di recente l'osservazione diretta delle onde gravitazionali. Il successo del periodo di presa dati dell'agosto 2017 da parte di VIRGO insieme agli interferometri americani, con la prima osservazione della coalescenza di stelle di neutroni e con il coinvolgimento della comunità astronomica, ha segnato l'inizio della Astronomia multimessaggera. Accanto alle ricerche sperimentali vanno menzionate le attività nel campo teorico nei seguenti settori: teoria dei campi e stringhe, fenomenologia delle interazioni fondamentali, fisica nucleare, metodi matematici, fisica astroparticellare, fisica statistica.

Di pari passo sono condotte dalla Sezione ricerche di carattere tecnologico ed interdisciplinare, tra cui la fisica degli acceleratori, la fisica medica, le tecnologie nucleari per i beni culturali e per l'ambiente, le reti informatiche, il *Grid computing*, la microelettronica. Il trasferimento tecnologico ed i rapporti della Sezione con il territorio sono anch'essi al centro delle attività, sia dal punto di vista della divulgazione e diffusione della cultura scientifica, che dal punto di vista delle attività di interesse delle imprese. La Sezione partecipa inoltre a vari programmi di ricerca finanziati dall'UE e ai PON ministeriali, due dei quali vedono oggi la realizzazione di due importanti Infrastrutture di Ricerca: RECAS e NAFASSY. Le attività sono supportate da 8 Servizi: Amministrazione, Direzione, Prevenzione e Protezione, Calcolo e Reti, Officina Meccanica, Progettazione Meccanica, Elettronica e Rivelatori, Tecnico Generale. La forma-

zione, infine, costituisce anch'essa un'attività importante della Sezione: numerosi ricercatori dell'INFN partecipano in modo attivo ad attività didattiche specialistiche nei corsi di studio dell'Ateneo. Laureandi, dottorandi, post-doc partecipano alle attività di ricerca della Sezione, che offre loro l'opportunità di crescere professionalmente attraverso la ricerca.

Bibliografia

- Amaldi E. (1963). "L'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare", *Notiziario del CNEN*, 8 (1).
- Amaldi E. (1966). *Rapporto CNEN, EUR 2465-I: "Ricerche sulla Fisica dei Nuclei", 1961-1963, Sezioni INFN*. Roma: CNEN.
- Battimelli G., Patera V. (a cura di) (2003). *L'istituto Nazionale di Fisica Nucleare. La ricerca italiana in fisica subatomica*. Roma-Bari: Laterza.
- Covello A., Preziosi B. (2008). *Renato Ricci a Napoli*, in Gramegna F., Cinausero M., Fabris D. (eds.), *The nuclear physics from the $f_{7/2}$ to the quark-gluon plasma. Workshop in honour of the 80th birthday of Renato Angelo Ricci* (Legnaro, INFN-LNL, 17-18 May 2007), *Conference Proceedings*, Bologna: SIF, vol. 96, pp. 1-13.
- Guerra F., Preziosi B. (2006). "Ricordo di Giulio Cortini". *Il Nuovo Saggiatore*, 22 (3-4), pp. 36-38.
- Villi C. (1976). *La Fisica Nucleare fondamentale in Italia*. Padova: CLEUP.

The first fifty years of Computing at the INFN in Naples. History and images, from 1963 to 2013

Paolo Mastroserio - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Naples' Unit -
pmastroserio@gmail.com

Abstract: Computing is certainly one of the main elements that changed the way of life during the twentieth century, revolutionizing both the modalities and the contents of communications. The academic and research institutions played a decisive role in the development and growth of this field, and Naples' INFN Unit followed every step of this process. In occasion of the first 50th anniversary celebration I decided to leave a trace of the efforts made, where the various stages over the years are described. In the field of telecommunications, we start from the first connections between Naples and Milan with a speed of 110 bps to reach more than the 10 Gbps of nowadays. The first computers that were used before 1984 are mentioned; the birth of the Computer Center is made to coincide with the purchase of a very powerful computer: VAX 11/750-B. The history continues describing the evolution of several activities with particular emphasis on the implementation of the e-mail service, the development of the telecommunications, the installation of the first web server, the participation of the Grid Computing project, etc. All these activities were carried out thanks to the collaboration of both staff and people with no permanent position, that gave important contributions to the success of the "Computing and Networks Service" in Naples.

Keywords: Computing in Naples, INFN, VAX, grid, cloud.

1. Introduzione

Negli anni '60 e '70 molti ricercatori per far girare il proprio software andavano al CNAF (Centro Nazionale Analisi Fotogrammi) dell'INFN di Bologna portando con sé dati e programmi scritti su schede perforate. Contemporaneamente altri ricercatori, con iniziative indipendenti si dotarono di elaboratori elettronici per lo svolgimento del proprio lavoro. Tra i fisici, fondamentali furono i contributi di Giovanni Chiefari, Vincenzo Marigliano, Nicola Spinelli, Gustavo Avitabile e Vito Patrino. Quegli anni, dal punto di vista informatico, erano caratterizzati dall'utilizzo dei *mainframe*, macchine estremamente costose e di enormi dimensioni, adatte per applicazioni critiche usate da grandi aziende e istituzioni. L'INFN decise di dotare le proprie sezioni del sistema di *time sharing* della GEISI (General Electric Information System Italia) con sede a Milano. Nel 1968 da Napoli ci si collegava alla velocità di 110 bps tramite una linea commutata con una telescrivente elettromeccanica classica che aveva un lettore/perforatore

di banda di carta, componendo un numero di telefono. Giulio Spadaccini lo usava per sviluppare programmi in BASIC di statistica per i suoi esperimenti. Agli inizi degli anni '70, quando la Sezione INFN di Napoli aveva sede in via Tari, fu acquistato un computer della Digital, un PDP15 pensato come soluzione di calcolo di uso generale. Nicola Spinelli usava il computer per controllare un apparato di spettrometria di massa e faceva girare programmi di simulazione Montecarlo per esperimenti riguardanti collisioni elettrone-molecola. Raffaele Rinzivillo, Francesco Carbonara, Giovanni Chiefari, Elena Drago, Giancarlo Gialanella, Marco Napolitano e Crisostomo Sciacca si occupavano dell'automazione della presa dati dei tavoli "mangiaspago". Giovanni Chiefari si occupava della scheda di acquisizione ed Elena Drago scrisse il software di analisi dati degli eventi di camera a bolle. In questo settore, al CERN già si muovevano i primi passi nell'ambito della *Pattern Recognition*. Giuseppe Di Giugno utilizzava il computer per scrivere programmi orientati al campo della musica elettronica. Dopo questi investimenti iniziali, l'INFN per diverso tempo non acquistò nuove macchine perché si poteva accedere anche alle risorse universitarie della Federico II. Ad esempio nello scantinato di via Tari c'era un terminale collegato al Centro di Calcolo Interfacoltà (CCEI) dell'Università di Napoli che aveva uno SPERRY UNIVAC 1106. Il primo presidente del CCEI fu Carlo Ciliberto, poi diventato Rettore della Federico II, Vito Patrino ne era il direttore. Era il 1975 e il sistema di calcolo non fu acquistato ma preso a noleggio per la "modica somma" di 180 milioni di lire all'anno. Alla Mostra d'Oltremare Vincenzo Marigliano gestiva un Olivetti P602 per l'utenza locale. A Chimica un diffrattometro per raggi X richiese l'installazione di un PDP 11/34 che, per iniziativa di Gustavo Avitabile, si trasformò in una delle prime risorse di calcolo accessibili a tutti i chimici e in seguito anche fisici quali Crisostomo Sciacca e Sergio Cavaliere. Intorno al 1980 anche i fisici si dotarono di un PDP 11/34; per la sua installazione Giuseppe Trautteur progettò e realizzò con le sue mani un trasformatore e Gustavo Avitabile ebbe un ruolo chiave nella configurazione del sistema operativo. Negli stessi anni, sempre in Via Tari, i ricercatori del Gruppo III (fisica nucleare) acquistarono un sistema della Hewlett Packard dove ci facevano girare programmi per deconvoluzione di spettri e analisi statistiche.

2. Il Servizio Calcolo dei fisici

A Napoli i fisici fanno coincidere la data di nascita di un proprio Servizio Calcolo con l'acquisto di un computer della Digital, un VAX 11/750 ad opera dell'INFN nella persona di Crisostomo Sciacca, sotto la direzione di Marco Napolitano; costò poco meno di duecento milioni di lire. La macchina fu installata alla Mostra d'Oltremare nel 1984 dove si erano trasferiti da poco i fisici sperimentali. Il Servizio Calcolo nacque come struttura comune a tre istituti: la Sezione di Napoli dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN-NA), l'Istituto di Fisica Sperimentale (IFS) e l'Istituto di Fisica Teorica (IFT) della Federico II. I direttori dei tre enti nominarono anche un Comitato di Gestione composto di sei membri e precisamente da Bruno Caccin, Nicola Cavallo, Vincenzo

Marigliano, Mario Romano, Guido Russo e Crisostomo Sciacca. Leonardo Merola fu il primo responsabile del Servizio Calcolo.

3. La rete INFNet e la rete GARR

Nel 1979 il direttore dell'INFN, Raffaele Rinzivillo, aveva stipulato un contratto con la SIP, la società dei telefoni, per un collegamento telematico punto-punto tra via Tari e il CINECA di Bologna a 4.8 Kbps. Il costo annuale era di ben venti milioni di lire. Il collegamento a una rete telematica vera e propria (come lo si intende oggi) avvenne quando la Sezione INFN si collegò alla rete INFNet nel 1984 collegando un proprio PDP 11/34 con una macchina a Frascati alla velocità di 9.6 Kbps. Una nuova fase organizzativa importante ci fu quando nel 1988 fu istituito dal ministro dell'Università e Ricerca Scientifica Antonio Ruberti il GARR, Gruppo Armonizzazione Reti della Ricerca, poi istituzionalizzato nel 1990. Era costituito da cinque enti, l'INFN, il CILEA, il CINECA, il TECNOPOLIS CSATA e il CNR. Antonio Ruberti mise a disposizione un finanziamento di 5 miliardi di lire con lo scopo di integrare e fondere le reti dei vari enti in un'unica realtà, la rete GARR, dal nome dell'organizzazione, per ottenere un rendimento e un'efficienza maggiori a costi minori. L'INFN ha sempre avuto nel GARR un ruolo di primo piano.

4. 1991: Napoli diviene Polo GARR

L'Università di Napoli diventò Polo GARR nel 1991 con un collegamento alla rete a 2 Mbps, più di duecento volte più veloce rispetto al primo collegamento a INFNet del 1984. Nel 1990 fu concesso un finanziamento straordinario di 2 milioni di lire su Fondi Grandi Attrezzature per la realizzazione del polo primario di Napoli (UniNA) del GARR presso il Centro Elaborazione Dati dell'Università di Napoli Federico II, il CISED (Centro Interdipartimentale di Servizio per l'Elaborazione Dati). Un ruolo primario nella formulazione della proposta fu svolto da Leonardo Merola, che fu anche il primo responsabile del Polo GARR di Napoli, e da Bruno Fadini, coadiuvati da un apposito comitato nominato dall'allora Rettore Carlo Ciliberto, la cui determinazione e il cui appoggio furono essenziali per il successo dell'iniziativa. Nella pubblicazione del "Consortium GARR" del 2011 in cui si festeggiarono i vent'anni della rete GARR, furono citati tra i pionieri, in ordine alfabetico, i napoletani Paolo Lo Re, Paolo Mastroserio, Leonardo Merola e Guido Russo.

5. Napoli, snodo della rete telematica del sud, a cavallo degli anni '90

Napoli divenne il principale snodo telematico del Sud perché a essa confluivano i collegamenti di ben tre reti distinte: StarNet, INFNet e GARR. Infatti, nelle Sale Macchine

della Sezione INFN e del CDS (Centro Didattico Scientifico) erano attestati i collegamenti provenienti dall'Università Federico II di Napoli, dal Secondo Ateneo di Napoli e dal CRIAI (rete StarNet). Della Rete INFNet si attestavano su Napoli i collegamenti delle Sezioni di Catania e del CCSEM di Erice diretto da Antonino Zichichi, già presidente dell'INFN. Napoli era collegata con Roma mentre localmente erano attestati l'Osservatorio Vesuviano, l'Istituto Universitario Navale, il CNR, l'Osservatorio Astronomico di Capodimonte, l'Enea di Portici e il CIRA di Capua.

6. La posta elettronica

I primi messaggi di posta elettronica trasmessi tra gli utenti napoletani risalgono all'arrivo del VAX a Fisica nel 1984 e le comunicazioni avvenivano all'interno della singola macchina che si chiamava VAXNA; poi, con l'arrivo di nuovi computer, i confini si allargarono a tutta la rete locale della Mostra d'Oltremare. Al momento del collegamento a INFNet avvenuto nel 1984, si ebbero le prime comunicazioni a livello italiano per passare poi, subito dopo, a quelle internazionali. Naturalmente erano mail di solo testo e l'uso iniziale non era sistematico come nei giorni nostri.

7. I collegamenti da casa

I cosiddetti modem, cioè apparati in grado di collegare due calcolatori remoti utilizzando la telefonia urbana, diedero il via alla prima fase di una svolta che avrebbe cambiato radicalmente il modo di lavorare della gente nonché di comunicare tra privati. I primi modem utilizzati nella Sezione di Napoli negli anni '80 andavano alla velocità di 2400 bps, in seguito si passò a modem con prestazioni superiori, prima a 4800 bps, poi a 9600 bps. Erano infinitamente più lenti di quelli che si può permettere oggi un generico utente, ma straordinariamente efficienti e utili per l'epoca.

8. 1987: Castel dell'Ovo-CERN, primo collegamento telematico in Italia durante una conferenza

Un evento di notevole portata storica, per quanto riguarda le emails, si ebbe nel 1987, anno in cui ci fu il Congresso della SIF a Napoli, a Castel dell'Ovo, organizzato da Giancarlo Gialanella. Leonardo Merola propose alla Digital di sponsorizzare l'evento fornendo in cambio uno spazio espositivo; questi proposero di portare una VaxStation II e di collegarla in rete; Marco Napolitano, direttore della Sezione INFN, garantì la copertura finanziaria per il collegamento telematico. Paolo Lo Re, insieme ai tecnici della SIP e della Digital, mise in piedi un collegamento con non pochi sforzi tra il Castello e la Mostra d'Oltremare e quindi con il resto del mondo, a una velocità di 9.6 Kbaud.

9. L'informatica distribuita e il WEB

L'avvento dei personal computer nei primi anni ottanta fu visto, in generale, dal personale informatico di tutto il mondo, prima con sufficienza e fastidio, poi spesso come pericolo che insidiava il suo potere nell'ambito dell'intera organizzazione. Si stava sviluppando quel fenomeno inarrestabile che avrebbe preso il nome di "Informatica distribuita". Nel 1989 Tim Berners Lee propose il progetto dal titolo *Information Management*; nel 1990 scrisse il primo *web server* e relativo *web client*. La data di nascita del World Wide Web è comunemente indicata nel 6 agosto 1991, giorno in cui Berners Lee annunciò il primo sito web della storia dando così vita a quello strumento che avrebbe cambiato i modi di comunicare di tutti i ricercatori e di tutte le persone del mondo. Il 23 settembre del 1991 Paolo Mastroserio e Guido Russo presenziarono a Chicago al primo *HEPiX Meeting* in cui ci fu una presentazione dal titolo: "*World Wide Web - Heterogeneous Information Network*". Nella primavera del 1993 Guido Russo portò dall'ESO, in Germania, il primo *web client* della storia della Sezione di Napoli e lo installò su una workstation nel laboratorio dell'esperimento "Virgo"; il client si chiamava *Mosaic* e con questo importò dalla Germania un file con il semplice uso del mouse invece di dare i tipici comandi noti solo agli addetti ai lavori. Il 23 dicembre del 1993 fu annunciato il primo sito web della Sezione INFN di Napoli e del Dipartimento di Scienze Fisiche: fu realizzato da Leonardo Merola e da Luca Lista. Fu il primo sito scientifico ufficiale dell'Italia meridionale e ottenne anche una nomination come uno dei migliori siti accademici nel mondo.

10. L'eredità che il secondo millennio lasciò al terzo: le *grid* e le *cloud*

Ricercatori e tecnici dell'INFN e della Federico II sono sempre stati propositivi quando si è trattato di innovare, e l'esplosione di Internet si verificò grazie ad una serie di concomitanze favorevoli quali l'aumento vertiginoso della velocità di trasmissione delle reti telematiche, l'aumento delle capacità di archiviazione dei dischi magnetici e delle memorie a stato solido e l'aumento delle capacità di calcolo dei nuovi processori. Indicativo è il confronto tra la velocità delle reti telematiche degli anni '80 e oggi (migliaia di bit per secondo contro miliardi di bit per secondo) e delle potenze di calcolo e di archiviazione dei dati. Verso la fine degli anni '90, vedendosi avvicinare i tempi in cui sarebbe stata accesa, al CERN di Ginevra, LHC, la più grande macchina acceleratrice mai costruita dall'uomo (cosa che poi sarebbe avvenuta nel settembre del 2008), fisici e informatici di tutto il mondo cominciarono a porsi seriamente il problema di come affrontare la gestione e l'elaborazione dei dati che sarebbero stati prodotti a regime. Le stime parlavano di una produzione di circa quindici *petabyte* di dati all'anno, ovvero l'equivalente di tre milioni di DVD, per elaborare i quali sarebbero occorsi circa cinquantamila PC. Inoltre si doveva tener conto che i dati dovevano essere messi a disposizione di circa seimila scienziati di oltre trenta paesi su oltre duecento siti diversi. Con minor clamore di quanto avvenuto per il WWW, la comunità scientifica ha creato una WWG, ovvero una *World Wide Grid*; in altre parole, mentre con il web si ebbe la tra-

sformazione di tutti i dischi di tutto il mondo in un unico grande disco virtuale fruibile da chiunque in maniera semplice, la WWG ha trasformato una sostanziosa parte dei calcolatori della comunità scientifica in un unico grande virtuale e semplice erogatore di calcolo e deposito di dati. Il nome *GRID* deriva appunto dall'espressione inglese *electrical power grid*, che significa rete elettrica o più semplicemente griglia. I sistemi operativi e gli applicativi che utilizzano astrazioni dei componenti hardware fisici dei server resi disponibili in forma di risorsa hanno consentito sempre di più l'affermazione delle *cloud* (nuvole informatiche) che costituiscono un insieme di tecnologie che permette di memorizzare/archiviare e/o elaborare dati grazie all'utilizzo di risorse hardware e software distribuite e virtualizzate in rete. Questa è attualmente l'eredità ricevuta grazie agli sforzi realizzati nell'ultima parte del secondo millennio di cui oggi godiamo.

Bibliografia

Mastroserio P. (2014). *I primi cinquant'anni del calcolo all'INFN di Napoli. La storia e le immagini dal 1963 al 2013*. Napoli: Satura Editrice.

Guglielmo Marconi and wireless telegraphy

Renato Pucci - Dipartimento di Fisica e Astronomia "E. Majorana", Università degli Studi di Catania, Italy; IMM-CNR, Catania - renato.pucci@ct.infn.it

Giuseppe Angilella - Dipartimento di Fisica e Astronomia "E. Majorana", Università degli Studi di Catania, Italy; IMM-CNR, Catania; INFN-Catania; CNISM, UdR Catania; Scuola Superiore di Catania, Università di Catania - giuseppe.angilella@ct.infn.it

Abstract: The contributions of Guglielmo Marconi (1874-1937) as a scientist are emphasized, against his often over celebrated skills as a mere inventor and manager.

Keywords: Guglielmo Marconi (1874-1937), Wireless telegraphy, Science and society.

It would be reductive to consider Guglielmo Marconi (1874-1937) as a mere inventor. On the one hand, it is almost universally acknowledged that he invented wireless telegraphy and radio transmission. On the other hand, however, his scientific contributions in these two fields are poorly known in Italy, and especially abroad. A few years ago, the well-known American scholars F. Seitz and N.G. Einspruch published a book (1998), where Marconi is more celebrated as a manager. Being an effective manager is certainly an important pro for any scientist. However, that book is not fair enough towards Marconi's scientific achievements. For example, these are not sufficiently emphasized against those of Popov, a Russian scientist who provided relevant contributions to wireless signal transmission, but who would not make that necessary leap forward which proved necessary for actual transmission at long distances.

Following the acceptance, on July 2, 1897, of the first patent entitled *Improvements in transmitting electrical impulses and signals, and in apparatus therefor* (sic), on behalf of the British Patent Office, Marconi actually demonstrated a remarkable initiative and managerial skills, such that one would nowadays expect from a young start-upper or developer of a spin-off. He considered the possibility of establishing commercial partnerships with several subjects, including institutional ones, and did not omit to anticipate various legal, therefore more practical, issues. These had to be inevitably involved in establishing a firm, which would be presumably destined to achieve an international reach (Valotti, Dalle Donne, 2015). Within just a month from the approval of the first patent, on July 20, 1897, the Wireless Telegraph and Signal Company, Ltd. was born, sporting a capital of 100,000 stocks worth one pound each.

Such managerial skills, certainly uncommon, tend to obfuscate Marconi's scientific profile. The present authors therefore decided to initiate a correspondence with the authors of the aforementioned volume (Seitz, Einspruch 1998), with the aim of remarking the decisive contributions of Marconi's with respect to those of his contemporaries, with reference to his patents. Seitz kindly replied that his omission had of course not been intentional, and that he had been not aware of those documents, which he would have referred to in a future edition of their monograph.

The extraordinary character of Marconi's work is not limited to the scientific implications (albeit fundamental) of his findings, and to his managerial skills, which were however instrumental towards the success of his inventions. Indeed, Marconi took himself constantly care of the extensions and the upgrade of each single part of the instrumentation, which led to new patents and to substantial improvements in the quality and in the extent of the transmission and receiving of signals. Brits used to refer to him as to "golden hands", since Marconi was able to make any project of his to actually work. He was the first to apply the antenna and the earth plug to the transmitter, not only to the receiver, which enabled him to make use of wavelengths of the order of tens or hundreds of metres, rather than order of tens of centimetres, as it was in use among his contemporaries. Now, it is well known that waves with wavelengths of the order of a few centimetres would not be able to by-pass obstacles as high as a building, or as Pontecchio's hill, close to where Marconi performed his first experiments, while the waves employed by Marconi were indeed able to overcome such hindrances.

Immediately after the establishment of a first factory in Chelmsford, at the north of London, and after numerous experiments also in Italy, both in La Spezia and at the Quirinale palace in Rome, where he had the opportunity to be a guest of the sovereign, Marconi worked hard and continuously to the extension and the amplitude of the signals, first between the coasts of England and Ireland, then across the Channel.

Through repeated tests and experiments, he was then able to reduce absorption effects considerably. Moreover, he studied different shapes of antennas, and realized that the wavelength of the emitted wave had a precise relationship with the length of the antenna itself. He had then to face the problem of interference between signals emitted by near sources and worked therefore on tuning, a technique which enables any emission to stay confined in a well-defined frequency bandwidth, thereby avoiding that they can overlap. These findings made it eventually possible to increase the power concentrated in the emitted signals. Similar results had in fact been obtained, independently, by the German researcher Karl Ferdinand Braun. Finally, Marconi was the first to courageously direct electromagnetic waves towards the sky (waves with short wavelength, this time), in the hope to collect them at the other side of the Ocean. This enabled him to achieve some quite spectacular results, which soon became very well known internationally, among which the switching on of the lights of Sydney's municipality in Australia, via an electromagnetic impulse emitted on board of his yacht *Eletra*, at the moor in Genoa, Italy. Certainly, he was not aware of the existence of the Van Allen belt, yet to be discovered in 1958, which reflects the electromagnetic waves, thus enabling them to overcome Earth's curvature. But *fortuna audaces iuvat*, and his

stubbornness, in conjunction with a numerous series of experiments, allowed him to exploit such a belt.

Why, then, have Marconi's discoveries been overlooked to the present extent, and it is only his successful public life that is emphasized? (see, e.g., Falciasecca, Valotti, 2003). This is probably due to the poor public awareness and diffusion of information related to scientific culture in Italy. Overall science indeed does not seem to be of much interest for publishers. However, we surmise that political reasons could also have been the cause of this state of affairs.

After being appointed as a senator in 1914, Marconi was politically linked to Francesco Saverio Nitti. During World War I, Marconi served in several important roles, and in 1919 he was amongst Italy's plenipotentiary delegates at the Paris Peace Conference. On that occasion, Marconi broke off with Nitti, also because of the Free State of Fiume. Marconi developed a profound disappointment for that reason, and also because of the bankrupt of the Banca di Sconto, whereof he was president. As a consequence, in 1923 Marconi joined the Fascism. His relationship with the regime grew stronger when, in 1923, he married his second wife Maria Cristina Bezzi Scali, a member of the so-called Black Nobility, faithful to the Roman Pontiff. In 1928, Marconi was appointed president of the National Research Council (CNR).

Not long before, the celebrated mathematician Vito Volterra had been ousted from CNR, as Volterra had subscribed Croce's Manifesto against Fascism. In 1930 Marconi was also nominated president of the Italian Academy, which had been established to rule over the various academies in Italy. On the contrary, Volterra was dismissed from his role of the Academy of the Lincei, and even from his university professorship.

Marconi, however, opposed to Mussolini's will to merge CNR and the Italian Academy, and acknowledged their distinct functions and roles. He pursued a pro-British attitude in foreign affairs, and never agreed with the Nazi persecution against Jews, from which he clearly stayed clear. Marconi's political views are manifestly contradictory and would require a careful historical analysis, which has not been undertaken, to date. Regardless of his political choices, however, it seems legitimate to celebrate the inventor, who in 1909 was awarded the Nobel Prize for Physics, together with Braun.

In conclusion, we would like to remember Marconi not just as the powerful and influential man, but as the twenty-years-old lad who, while performing physical experiments at Villa Griffone, was a continuous source of enthusiasm for people.

References

- Seitz F., Einspruch N.G. (1998). *Electronic genie. The tangled history of silicon*. Urbana: University of Illinois Press.
- Falciasecca G., Valotti B. (2003). *Guglielmo Marconi. Genio, storia e modernità*. Milano: Mondadori.
- Poli P. (1985). *Opera tecnico-scientifica di Guglielmo Marconi*. Faenza: C&C edizioni radioelettroniche.

- Marconi Paresce D. (1993). *Marconi, mio padre*. Milano: Frassinelli.
- Valotti B., Dalle Donne G. (2015). *Marconi. Il ragazzo del wireless*. Milano: Hoepli.
- Chiaberge R. (2013). *Wireless. Scienza, amori e avventure di Guglielmo Marconi*. Milano: Garzanti.
- Solari G. (2011). *Guglielmo Marconi*. Bologna: Odoya.

The epistemological and scientific legacy of René Thom's thought

Arcangelo Rossi - Dipartimento di Matematica e Fisica "Ennio De Giorgi",
Università del Salento, Lecce - arcangelo.rossi@unisalento.it

Abstract: René Thom contrasted the purely quantitative view of mathematics and sustained a conception of mathematics as a universal explication scheme reconciled with metaphysics. Actually, both Thom and Aristotle used the concept of edge or boundary in order to define individual realities through the forms which distinguish them topologically. Reality would then show itself through the distinctive forms it assumes, forms which allow one to build analogies between different things or different concepts or phenomena. Starting from this point of view, Thom studied the continuous crossing between spaces, even endowed with different dimensions (a research on the so called "cobordism" which yielded him the Fields Medal in 1958), until he singled out few universal forms representing catastrophes or abrupt transitions. Thom's theory of catastrophes provides models or qualitative mechanisms rather than equations describing and predicting changes quantitatively, as it is not expected that a mathematical approach necessarily implies to quantify rather than to establish general relations. In particular, the base of the physical-mathematical synthesis is for Thom a metaphysics which carries out a universal unification need.

Keywords: René Thom, Catastrophe theory, Complexity, Reductionism.

1. René Thom e la teoria delle catastrofi

La teoria delle catastrofi elaborata da René Thom negli anni '50 e '60 del Novecento è sostanzialmente una teoria topologica dei sistemi dinamici focalizzata all'analisi dei cambiamenti repentini coinvolgenti un sistema sotto lo stimolo di agenti esterni, descritti da un certo numero di parametri (Arnold 1978). Si potrebbe dire transizioni di fase brusche, associate a singolarità o catastrofi appunto. Tale teoria fornisce un grande quadro interpretativo ed esplicativo della struttura della realtà in termini matematici topologico-qualitativi, quadro fortemente innovativo per l'epoca (Giorello, Morini 1980).

Come emerge anche dal suo saggio del 1991 *Prevedere non è spiegare* (Thom, Noël 1991), con tale teoria Thom superava senza alcuna esitazione la concezione puramente quantitativa della matematica come mero strumento di calcolo e di previsione esatta, in favore di una concezione della stessa quale schema esplicativo universale riconciliato con la metafisica. In particolare riconciliato con la metafisica ontologica aristotelica, da tempo invece considerata contraria alla trattazione

matematica della realtà proprio per il suo rifiuto di ridurre la conoscenza a mera misura quantitativa, cui a sua volta era per lo più ridotta la matematica. In particolare, la teoria o piuttosto schema esplicativo universale di Thom, utilizza, al pari della metafisica di Aristotele, il concetto qualitativo di bordo o confine per definire le realtà individuali, sia fisiche (cose) sia mentali (concetti), mediante le forme (rappresentabili appunto matematicamente in termini geometrico-topologici) che le definiscono, separandole così dall'ambiente circostante.

La realtà secondo Thom non ci è quindi data nell'intuizione e nel concetto puri come per Kant, ma nelle forme topologiche specifiche che la delimitano e la definiscono. Queste forme permettono però anche di costruire analogie tra una cosa e l'altra, tra un concetto e l'altro, mandando, come dice Thom, uno spazio in un altro: si tratta di analogie formali che trovano espressione nella stessa fisica attraverso la sua trattazione matematica, come nell'ottica geometrica, che realizzerebbe chiaramente il legame, sempre cercato da Thom, tra l'astrazione geometrica più universale e l'esperienza concreta individuale.

Thom studiò quindi a partire da qui il passaggio continuo da una varietà (spazio) ad un'altra, le connessioni tramite bordi e punti comuni tra spazi anche di diverse dimensioni (questa ricerca sul cosiddetto "cobordismo" gli fruttò addirittura nel 1958 la medaglia Fields), fino ad individuare poche forme universali e quindi oggetti matematici che rappresentano catastrofi o transizioni, brusche ma pur sempre continue, di forme. Queste rappresentano singolarità specifiche che appaiono quando un oggetto viene sottoposto a vincoli, come ad esempio sollecitazioni meccaniche che comportano restrizioni rispetto alle sue dimensioni ordinarie, che esso subisce senza conseguenze apparenti, tranne che in punti particolari in cui la sua resistenza alle sollecitazioni esterne sfocia in repentine fratture, concentrando lì, per così dire, la sua struttura individuale. La teoria delle catastrofi esprime appunto le concentrazioni di forme che vengono così a crearsi come irregolarità e accidenti dovuti a vincoli, indipendentemente dai dettagli microscopici della struttura materiale, fisica, degli oggetti. Pertanto tale teoria assume caratteristiche di universalità (Thom 1980a, Thom 1985).

Nelle situazioni più comuni che coinvolgono un numero limitato di parametri esterni, Thom individuò sette tipi elementari di catastrofi o singolarità generiche: "piega", "grinza", "coda di rondine", "farfalla" e "ombelichi" di tre tipi (Arnold 1990). Thom ne studiò dapprima le applicazioni come nelle caustiche, superfici illuminate secondo diverse angolazioni, riflessioni e rifrazioni, per vedere appunto come si formano catastrofi attraverso deformazioni ottiche. La teoria delle catastrofi servì inizialmente a spiegare la formazione delle caustiche e poi molti altri fenomeni, senza fornire soluzioni quantitative o previsioni esatte, ma solo qualitativamente situazioni non dominabili con soli metodi riduzionistici quantitativi (Thom 1980b).

Vi furono quindi dal 1975 in poi molte polemiche sulla validità della teoria, che costrinsero Thom a riflettere sulla natura della scienza (Thom 1977; Tonietti 1983). Lo studio delle forme in situazioni irregolari, accidentali o talvolta caotiche aveva per la verità portato già prima J.H. Poincaré e J. Hadamard (tra '800 e '900) ad individuare evoluzioni catastrofiche strutturalmente invarianti nei più disparati fenomeni, in termini di divergenze dovute a dipendenza sensibile da piccole variazioni delle condizioni iniziali

(Arnold 1990). Il problema è che in tali casi non valevano leggi esatte ma solo tendenze evolutive asintotiche che non permettevano predizioni certe, semmai solo probabilistiche. Ovviamente, laddove invece le predizioni esatte sono ancora possibili in termini di leggi o equazioni esplicite (Volterra 1959), il modello catastofistico decade. C. Zeeman analizzò applicazioni della teoria alle catastrofi in vari ambiti non fisici, come l'esplosione di rivolte nelle carceri, di crolli della borsa, di irregolarità del battito cardiaco, propagazione dell'impulso nervoso, etc. (Zeeman 1976; Zeeman 1977).

In realtà si può procedere, a seconda dei casi, o in modo pragmatico tentando di fare previsioni certe, o in modo più speculativo, descrivendo processi globali catastofici: dunque in un caso prevedendo senza capire e nell'altro comprendendo il processo globale senza prevederlo esattamente (Thom, Noël 1991). Altra contrapposizione, oltre a quella tra prevedere e spiegare, e connessa ad essa, è quella tra esperienza empirica e sperimentazione. Solo quest'ultima infatti riguarda la ricerca di previsioni il più possibile certe, mentre la prima, se è in grado di riconoscere gli oggetti, ne presuppone il concetto. È pur vero che un'osservazione-sperimentazione ulteriore può modificare tale concetto, tuttavia molte grandi teorie non sono nate in questo modo, bensì come costruzioni concettuali anteriori ai dati dell'esperienza. Anche se ci poniamo da un punto di vista materialista, che evidentemente non è quello di Thom, contrario alla teoria dell'identità mente-cervello sostenuta dal matematico A. Connes e dal neurofisiologo J.P. Changeux (Changeux, Connes 1991) sono sempre enti astratti, come in definitiva le stesse leggi della materia, a caratterizzare la nostra organizzazione della realtà (Thom 1980b).

In particolare il concetto matematico di funzione, proprio della scienza moderna almeno dalla sua prima formulazione accurata da parte di Leibniz nel 1695 (Leibniz 2000), è tutt'uno con il determinismo astratto universale. La pretesa di Prigogine (Prigogine, Stengers 1977) di negare il determinismo è infondata, non potendosi fare a meno anche quando si affrontano situazioni apparentemente indeterminate. Quanto poi alla complessità in biologia, secondo Thom conviene salvare il determinismo, opportunamente inteso, ma non il riduzionismo, procedendo con un approccio top-down: dall'osservazione globale delle grandi strutture degli organismi alla loro scomposizione in parti e alla descrizione sempre più fine delle strutture locali. La teoria delle catastrofi studia comunque le forme come discontinuità qualitative, ma su substrato continuo. Essa condivide dunque la concezione della materia di Aristotele come continuo indefinito, estensione che può assumere diverse forme, al tempo stesso ad essa presupposte e ad essa riconducibili. Così le apparenti discontinuità fenomenologiche, forme e catastrofi, per Thom non contraddicono affatto la visione di un continuo in evoluzione, cui quelle discontinuità possono essere a loro volta ricondotte.

Quanto al carattere continuo della realtà, che Thom affida appunto a un'intuizione ingenua del mondo, come cornice delle stesse discontinuità fenomenologiche apparenti, tale carattere è invece in contrasto con l'attuale tendenza a ridurre tutto a unità discrete di informazione. Certamente ciò ha un valore pratico, così come discretizziamo i fonemi nel linguaggio per imparare a parlare senza confonderli l'uno con l'altro. Ma resta pur sempre un fondo continuo, nonostante l'esigenza del cervello, a volte ma non sempre, di discretizzare. Tale fondo è ad esempio costituito dallo spazio e dal tempo. Inoltre, abbiamo bisogno dell'intuizione del continuo per muoverci nello spazio

praticamente, toccando col dito tutti i punti di un dominio. Si dice che il continuo è un'illusione, portando ad esempio un film che a noi sembra continuo, mentre è fatto di fotogrammi discreti. È vero, si tratta di un'illusione, ma essa ha una base reale, altrimenti non nascerebbe neppure. In realtà noi vediamo il continuo, ma abbiamo bisogno del discreto, del finito, per tenere le cose sotto controllo. Tuttavia la meccanica quantistica sembra invece introdurre il discreto in termini assoluti, qualcosa che non capiamo ma che è operativamente valida, efficace e tuttavia intuitivamente poco comprensibile, come mostra ad esempio la possibilità di localizzare o delocalizzare, in accordo con il principio di indeterminazione di Heisenberg, un pacchetto d'onde: difficile da concepire ma non mostruoso in sé.

Sempre secondo Thom, la scienza cerca soluzioni, ma talvolta si trova anche di fronte ad aporie che rivelano irrisolto il problema, illusoria la soluzione (Thom 1982). In matematica e fisica l'aporia è formalizzata e concettualizzata e quindi smorzata, mentre in biologia essa appare come problema metafisico, come quando si afferma che la vita è ridicibile alle leggi della materia inanimata, fisiche e chimiche, contro l'intuizione immediata che suggerisce piuttosto un'irriducibilità. Ma anche in matematica si danno aporie impressionanti, come il teorema di Gödel: volendosi dimostrare la non contraddittorietà dell'aritmetica nel quadro concettuale ammesso, si arriva a dimostrare che tale non contraddizione non è dimostrabile (Nagel, Newmann 1975).

Se ne può uscire cambiando assiomatica? La maggior parte dei matematici pensa che ciò non sia possibile. Si potranno al massimo chiarire aspetti locali relativi ai fondamenti della matematica, non il problema globale del fondamento, che rinvia sempre all'opposizione continuo-discreto. Il continuo è in effetti substrato universale di tutto il pensiero, matematico in specie, ma senza assumere anche il discreto in tale continuità, non si riesce a pensare nulla di effettivo. Anche in matematica Thom preferisce risalire dal continuo al discreto, eppure R. Dedekind (Lolli 2017) propose di definire il numero reale a partire dall'aritmetica dei numeri razionali, pur sempre separati e discreti, ma resi sempre più vicini l'uno all'altro fino a fare un taglio nella serie, tra numeri razionali di una classe, inferiori al taglio e dell'altra classe, superiori al taglio, la differenza tra le due classi approssimandosi a zero. Ebbene, in tale serie tagliata resterà una discontinuità insuperabile, come mostrano i paradossi di Zenone. Non è quindi meglio, suggerisce Thom, partire già dal continuo? (Thom 1982) La teoria dei sistemi in particolare interpreta globalmente questi come scatole nere che si scambiano continuamente tra loro materia ed energia come input e output (Agazzi 1978). L'approccio riduzionista consiste invece nel rompere le scatole nere e vedere cosa c'è dentro, contro il parere dei teorici dei sistemi per i quali ciò comprometterebbe, specie se si tratta di esseri viventi, la globalità dell'oggetto. Quale metodo è migliore? Il metodo riduzionista incontra difficoltà insormontabili. Volendo ridurre il sistema ai semplici elementi componenti arriva a numeri altissimi e fallisce quindi sia nella versione classica sia in quella quantistica. L'approccio sistemico globalizzante definisce i punti nello spazio delle fasi costituiti da entrate e uscite a formare una nube il cui andamento complessivo permette di ricostruirne il processo evolutivo.

La teoria delle catastrofi fornisce dunque un modello o meccanismo qualitativo piuttosto che equazioni che descrivano e prevedano quantitativamente cambiamenti di

variabili, perturbazioni, deformazioni, di cui la stessa teoria delle catastrofi esprimerebbe le forme invarianti. Ciò ha generato molte critiche, a partire dalla frase di Rutherford: “Il qualitativo è quantitativo scadente”. Per Thom al contrario pochi fenomeni naturali sono retti da leggi quantitative esatte, e sono fenomeni fisici, mentre quasi tutte le altre leggi dei fenomeni, pur se quantitative, sono solo approssimate. La teoria delle catastrofi fornisce invece schemi di intelligibilità. Essa prescinde dal campo specifico ed è applicabile alle più diverse situazioni. A tal proposito, come affermato da H.A. Lorentz nella sua *Nobel lecture* del 1902, qualsiasi analogia è vera, ma forse si può più correttamente dire che ogni analogia è vera purché sia semanticamente accettabile, cioè se ad un’analisi puramente mentale risulta corretta. Essa è comunque una relazione qualitativa stretta, non approssimativa, e può essere espressa matematicamente, anche se la sua valutazione non dipende necessariamente dalla sua forma matematica, può anche essere effettuata su una formulazione mentale non matematica. Ad esempio, dire con Aristotele che la sera è la vecchiaia del giorno o che la vecchiaia è la sera della vita, significa elaborare mentalmente, semanticamente, un’analogia in due formulazioni, di cui la seconda si impone tuttavia come più convincente della prima alla stessa mente, nonostante la proporzionalità, l’uguaglianza fra due rapporti che l’analogia esprime dal punto di vista puramente matematico. La sua struttura implica comunque la nozione fondamentale di bordo. Si parla infatti di un intervallo temporale, di cui si enuncia la fine o bordo, sera o vecchiaia, la cui catastrofe corrispondente è una piega: un regime stabile (vita o giorno) si incontra con uno instabile (vecchiaia o sera).

Si tratta sempre di metafore che assimilano qualcosa a qualcos’altro anche in termini matematici rappresentando un nucleo comune. In questi casi l’efficacia della metafora è data dalla natura, di cui l’arte e la tecnica umana sono imitatrici, “scimmia” come dice Aristotele.

Quanto alla spiegazione scientifica, secondo Thom, essa infine si riduce a descrivere un fenomeno, ad esempio la collisione di due placche come causa di terremoto. Occorre quindi andare indietro alle ragioni della collisione, ma così si va fino alla causa prima, Dio, non spiegata a sua volta. Per Thom ancora una volta la metafisica di Aristotele risolve elegantemente il problema, con Dio concepito appunto come causa prima incausata. Il qualitativo qui evocato in ogni caso non è quantitativo grossolano, la topologia matematica non si lascia ridurre a quantità, ma va oltre, quando ad esempio distingue una sfera da una palla o un cerchio da un disco in termini irriducibilmente qualitativi (Thom 1980b). Il problema qualitativo delle parti (come peraltro quello qualitativo del bordo da cui siamo partiti) è poi per Thom fondamentale, contro l’opinione di quanti lo considerano puramente semantico e non interessante. In realtà i diversi linguaggi esprimono partizioni invarianti: evidentemente certe distinzioni di parti sono universali. Alla base della sintesi fisico-matematica c’è comunque per Thom una metafisica, l’idea di un creatore/organizzatore, realizzandosi così un bisogno universale di unificazione.

Bibliografia

- Agazzi E. (a cura di) (1978). *I sistemi fra scienza e filosofia*. Torino: SEI.
- Arnold V.I. (1990). *Teoria delle catastrofi*. Torino: Bollati-Boringhieri.
- Changeux J. P., Connes A. (1991). *Materia e pensiero*. Torino: Bollati-Boringhieri.
- Giorello G., Morini S. (a cura di) (1980). *Parabole e catastrofi. Intervista su matematica, scienza e filosofia*. Milano: il Saggiatore.
- Leibniz G.W. (2000). *Saggio introduttivo alla dinamica. Prima Parte*, in Mugnai M., Pasini E. (a cura di), *Scritti Filosofici*. Torino: UTET, pp. 431-466.
- Lolli G. (2017). “Dedekind filosofo della matematica”. *Matematica, cultura e società, Rivista dell’Unione matematica italiana*, 2 (1), pp. 5-16.
- Prigogine I., Stengers I. (1977). “The new alliance”. *Scientia*, pp. 319-332.
- Thom R., Noël E. (1991). *Prédire n’est pas expliquer*. Paris: Eshel.
- Thom R. (1977). *Les Mathématiques dans les sciences de la nature*, in Donini E., Rossi A., Tonietti T., (a cura di), *Matematica e fisica: struttura e ideologia*. Bari: De Donato.
- Nagel E., Newmann J.R. (1975). *La prova di Gödel*. Torino: Boringhieri.
- Thom R. (1980a). *Stabilità strutturale e morfogenesi. Saggio di una teoria generale dei modelli*. Torino: Einaudi.
- Thom R. (1980b). *Qualità/Quantità*, in *Enciclopedia Einaudi*, 11. Torino: Einaudi, pp. 460-476.
- Thom R. (1982). *L’aporia fondatrice delle matematiche: continuo/discreto*, in *Enciclopedia Einaudi*, 15. Torino: Einaudi, pp. 1133-1146.
- Thom R. (1985). *Modelli matematici della morfogenesi*. Torino: Einaudi.
- Tonietti T. (1983). *Catastrofi. Una controversia scientifica*. Bari: Dedalo.
- Volterra V. (1959). *Theory of Functionals and of Integral and Integro-Differential Equations*. New York: Dover.
- Zeeman E.C. (1976). “Catastrophe Theory”. *Scientific American*, 234 (4), pp. 65-83.
- Zeeman E.C. (1977). *Catastrophe Theory. Selected Papers 1972-1977*. Reading: Addison-Wesley.

The effects of the racial laws on Physics

Paolo Rossi - Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Pisa, Italy; Centro Fermi-Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi”, Rome, Italy - Paolo.Rossi@unipi.it

Abstract: Among the many teachers expelled out of the Italian University system as a consequence of the racial laws of 1938 there are also about twenty physicists and astronomers. We must add to the list some mathematicians, chemists and engineers, often directly involved with researches in Physics, and also several physicists that left Italy spontaneously as a consequence of the situation. We analyze the vicissitudes of these scholars, with special emphasis on Emilio Segrè and on some other first-class scientists, like Bruno Rossi and Giulio Racah.

Keywords: Racial laws in Italy, Physics, Giulio Racah, Bruno Rossi, Emilio Segrè.

1. Introduzione

Per meglio inquadrare storicamente il processo che portò all’emanazione delle leggi razziali ed evidenziarne le conseguenze occorre richiamare innanzitutto alcune date significative, che mostrano la dinamica di crescita, a volte sotterranea, di un sentimento razzista all’interno del regime ma anche nell’intero Paese:

- 11 aprile 1934: censimento dei Podestà ebrei;
- 1934: obbligo di deposito dei testi scolastici in Prefettura (a fini di censura);
- Maggio 1936: legislazione contro gli indigeni e il “meticcio” in Etiopia;
- Febbraio 1938: censimento dei dipendenti ebrei del Ministero degli Interni;
- 14 luglio 1938: *Il Fascismo e i problemi della razza* (“Manifesto degli scienziati razzisti”);
- 25 luglio 1938: comunicato della segreteria del PNF sulla “razza italiana”
- Agosto 1938: censimento nazionale degli ebrei;
- 5 settembre 1938: RDL 1390 sull’espulsione degli alunni e dei docenti ebrei dalla scuola;
- 7 settembre 1938: RDL 1381 con provvedimenti nei confronti degli ebrei stranieri;
- Settembre 1938: Commissione per la bonifica libraria (circolare 19230);
- 30 settembre 1938: elenco degli autori scolastici vietati;
- 6 ottobre 1938: *Dichiarazione sulla razza* del Gran Consiglio del Fascismo;

- 16 ottobre 1938: sospensione dal servizio di professori universitari e liberi docenti ebrei;
- 7-10 novembre 1938: provvedimenti legislativi antiebraici approvati dal Consiglio dei Ministri;
- 15 novembre 1938: RDL 1779 sulla dispensa dal servizio di professori e liberi docenti ebrei;
- 17 novembre 1938: RDL 1728 per la difesa della “razza italiana” (divieti di matrimonio, etc.);
- 14 dicembre 1938: decorrenza della dispensa dal servizio;
- 29 giugno 1939: RDL sull’esercizio delle professioni da parte dei cittadini ebrei;
- 13 luglio 1939: Legge 1055 con disposizioni in materia testamentaria e sui cognomi ebraici;
- Agosto 1939: lista di autori “le cui opere non sono gradite in Italia” (ufficiale dal 23 marzo 1942);
- 20 gennaio 1944: RDL 25 e 26 di abrogazione delle leggi razziali.

Per il sistema universitario nel suo complesso, e per la Fisica in particolare, l’effetto delle leggi razziali si concentrò nell’autunno del 1938, dapprima con la sospensione e poi rapidamente con la dispensa dal servizio di cattedratici, assistenti e liberi docenti identificati come ebrei.

2. Cattedratici dispensati dal servizio

All’epoca esistevano in Italia 1356 titolari di una cattedra universitaria. Tra questi 99 furono inizialmente dispensati dal servizio, anche se poi in tre casi fu accettato il ricorso. Si tratta quindi di una percentuale importante della *élite* culturale del Paese, che anche al di là delle inaccettabili implicazioni etiche e delle successive conseguenze, in molti casi come vedremo drammatiche, rappresentò certamente una perdita importante sul piano scientifico e per l’alta formazione.

Per quanto riguarda la distribuzione dei dispensati tra le differenti discipline notiamo che 34 cattedratici appartenevano all’ambito giuridico-economico, 22 erano medici, 17 afferivano a discipline umanistiche e 22 a discipline tecnico-scientifiche. Tra questi ultimi la maggioranza era costituita dagli otto matematici, mentre i chimici erano cinque; in particolare vogliamo ricordare:

- Leone Maurizio Padoa (1881-1944), ordinario di Chimica generale a Modena, che non riuscì a sfuggire alle successive persecuzioni e fu ucciso ad Auschwitz nel 1944;
- Tullio Levi-Civita (1873-1941), ordinario di Meccanica razionale a Roma e matematico eminente, autore di contributi fondamentali per il successivo sviluppo della relatività generale.

Venendo alla Fisica e alle discipline ad essa più affini, dobbiamo ricordare l'espulsione di tre astronomi:

- Guido Horn D'Arturo (1879-1967), titolare della cattedra di Astronomia a Bologna dal 1921, che fu poi reintegrato nella cattedra e nella direzione del locale Osservatorio nel 1945;
- Azeglio Bemporad (1875-1945), direttore dell'Osservatorio di Capodimonte a Napoli dal 1912, che malgrado il reintegro nel 1943 non riuscì di fatto a riprendere il servizio;
- Giulio Bemporad (1888-1945), astronomo all'Osservatorio di Pino Torinese, cugino del precedente e anch'egli morto nel 1945 senza poter riprendere il servizio malgrado il reintegro.

Nell'ambito delle discipline tecniche vi furono quattro dispensati, tra i quali ricordiamo, per il contesto essenzialmente fisico delle loro attività:

- Alberto Dina (1873-?), ordinario di Elettrotecnica a Palermo dal 1909;
- Emanuele Foà (1892-1949), ordinario di Fisica tecnica a Bologna dal 1928, reintegrato nel 1945;
- Giulio Supino (1898-1978), ordinario di Costruzioni idrauliche a Bologna dal 1927, reintegrato nel 1946.

I titolari di una cattedra di Fisica dispensati nel 1938 furono quattro. Si tratta di personalità eminenti di cui vogliamo qui presentare un succinto resoconto della carriera scientifica.

Giulio Racah nacque a Firenze il 9 febbraio 1909. Si laureò con Persico nel 1930, e si unì ben presto al gruppo di Fermi a Roma. All'epoca lavorò sull'elettrodinamica quantistica (strutture iperfini, Bremsstrahlung, produzione di coppie) e nel 1937 vinse la cattedra di Fisica teorica a Pisa, dove già era incaricato per la stessa materia dal 1934. I suoi maggiori risultati risalgono comunque agli anni Quaranta, quando era già emigrato in Israele fin dal 1939, e dove decise di rimanere anche dopo il termine del conflitto. Morì a Firenze, dove era in visita, per un incidente domestico il 28 agosto 1965.

Bruno Rossi nacque a Venezia il 13 aprile 1905. Si laureò a Bologna nel 1927. Nel 1929 divenne assistente di Garbasso a Firenze, e nel 1931 fu promosso aiuto. Avviò in Italia lo studio sistematico dei raggi cosmici a partire dal 1930. Nel 1937 vinse la cattedra di Fisica sperimentale a Padova, dove poté però rimanere per un solo anno. Emigrato negli USA fondò il gruppo sui raggi cosmici al MIT, dove divenne professore nel 1946. Nel 1974 fece ritorno in Italia, chiamato su una cattedra di Complementi di Fisica generale a Palermo che tenne fino al 1980. Morì a Cambridge, Mass. Il 21 novembre 1993.



Fig. 1. Alto, sinistra: Tullio Levi-Civita (1873-1941). Alto, destra: Giulio Racah (1909-1965). Basso, sinistra: Bruno Rossi (1905-1993). Basso, destra: Emilio Segrè (1905-1989).

Emilio Segrè nacque a Tivoli il 1 febbraio 1905 da Giuseppe e da Amelia Susanna Treves. Studiò dapprima ingegneria e poi dal 1927 (avendo conosciuto Fermi durante l'estate) studiò fisica a Roma dove fu si laureò sotto la guida dello stesso Fermi nel 1928. Dall'agosto 1928 al febbraio 1930 prestò in maniera intermittente il servizio di leva. Nei primi mesi del 1929 divenne assistente di Corbino, ma a fine anno non poté essere confermato a causa della leva e lo sostituì Stracciati. Nel 1930/31 era assistente a Roma, poi andò in aspettativa per il 1931/32. Nell'estate del 1931 si recò da Zeeman ad Amsterdam grazie a una borsa della Rockefeller Foundation. Alla fine del 1931 e all'inizio del 1932 si recò da Stern ad Amburgo, poi a settembre ancora ad Amsterdam

e a gennaio 1933 di nuovo ad Amburgo. Nel frattempo divenne aiuto a Roma, dalla fine del 1932 al 1936. Libero docente dal 1933, collaborò strettamente con Fermi nel periodo delle maggiori scoperte, delle quali risulta sempre fra i coautori. Nell'estate e nell'autunno 1935 si recò negli USA, prima ad Ann Harbour e poi alla Columbia University. A ottobre 1935 vinse la cattedra di Fisica sperimentale e fu chiamato a Palermo dove prese servizio all'inizio del 1936, cessando quindi la collaborazione con i "ragazzi di via Panisperna". Nell'estate 1936 si recò a Berkeley da Lawrence. Nel 1937 a Palermo scoprì il tecnezio analizzando la radioattività anomala emessa da una striscia di molibdeno che gli era stata inviata dal Radiation Laboratory di Berkeley. A giugno del 1938 era di nuovo negli USA, dove lo raggiunse la notizia delle leggi razziali. Decise quindi di restare in America, all'Università di Berkeley in California. Nel 1959 ottenne il Premio Nobel per la Fisica insieme con Chamberlain per la scoperta dell'antiprotone. Nel 1974/75 tornò brevemente in Italia per coprire la cattedra di Fisica nucleare all'Università di Roma. Morì a Lafayette, Cal. Il 22 aprile 1989.

Giorgio Todesco nacque a Firenze il 9 giugno 1897. Si laureò in Fisica a Bologna nel 1921. Fu assistente a Bologna dal 1926, poi aiuto dal 1932. Nel 1935 divenne straordinario di Fisica sperimentale a Sassari, poi nel 1936 passò a Perugia. Reintegrato a Perugia nel 1945, passò in seguito a Parma. Morì a Bologna il 30 agosto 1958.

3. Liberi docenti decaduti

I liberi docenti non erano pubblici dipendenti, in quanto il titolo costituiva soltanto un'abilitazione all'insegnamento che in genere preludeva all'attribuzione di un incarico annuale o pluriennale. Si trattava comunque spesso di assistenti, giunti alla libera docenza dopo un periodo più o meno lungo di attività di ricerca. In quanto non dipendenti, i liberi docenti non potevano essere "dispensati", ma per effetto delle leggi razziali, quando riconosciuti come ebrei, erano dichiarati "decaduti" dal titolo di libero docente, e pertanto non più intitolati all'attribuzione di incarichi.

Su un totale di 191 liberi docenti "decaduti" la ripartizione disciplinare fu la seguente: 24 afferenti a discipline giuridico-economiche, 117 medici, 19 cultori di discipline umanistiche e 20 cultori di discipline tecnico-scientifiche. Tra questi si contano quattro biologi, due geologi, sei chimici e un matematico. Venendo alle discipline affini alla Fisica, oltre al già menzionato Giulio Bemporad, libero docente a Napoli, troviamo due fisici matematici:

- Carlo Tagliacozzo, libero docente di Meccanica applicata alle costruzioni a Roma, in seguito emigrato in Argentina;
- Enrico Volterra (1905-1973), libero docente di Meccanica applicata alle costruzioni a Roma, figlio di Vito e assistente di Levi-Civita, emigrò nel 1939 negli USA, da cui non fece più ritorno in Italia.



Fig. 2. Alto: Augusto Levi (1884-1944). Basso, sinistra: Silvio Magrini (1881-1944). Basso, destra: Eugenio Curiel (1912-1945).

I liberi docenti in discipline tecniche “decaduti” furono undici, tra i quali ricordiamo:

- Bruno Finzi Contini, libero docente di Fisica tecnica a Milano, e dopo la guerra ordinario a Trieste dal 1955;
- Cesare Rimini (1882-1960), libero docente di Elettrotecnica generale a Bologna, e dopo il 1945 professore incaricato, sempre a Bologna;
- Gino Sacerdote (1905-1997), libero docente di Comunicazioni elettriche al Politecnico di Torino dal 1934, e dopo il 1945 direttore del reparto di acustica all’Istituto Elettrotecnico Nazionale.

I liberi docenti di Fisica sperimentale epurati nel 1938 furono quattro:

- Leonardo Cassuto - Nato a Livorno il 17 aprile 1879, si laureò in fisica a Pisa nel 1901. Libero docente a Pisa dal 1912, fu a lungo incaricato di Fisica tecnica alla Scuola d’Ingegneria. Morì a Sermide (MN) il 27 novembre 1944;

- Augusto Levi - Nato a Padova il 31 luglio 1884, fu assistente all'Istituto di Fisica di Padova dal 1907, e in seguito insegnante nei Licei e Preside. Libero docente a Padova, ebbe numerosi incarichi di Fisica alla Facoltà di medicina e Chirurgia. Deportato ad Auschwitz, vi fu ucciso dopo il 3 agosto 1944;
- Silvio Magrini – Nato a Ferrara l'8 gennaio 1881, fu assistente all'Istituto di fisica di Bologna dal 1908 e libero docente dal 1913. Deportato ad Auschwitz, vi fu ucciso dopo il 23 febbraio 1944:
- Nella Mortara – Nata a Pisa il 23 febbraio 1893, si laureò in Fisica a Roma nel 1916. Fu assistente a Roma dal 1919, prima di Corbino e in seguito di Lo Surdo. Libera docente a Roma dal 1934, fu reintegrata come assistente di ruolo nel 1945 e fino al pensionamento. Morì a Roma il 2 luglio 1988.

4. Altri effetti delle leggi razziali

Sembra giusto ricordare che anche numerosi insegnanti di scuola media superiore furono sospesi e poi dispensati dal servizio, e tra loro, sempre restando nel campo della Fisica, segnaliamo Guido Voghera, all'epoca Preside a Pinerolo e il già menzionato Augusto Levi che era Preside a Venezia.

Diversi fisici di origine ebraica, spesso insegnanti nella scuola media, erano anche autori di manuali scolastici, la cui adozione fu vietata il 30/9/1938.

Tra i manuali scolastici ritirati dalla circolazione possiamo menzionare *Il libro di scienze per le scuole ed i corsi annuali e biennali d'avviamento al lavoro* di Aristide Fiorentino, gli *Elementi di elettrotecnica generale ad uso degli istituti tecnici industriali* di Cesare Rimini, *Il regolo calcolatore* di Arturo Loria e anche il testo universitario *Elementi di fisica per gli studenti di medicina* di Augusto Levi.

5. Studiosi emigrati

Infine un effetto non secondario delle leggi razziali fu il fatto che numerosi importanti studiosi che già si trovavano all'estero si convinsero a non fare più ritorno in Italia, e altri decisero di emigrare prima ancora di essere colpiti dai provvedimenti legislativi. Tra questi segnaliamo:

- Vito Volterra (1860-1940), che aveva abbandonato l'Italia dopo aver rifiutato nel 1931 di pronunciare il giuramento di fedeltà al regime, anche se per la "discriminazione regia" non poteva essere espulso dal Senato;
- Bruno Pontecorvo (1913-1993), che dopo essere stato assistente di Fisica sperimentale a Roma si era recato in Francia per motivi di studio nel 1936, ma non fece più ritorno, passando in seguito negli Usa, in Canada, in Gran Bretagna e infine in Unione Sovietica nel 1950;
- Enrico Fermi (1901-1954), ordinario di Fisica teorica a Roma e Accademico d'Italia, che colse l'occasione del viaggio a Stoccolma nel dicembre 1938 per

ritirare il premio Nobel per trasferirsi negli Stati Uniti con la moglie Laura Capon, di origine ebraica;

- Luigi G. Jacchia (1910-1996), assistente di Astronomia a Bologna, che emigrò nel 1938 negli Stati Uniti, dove dal 1956 al 1980 lavorò allo Smithsonian Astrophysical Laboratory;
- Sergio De Benedetti, assistente di Fisica sperimentale a Padova e collaboratore di Bruno Rossi, che emigrò nel 1938 negli Stati Uniti, dove dopo varie esperienze professionali divenne professore al Carnegie Mellon Institute dal 1949 al pensionamento;
- Ugo Fano (1912-2001), collaboratore di Fermi a Roma, che emigrò negli Stati Uniti nel 1939;
- Eugenio Fubini-Ghiron (1913-1997), incaricato di Radiotecnica a Torino, che emigrò negli Stati Uniti nel 1939 e giunse tra l'altro a essere vicepresidente di IBM;
- Leo Pincherle (1910-1976), incaricato di Fisica teorica a Padova, che emigrò in Gran Bretagna nel 1939.

Non possiamo infine dimenticare Eugenio Curiel (1912-1945), che dopo essere stato assistente di Meccanica razionale a Padova, partecipò attivamente alla resistenza e fu ucciso per strada dalle Brigate Nere a Milano il 24 febbraio 1945.

Mario and Lamberto Allegretti. The eventful life of two Pisan physicists

Paolo Rossi - Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Pisa, Italy; Centro Fermi-Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche “Enrico Fermi”, Rome, Italy - Paolo.Rossi@unipi.it

Abstract: We reconstruct the complex human, scientific and political vicissitudes of Mario Allegretti (1877-1944) and Lamberto Allegretti (1906-1963), father and son, both graduates in Physics in Pisa, contextualizing them in the framework of academic as well as socio-political relationships, in Pisa and in the other places in which they operated, in the first half of the twentieth century.

Keywords: Mario Allegretti, Lamberto Allegretti, Physics, Pisa, Bari.

1. The Allegrettis

The Allegrettis had an ancient history: originating in Volterra and belonging to knightly rank, they had moved to Siena in the fifteenth century, but at the beginning of the seventeenth century they were already in Pescia, where for a few generations they worked as coppersmiths.

The lawyer Antonio Allegretti (born in 1804) was an official of the Ministry of the Interior, while his cousin Francesco (1809-1867) was a good friend of the poet Giuseppe Giusti. Ernesto (born in 1848), son of Pietro (born in 1819 and Antonio's younger brother), when still very young collaborated in 1865 with the physicist Carlo Desideri (1840-1878), a student and assistant of Luigi Pacinotti's, to give birth to the Pescia Mutual Education Society which largely contributed to increase the level of literacy of the city and of the district. Soon, however, Ernesto moved to Pisa and since the eighties he was an elementary school teacher, as his consort Matilde Allegretti (1850-1933), who was a daughter of Francesco and therefore a second cousin of Ernesto. They had two sons: Mario, born on May 19, 1877, who became a physicist and Lorenzo, born on January 29, 1888 and voted to a military career.

At the beginning of the twentieth century Pisa was a small world suspended between the ancient and the modern lifestyles. In the local bourgeoisie, the traditional rites of urban sociality coexisted with the temptations of industry, and the memory of more lively intellectual seasons, when poets from distant lands crowded the salons of the local nobility, accompanied the rise of new factories, first and foremost in the textile sector, then also in those of glass and ceramics. Students (and teachers) flowed to

the major university of Tuscany from the entire region, and the few full professors were admitted to the city social elite, of which many of them were already part by birth.

2. Mario's life and career before WW2

Since 1893, after Felici's retirement, the Experimental Physics chair was held by Angelo Battelli (1862-1916). Battelli, a lively person from Montefeltro, had obtained his degree in Turin with Naccari, and was a skilled experimenter, but also a fervent Republican and Freemason, seriously engaged in militant politics, which led him to occupy for several times a seat as a Member of Parliament, following plebiscitary votes in the constituencies of his homeland.

Battelli's personality emerged clearly in a couple of years from his arrival in Pisa with the expansion of the Physics Institute, that he realized according to Matteucci's original project of 1844, whom Felici for thirty-five years had not considered necessary to implement. With the collaboration of Garbasso, in 1896 Battelli did experiments and held lectures on X-rays even before Röntgen published the article describing the discovery.

Mario Alleghetti, who had attended the R. Liceo of Pisa, where in July 1894 he had obtained a high school diploma with exemption from the examination in all subjects, by virtue of the marks obtained during the school year 1893/94, at the end of 1894 was matriculated at the Faculty of Science of the Pisa University. Perhaps attracted by Battelli's verve, the young Mario, after the two-year period for the physical-mathematical license, enrolled in the degree course in Physics, and successfully graduated on July 2, 1899, discussing a thesis on photoelectric currents.

In a sequence perfectly suited to the customs of the time, a couple of weeks after graduation the local weekly *Il Ponte di Pisa* (of which Mario was at that time a collaborator) announced the engagement of "Dr. Mario Alleghetti" with "Signorina Giulia Barsanti, the daughter of the well-known industrialist Mr. Dario".

Let's take up the thread of Mario Alleghetti's studies. The results of his thesis must have been interesting, since they yielded the publication in 1901 of a homonymous article on *Il Nuovo Cimento*, followed in 1902 by a second article on the Edison effect. Let's recall that *Il Nuovo Cimento*, heir from 1855 of *Il Cimento*, founded in Pisa by Matteucci in 1844, was printed in Pisa and Battelli was its director since 1894. The journal became in 1900 the official organ of the Italian Society of Physics, born in 1897 above all by the will of Battelli himself. *Il Nuovo Cimento* represented the "institutional" seat of publication of the most significant scientific results of Italian physicists (but also of foreign scholars and of other scientific disciplines), and for more than a century the official collection was kept, on behalf of the SIF, in the library of the Pisa Institute.

At that time, and until the end of 1902, Mario continued to attend the Institute as a volunteer assistant of Battelli's. However, even then the university career was not an easy outlet for graduates, although brilliant. Battelli's assistants were numerous, and some of them (in particular Magri, Maccarrone, Occhialini and Chella) were already more involved in the research programs of the Institute. At the time, however, there was a natural professional outlet for the best graduates, consisting of teaching in secondary

school, a profession at that time socially respected and decently paid, which often also allowed the maintenance of a scientific collaboration with the University.

It was then natural for Mario, now engaged and certainly eager to conquer the permanent position that seemed to be a necessary precondition for marriage, to aim for a school chair rather than a university position. Finally, in January 1903, the longed-for nomination came from the Ministry, with the task of teaching physics in the Royal Technical Institute of Teramo where, perhaps not accidentally, Francesco Maccarrone (1877-1942) had been called in those same months. Maccarrone was another slightly older collaborator of Battelli's, who had also left the competition for a place at the University.

Then there was no longer any reason to postpone the marriage, which indeed became urgent in view of the foreseeable transfer to a location not easily accessible from Pisa. The ceremony was celebrated on February 15, 1903, and on the following Sunday *Il Ponte di Pisa* described it in great detail. In the town hall the witnesses, besides Giulia's uncle Giuseppe Barsanti, were some authoritative citizens: professors Lazzeri and Della Pura, and in particular "il Comm. Prof. Giuseppe Puccianti", writer and curator of Giusti's works (task for which he also availed himself of the advice of Ernesto, as a relative of the poet's friends), director of the local *Liceo*, brother of the late Gaetano (esteemed professor of pathology at the University), but above all, as far as we are concerned, father of Luigi (1875-1952), Mario's classmate, who had graduated in 1898 and was destined to occupy fifteen years later the chair of Battelli (who died in 1916) and to hold it for thirty years, assuming a fundamental role for Pisan physics and in the life of Lamberto Allegretti. Present at the wedding ceremony and dinner were the entire extended families, including several still living grandparents (Allegretti, Barsanti and Mecherini), uncles and cousins of every degree, the families of witnesses and even "the assistants of the Physics Institute, colleagues of the groom", but we note the absence of prof. Battelli, probably engaged elsewhere, since he sent flowers and a telegram. Flowers and telegrams arrived also from others, and *Il Ponte* takes care to indicate the senders minutely, including "The graduate students of the Physics Institute".

A few years later (again thanks to the chronicles of *Il Ponte di Pisa*) we find the young couple Allegretti-Barsanti at a new wedding, which at the end of September 1906 sees the first cousins Alfredo and Mercedes Barsanti marry with great pomp. The date of this event is important for us because it helps us to explain the little mystery of Lamberto's birth in Pisa. He saw the light on October 14, 1906, that is a little more than two weeks after the wedding, while much more predictably his brother Guido was born February 13, 1909 in Teramo, where the family had certainly been living for a long time.

Fond of mountaineering, in Teramo prof. Mario Allegretti became president of the *Teramum Sports Club*, which in 1911 and 1913 organized ascents to the *Gran Sasso*, and in February 1914 he was elected vice-president of the newly established Teramo Section of the Italian Alpine Club. In 1916, we find him involved in the war events, although as a Marshal of the Red Cross, while his brother Lorenzo, with the rank of major, was part of the *Arditi* and even achieved a US military honor (the Army Distinguished Service Medal).

In 1919 professor Allegretti was again on the *Gran Sasso*, but now as a guide for an expedition of members of the Pisa section of the *Italian Touring Club*. In February

1921, he was elected vice-president of the governing council of Pisa ex-fighters and in 1923 he was the local councilor for Public Education and a member of the Administrative Council of the University Consortium as a representative of the City of Pisa, a post he held until 1930. His presence in Pisa was certainly facilitated by his transfer, as a professor of physics, to the Technical Institute of Arezzo, and even more by the *comando* (assignment of public servants to other institutions) to the R. Naval Academy of Livorno (certainly at least since 1921).

In 1924 Puccianti asked that Allegretti be assigned as his assistant instead of Nello Carrara for the academic year 1924/25. The practice went on for long, as the Academic Senate complained that the assignment of a teacher would have been economically more expensive than the recruitment of a substitute assistant, but finally (in March 1925!) the long-awaited appointment was made.

In the academic year 1928/29 Mario was appointed as a volunteer assistant at the Electrotechnical Cabinet of the R. School of Engineering. In the meantime, however, prof. Allegretti, who in 1925 had signed the Gentile Manifesto of Italian fascist intellectuals, in 1926 had finally been called to teach Mathematics and Physics at the Liceo "G.B. Niccolini" of Livorno, where he remained until 1930, when he moved to the R. Liceo "G. Galilei" of Pisa, of which he also became Headmaster in 1931, when he was Deputy Secretary of the Pisan Fascio. In 1934, he was also appointed substitute Rector of the Province of Pisa.

3. Lamberto's life and career before WW2

Let's now come to his son Lamberto who, after his high school studies in Pisa (*Maturità classica* diploma, obtained in 1924) enrolled, as previously his father, in the degree course in Physics at the University of Pisa, where Luigi Puccianti had already been holding the Experimental Physics chair for seven years.

A brilliant but lazy experimenter, Puccianti had long since ceased to carry out personally experimental research, but he continued to direct the work of the students on the issues that had given him a certain fame, even internationally, and in particular on the study of spectroscopy. Puccianti was a traditional physicist, for whom the research had to focus on the experimental verification of hypotheses and the quality of the measures. He did not disdain theoretical considerations, especially on "classical" electrodynamics (his is the re-evaluation of Ampère's point of view on the origin of magnetism as the result of microscopic currents, and the consequent controversy with Giorgi on the most appropriate system of measurement for the description of electric phenomena, in which Puccianti's point of view is undoubtedly more "modern", even if Giorgi triumphed in the definition of the International System). Puccianti even engaged in 1914 (an early date for Italian scientific culture) in a defense of Einstein's relativity, against the anti-relativistic interpretation of the Sagnac experiment. Already in 1927 in his course of Higher Physics he taught the Schrödinger equation, which is the basis of the "new" quantum mechanics, but he was not able to get excited about the most modern developments, and so soon his school ended up marking the step, while elsewhere

(and especially in Rome with Fermi, who had also been his student, and who must have learned something from him, at least in the laboratory practice) the new physics took giant steps, both on the theoretical and experimental sides.

Lamberto graduated with honors on October 31, 1928, discussing a thesis on the anomalous dispersion in spectroscopic lines, typical of Puccianti's research themes, but we do not find any trace of a publication of the results he had obtained. In the same year, he became an assistant in charge, and starting from the following year he was a permanent assistant. In this capacity, he published on *Il Campano* in March 1929 an article on the official settlement of the C.N.R. (with extensive quotations from the inaugural speech by Mussolini), although we must wait 1932 to see his first scientific publication, the article "The structure of the line 6708 of Li observed in emission", to appear in the *Atti della R. Accademia Nazionale dei Lincei* (another site for the scientific communications of Italian physicists). In that same year, his brother Guido graduated in Chemistry.

At the beginning of 1933 "Nobil Donna Matilde" died, and it is worth remembering that on the occasion all the assistants of the Institute of Physics, from Ciccone to Gentile Jr, from De Donatis to Chella and Derenzini participated in mourning.

A few years of relative tranquility followed, marked by sporadic spectroscopy publications, concerning anomalous dispersion measures in various substances, appeared on *Il Nuovo Cimento* in 1934 and 1937, the latter preceded by a communication of 1935 in the aforementioned *Atti*, while a long review article on ultrasound was published in *Il Nuovo Cimento* in 1938. However, the national and international scenario was rapidly evolving towards the worst.

4. The War Years

On August 31, 1939 Lamberto was temporarily recalled to arms and later in 1940 he was assigned, in charge of experimental tests, to the *Balipedio* of the Royal Navy, in Viareggio, while continuing to hold the course of Earth Physics which had been entrusted to him by appointment in 1939 and which he kept until the academic year 1941/42. In the meantime he had also tried to obtain a post of extraordinary professor of experimental physics in the civilian staff of the R. Air Force Academy, participating in a competition announced in 1941 and ending in March 1942, but the outcome was not favorable, because it was only classified fourth among the five suitable (for the record, Francesco Cennamo and Enrico Medi were the first ex-aequo). In the two subsequent academic years 1942/43 and 1943/44 Lamberto then passed to the course of Electrical Measurements (for chemists). Placed on leave from the University on February 23, 1944 as recalled in the Navy of the R.S.I., however, he took care to ask for confirmation of the teaching on May 8, 1944, obtaining it from the Ministry of National Education on October 5 of the same year.

1944 was however the year of the most dramatic turn for the Allegrettis. The city of Pisa, an important railway junction, was the subject of constant bombing, starting from the terrible one of August 31, 1943, which claimed over two thousand victims.

Mario presented his resignation as Headmaster in February 1944 and, like many others, Lamberto's parents chose to leave the city and take refuge in a villa in Pescia, with Elena Leonzi, daughter of Augusto, sister of engineer Luigi, Podestà of Viareggio, and wife of Guido Allegretti, born like him in 1909 and graduated in Chemistry in 1932, and with Emma Mercanti, daughter of Luigi and Silvia Allegretti, widow of Paride Chelini and cousin of Mario. There they were found, in the evening of June 14, 1944, by two Polish defectors of the German army who, pretending to be partisans, dedicated themselves to thieves and acts of violence in Pescia, to the point that the partisans themselves denounced them to the public with leaflets. Perhaps feeling protected by the easy alibi that it was a group of overt fascists, the two Poles exterminated the entire Allegretti family. Only little Laura (whom the family called Chicchi), three years old, was saved because the neighbors rushed in early, feeling her crying desperately.

The actual sequence of the facts was definitively clarified in reality only eight years later, with the confession of the peasant Italo Filippelli, in whose house the loot of the robbery had been partially found. Filippelli, who immediately after the massacre had been the main accuser of the partisans, actually admitted to have instigated the two Poles to the action also for rancor following his dismissal by Allegretti in the previous spring, a situation that fits perfectly in the context of private vendettas that characterized the last phase of the conflict and the very early post-war period.

We do not know how, when, and in what version the news reached Lamberto, who after the leave of September 9, 1943 had been recalled again to arms by the Social Republic, but one thing is certain: in the year 1944 he did not resume his teaching and after some time we find him affiliated with the *X MAS* flotilla led by Prince Junio Valerio Borghese, and in charge of technical assistance to the assault vehicles used by the flotilla. The most precise testimony of his belonging to the *X MAS* comes from a singular document, declassified by C.I.A. only in 2005. It is a typescript, dotted with typos, dated "Rome, June 20, 1945" and signed by the Captain of the Naval Engineers Antonio Marcegaglia, who reports on the mission he himself carried out in occupied Italy in the months of March and April of the same year. When he arrived in Milan at the end of March, he had the opportunity to meet "Professor Allegretti" (as the captain wrote in his report) in the technical office of the *X MAS* located in Via Aldo Manuzio.

4. Lamberto's post-war vicissitudes

At the end of the conflict Lamberto Allegretti, taken prisoner by the Anglo-Americans and later handed over to the Italian Navy, was long questioned and held in the Coltano prison camp until the summer of 1946. Having obtained on September 24, 1946 from the Ministry of Public Education confirmation of the habilitation to teach given him in 1944 by the Ministry of the "self-styled" RSI, Lamberto, in the academic year 1946-47, appears as an assistant in charge at the Bari Faculty of Engineering and in charge of the Experimental Physics course, with the task to direct the still almost non-existent Institute of Physics of the University of Bari, for which the Faculty of Sciences assigned on April 2, 1947 an extraordinary fund of 200 thousand lire, compared to the request for a

million presented by Allegretti. He sought for the new structure a semblance of accommodation, which he found in 1948 in some rooms of the basement of the Palace of Business and Commerce of Corso della Vittoria, already used as a military prison during the Allied occupation.

Allegretti procured the first instrumental equipment of the Institute, among which the didactic apparatuses that in the current collection of vintage Physics instruments, constitute the most recent part, the Collection of the Physics Institute, consisting mainly of instruments manufactured by the German company Leybold. For 1947/48 the task of teaching Experimental Physics was renewed, and the course of Advanced Physics was added. But already in 1948/49 he was succeeded, in the teaching and direction of the Bari Institute, by Mariano Santangelo (1908-1970), as Allegretti, who at that time was in Alexandria in Egypt, had renounced on October 22, 1948, however, the process of his practice at the Central Discrimination Commission (in charge of purging the Navy from subjects compromised with the fascist regime) was actually concluded only with the Decree of April 10, 1948 (communicated on June 25, 1948), which resulted in the disciplinary sanction of eight months of suspension from the rank of Captain, while the exemption from the temporary recall in service would start (nominally) on October 12, 1945 instead of September 9, 1943. This was followed by the readmission to service as an assistant from July 1, 1948, with the immediate placement on leave for a year, which was followed by the definitive retirement from November 1, 1949, despite his reintegration among the free professors of Pisa.

We must locate in this period (but we do not know whether in winter 1947 or 1948) the episode mentioned by Edoardo Amaldi, who recounts that on a winter day Ettore Pancini, a well-known communist, came to his Roman studio and said he had met Lamberto Allegretti in the street, in a state of great sadness and depression, since he had only recently emerged from a painful judicial action following his membership in the *X MAS*. Pancini asked Amaldi if he had something contrary to helping Allegretti by inviting him to come and work in the Institute and was very pleased with his positive response. So starting from the next day Allegretti began to attend the Institute and to contribute to the postwar resumption of research activities, which at that time focused mainly on the study of cosmic rays.

There is unfortunately no trace of this collaboration in official documents, but in fact the first postwar scientific publications by Allegretti, appeared in *Il Nuovo Cimento* in the years 1951-52, concern some properties of cosmic rays, but the most peculiar feature of these works is in the list of collaborators (Abd El-Wahab, El-Fandi, El-Sherbini) and above all in the affiliation, which appears to be the Faruq I University of Alexandria (Egypt), to which Allegretti already belonged since autumn 1948, together with other authoritative Italian professors of different legal and scientific disciplines, and where he held courses on Atomic Physics and later on Electronics until 1953. Quite singular was, during his stay in Alexandria, his epistolary relationship with the Bursar of the University of Bari Michele Di Renzo, to whom Allegretti always referred with the epithet of “Commander” and with whom he seemed to share a strong sentiment of affection for the “Royal Navy” (sic) but also for the “X Flotilla MAS”, part of which after September 8, 1943 remained in Taranto under the orders of the royal government and the Allies.

At the end of 1953, when he returned to Italy, he obtained the courses of Technical Physics and of “Exercises of Physics III year” at the University of Bari, but between January and February 1954, after some “study” trips (first in Pisa, Padua, Rome and Milan, and shortly later in Paris and Munich) between January and February 1954 he resigned from both positions. In fact, a new turning point in Allegretti’s professional career took place in February 1954 when, after an exchange of correspondence between the Ministry of Education and the Rector of Pisa Enrico Avanzi for the request for an opinion (which was favorable), he was commissioned by UNESCO for a mission as Physics expert at the Department of Physics of the Syrian University of Damascus, a mission that lasted until June 1959 and of which we have an extensive final report drawn up by Allegretti himself. It concerns clearly above all the training to the use of scientific instruments sent by UNESCO, while there is no mention of original research. We know from the oral testimony of Bianca Crugnola (widow of Piero Barsanti, 105 years but still very lucid) that at that time also his cousin Aldo (brother of Piero and son of Alfredo), who had graduated in chemistry in Pisa in 1936, collaborated with Lamberto in Syria.

The subsequent documentary evidence in our possession consists in the attestation of the presence of Allegretti in Paris at the OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) in 1962 (date of a letter kept in the Archive of the Museum of Science and Technology of Milan), a presence confirmed by the role of OECD consultant attributed to him in the accounts of the episode of January 1963 which finally proved to be fatal. The facts were reconstructed at the end of a long investigation generated by a request from his brother Guido, asking for compensation by the OECD.

In the evening of January 20, 1963 at about 8.30 p.m., on a very cold winter day, Lamberto Allegretti slipped on a metal grid and, falling forward, tapped his forehead on the edge of the sidewalk, getting a wound. apparently slight but followed by vomiting. He was helped by a passerby, M. Combette, the only witness of the fall, who accompanied him with his car to the hotel where he was staying. The following day he was visited at the hotel by some OECD colleagues, who found his condition alarming and took him to the nearby Necker hospital, from which after a few days of useless treatment he was sent to the neurosurgical clinic of Pitié, where he was operated without success. and where he died on January 29 without having regained consciousness. The Allegretti family of Pescia and Pisa is now extinct in the male line: Lamberto had never married and Guido had two daughters, Laura and Giulia.

Acknowledgments

This essay could not have been completed without the precious help by many people, among whom I have the pleasure and duty to remember Dr. Daniele Ronco, from the Central University Archives of Pisa, for the academic documentation on Mario and Lamberto Allegretti, and prof. Bruno Ghidini for the documentation on the Bari period.

Archival sources

Annuario della R. Università di Pisa (1900-1941) [anni accademici 1899/1900-1940/1941].

Annuario. Università di Pisa (1941-1944) [anni accademici 1941/42-1943/44].

Annuario del Ministero della Pubblica Istruzione (1903-1915; 1922-1929).

Annuario del Ministero dell'Educazione Nazionale (1930-1943).

Fascicoli di Mario e Lamberto Allegretti. Archivio generale di Ateneo, Università di Pisa.

Fascicolo di Lamberto Allegretti. Archivio generale dell'Ateneo, Università di Bari.

Il Nuovo Cimento (1855-1960).

Il Ponte di Pisa (1893-1934).

References

Allegretti L. (1959). *Rapport final de l'expert de Physique de la Mission de l'UNESCO à la Faculté de Sciences de l'Université de Damas*.

Amaldi E. (1998). *20th Century Physics. Essays and Recollections* (Battimelli G., Paoloni G. eds.), Singapore etc.: World Scientific.

Conti A. (a cura di) (2016). *Albo caduti e dispersi della Repubblica Sociale Italiana*. Fondazione della R.S.I. - Istituto Storico ONLUS.

Rossi P., Iurato G. (2018). *La Scuola Pisana di Fisica*. Pisa: Pisa University Press.

Veccia Vaglieri L. (1950). "Notizie sulle Università egiziane". *Oriente Moderno*, Anno 30, n. 4/6 (aprile/giugno), pp. 87-96.

Sitography

[L'eccidio di Collodi, 25-26 luglio 1944. Relazione militare. Comando XI Zona. Formazione Perini]. URL: <<https://www.linealibera.info/wp-content/uploads/2016/04/Ciao-Aldo.pdf>> [access date: 30/06/2019].

[Commission de Recours de l'OCDE. Décision n. 38 en date du 12 janvier 1965]. URL: <<https://www.oecd.org/fr/tribunaladministratif/Recueil%20de%20d%C3%A9cisions%201%20C3%A0%2062.pdf>> [access date: 30/06/2019].

[PLAN IVY-0078. Relazione sulla missione eseguita nell'Italia occupata (Marceglia A., 20 giugno 1945)]. URL: <https://www.cia.gov/library/readingroom/docs/PLAN%20IVY_0078.pdf> [access date: 30/06/2019].

Electricity in Lecce. An ignored story*

Livio Ruggiero - Università del Salento; Società di Storia Patria per la Puglia,
Sezione di Lecce - livio.ruggiero@alice.it

Abstract: In the second half of 19th century some important applications of electricity were carried out in Lecce, the famous *Town of Baroque*. In 1859 a Jesuit, Nicola Miozzi, switched on an arc-lamp with Bunsen batteries on occasion of the visit to town by King Ferdinand II, a demonstration he had already performed on 1852, maybe among the first in Italy. Miozzi was professor of Physics at the boarding-school “St. Joseph” and stimulate Giuseppe Candido, a young seminarist, to love electricity. Candido planned various electrical devices for his home and he may be considered a precursor of automation of houses. He invented the *regulating diaphragm pile*, that gained an *honorable mention* at the Universal Exposition of Paris in 1867. Within 1868 and 1874 he carried out, in Lecce, a network of four tower clocks synchronized by electricity. The network of Lecce was unique in Europe. In 1898 Lecce realized another record inaugurating the electric tramways to S. Cataldo. With his 12 kilometers, it was the longest one in Italy and it was awarded by an international jury with a gold medal for its features. Clocks and tramway closed their story about on 1940.

Keywords: electricity, Giuseppe Candido, Lecce.

Il rapporto tra la città di Lecce, non certamente sconosciuta per le sue ricchezze artistiche, e lo sviluppo dell'impiego dell'elettricità per usi pubblici e domestici costituisce un esempio significativo di come a volte la storia della scienza e quella della tecnologia ignorino eventi e realizzazioni di un certo interesse avvenuti in aree considerate tagliate fuori dallo sviluppo culturale. Infatti, la scoperta, in una stradina del centro storico, di una lapide in cui si cita un “vescovo scienziato” ideatore di orologi elettrici ha consentito di portare alla luce una serie di eventi che hanno rivelato un sorprendente rapporto tra Lecce e lo sviluppo delle applicazioni dell'elettricità; una storia, che inizia nel 1832 con il ritorno nella città dei Gesuiti, che ne erano stati espulsi nel 1767 (Iappelli 1992a).

L'Ordine accetta di assumere la gestione del Collegio S. Giuseppe, istituito nel 1807 per volere del re di Napoli Giuseppe Bonaparte, e nel 1845 a insegnare Fisica viene inviato da Napoli il padre Giuseppe Maria Paladini (1806-1883), grande amico di Macedonio Melloni (1798-1854) e studioso delle nuove teorie di Ampère sui rapporti tra elettricità e magnetismo (Iappelli 1992b).

È il periodo in cui si realizzano sorgenti di energia elettrica sempre più efficienti e affidabili e si utilizza la lampada ad arco per generare luce, ed è in questo quadro di così

* Versione ampliata del contributo (vedi Bibliografia) in Ruggiero (2019).

rapida evoluzione della fisica che il padre Paladini attua il suo insegnamento, arricchendo le sue lezioni con sussidi didattici, spesso realizzati personalmente.

I rivolgimenti politici del 1848 portano ad un'ulteriore espulsione dei Gesuiti da Lecce, con la conseguente necessità di sostituire con personale laico gli insegnanti del Collegio. Per difficoltà di svolgimento del relativo concorso pubblico, la Commissione Centrale di Pubblica Istruzione del Regno, di cui fa parte anche Macedonio Melloni, è costretta a sostituire il padre Paladini con Raffaele Rubini (1817-1890), un giovane matematico brindisino agli inizi di una brillante carriera.

Il Rubini non risulta gradito ai cittadini leccesi e per le critiche mosse al suo insegnamento egli richiede alle autorità scolastiche un decisivo intervento per il miglioramento delle apparecchiature didattiche del Gabinetto di Fisica. E proprio dalla documentazione intercorsa tra il Collegio di Lecce e la Commissione, gentilmente fattaci conoscere dal padre Filippo Iappelli, dei Gesuiti di Napoli, si è potuto appurare che gli elementi conduttori per le esperienze di Ampère, trovati insieme ad altri apparecchi sicuramente facenti parte della dotazione del Collegio, sono quelli realizzati dal padre Paladini e che la richiesta del Rubini fu accolta per il decisivo intervento di Macedonio Melloni.

Questi sono gli eventi che avrebbero aperto la strada ad una evoluzione senz'altro sorprendente del rapporto tra la città e l'elettricità. Infatti, quando, prima della fine del 1849, annullatisi gli effetti della rivoluzione dell'anno precedente, i Gesuiti tornarono a gestire il Collegio, venne inviato a ricoprire l'incarico che era stato di padre Paladini un suo brillante allievo, il padre Nicola Miozzi (1811-1872), che sarebbe stato la vera anima del rapporto tra Lecce e l'elettricità.

Il Miozzi si rivelò una specie di "mago dell'elettricità", realizzando alcuni esperimenti che avrebbero eccitato l'interesse anche del pubblico esterno alla scuola, come riporta il Diario del Collegio: «2 settembre 1852 [...] Il P. Miozzi questa mattina ha fatto gli esperimenti di Elettricità con la caldaia a vapore, vi sono intervenute varie persone per vederli» (Iappelli 1988).

Il Miozzi iniziò a realizzare esperimenti dimostrativi sulla scienza che si stava affacciando prepotentemente all'orizzonte tecnologico, promettendo applicazioni meravigliose, e il 14 gennaio del 1859, nel corso della visita a Lecce del re Ferdinando II, attuò una delle prime dimostrazioni pubbliche di illuminazione elettrica in Italia, illuminando con una lampada ad arco alimentata da pile Bunsen l'atrio del Palazzo dell'Intendenza.

Il 22 gennaio il *Giornale delle due Sicilie*, descrivendo le meravigliose luminarie con cui Lecce aveva accolto il Re così prosegue:

Brillava sopra ogni altro il maestoso atrio del palazzo dell'Intendente, in cui i grandi fanali messi ne' suoi 28 archi, e i quattro candelabri con altri otto fanali eretti nei quattro angoli dell'atrio medesimo venivano oscurati dalla magnifica lanterna elettrica opera del chiaro Padre Miozzi della Compagnia di Gesù, la quale diffondendo un oceano di luce indorava a mo' dell'astro maggiore della natura il grandioso edificio non che [*sic*] le stanze del Reale alloggiamento.

Tra gli apparecchi di fisica del Collegio giunti a noi vi è un telegrafo elettrico alla Wheatstone che potrebbe essere proprio quello che fu impiegato all'alba del 14 gennaio 1859 per annunciare l'arrivo del re Ferdinando II, come riportato dal Bernardini (1895) nel suo resoconto della visita reale: «[...] da Campi fu dato avviso dell'arrivo per mezzo del piccolo telegrafo elettrico del gabinetto di fisica del R. Liceo, trasportato colà dai padri gesuiti per tale occasione».

Pare che il Miozzi avesse tentato già in precedenza di illuminare elettricamente la Piazza S. Oronzo, come ricorda Pietro Palumbo (1912, p. 224): «Il P. Miozzi si applicava all'elettricità ed una prima lampada espose in una festa di S. Oronzo». D'altro canto è stato trovato un manifesto delle feste patronali datato 13 agosto 1858, in cui si annuncia l'illuminazione elettrica della Piazza S. Oronzo a cura di un certo Oronzo Romano.

Le dimostrazioni di Lecce furono le prime effettuate nel Regno di Napoli e quasi certamente tra le prime in Italia. Quella del 1859 ebbe una grande risonanza alla corte borbonica ed il Miozzi venne convocato subito dopo a Napoli, forse per studiare la possibilità di utilizzare la nuova fonte di luce nei fari marittimi, come si stava tentando di fare in Inghilterra (Iappelli 1988, p. 251).

Come insegnante il padre Miozzi avrebbe acceso e alimentato la passione per la ricerca in questo nuovo settore della fisica in un brillante allievo, Giuseppe Candido (1837-1906), che avrebbe dato a Lecce il diritto di vedersi assegnata magari anche una semplice citazione nella storia delle applicazioni dell'elettricità.

Il Candido aveva frequentato, da seminarista, il Collegio S. Giuseppe fino al completamento degli studi nel 1857, iscrivendosi quindi all'Università di Napoli e conseguendo la laurea in Matematica e Fisica.

Nel 1859 aveva coadiuvato il Miozzi nell'allestimento dell'illuminazione elettrica del Palazzo dell'Intendenza e quando tornò a Lecce dopo la laurea si dedicò anche all'insegnamento della fisica, utilizzando apparecchiature spesso progettate e costruite da lui stesso, come il *Piano inclinato elettrico*, versione elettrificata del piano inclinato di Galileo per verificare la legge di caduta dei gravi (Calabrese *et al.* 2007, pp. 103-115). Naturalmente, il suo grande interesse per l'elettricità e il suo possibile impiego pratico lo portò a dedicarsi contemporaneamente al miglioramento della sorgente necessaria per queste applicazioni ideando una nuova pila, da lui definita *pila a diaframma regolatore*, realizzata componendo e migliorando le caratteristiche di due pile allora molto in uso, quella del francese Jean-Armand Callaud (1813-1884) e quella dell'italiano Giovanni Minotto (1803-1869) (Calabrese *et al.* pp. 77-91). Nel 1867 Candido brevettò la sua pila e la presentò all'Esposizione Universale di Parigi di quell'anno insieme ai disegni di alcuni apparecchi elettrici da lui ideati, ottenendo proprio per la pila una *menzione onorevole*. La pila e gli altri apparecchi presentati furono illustrati da padre Angelo Secchi (Calabrese *et al.* 2007, pp. 143-151).

Candido ideò e realizzò numerosi dispositivi elettrici per la gestione della sua casa: campanelli, allarmi, sistemi per la comunicazione telegrafica interna, una sveglia con accensione e spegnimento di una candela a gas, e lo scienziato leccese Cosimo De Giorgi (1842-1922) così conclude la descrizione delle invenzioni casalinghe del suo grande amico:

Nel suo gabinetto poi l'elettricità era applicata all'argentatura ed alla doratura galvaniche, e alla dimostrazione delle leggi della caduta dei gravi per mezzo di un piano inclinato elettrico, ideato da lui, che sostituiva ingegnosamente ed economicamente la macchina di Atvvod [*sic*]. E come potrò dimenticare le belle serate passate in casa sua con altri amici miei per ammirare i bellissimi effetti luminosi della corrente attraverso i tubi di Geissler?

Insomma, nelle sue mani l'elettricità, come docile ancella, ubbidiva ai desideri ed ai comandi del suo padrone (De Giorgi 1899, p. 12).

E nel 2006, così Adriano Paolo Morando, del Politecnico di Milano, chiuse il suo intervento al convegno celebrativo del primo centenario della morte del vescovo scienziato (Morando 2007, pp. 215-216):

[...] applicazioni di non minore importanza, per le quali egli può addirittura essere considerato un innovatore, riguardano poi il sapiente uso che egli fece delle azioni elettrodinamiche per realizzare apparecchiature destinate all'uso domestico. In questo caso egli può addirittura essere considerato come l'iniziatore di quel settore delle tecnologie elettriche che oggi va sotto il nome di domotica.

Ma a Lecce non c'era solo il Candido ad interessarsi di elettricità; infatti, nel settembre dello stesso 1867, all'Accademia di Francia, Eugène-Melchior Peligot (1811-1890) presentava due nuove pile ideate dal leccese Giuseppe Eugenio Balsamo (1829-1901) (Rossi *et al.* 2003, pp. 51-59).

L'anno dopo, Candido invia al Consiglio Comunale di Lecce la sua proposta che avrebbe rivoluzionato la misura del tempo da parte degli orologi pubblici cittadini. Nella lettera indirizzata l'1 febbraio 1868 al Sindaco di Lecce si legge:

In Città potrebbero stabilirsi quattro Orologi Elettrici, e due regolatori sulla Casa Municipale. Uno di questi ultimi sarebbe in continua relazione coi quattro elettrici; il secondo si terrebbe per sostituirlo prontamente al primo, in caso di bisogno. Così gli orologi come la pila sarebbero secondo il mio modello; e potrebbero facilmente eseguirsi in Lecce (Ruggiero *et al.* 2018, p. 9).

La descrizione del progetto termina con l'offerta di completare l'impianto con un dispositivo in grado di accordare il mezzogiorno segnato dagli orologi con quello corrispondente al passaggio del Sole sul meridiano di Lecce. Come si intuisce, il regolatore ideato dal Candido funzionava sfruttando la corrente prodotta in un dispositivo termoelettrico, un'ulteriore prova della dimestichezza del Candido con la generazione e l'utilizzazione dei fenomeni che si andavano scoprendo in questo nuovo campo della scienza. Il regolatore termoelettrico fu inizialmente installato ma fu poi rimosso perché l'ora di Lecce doveva essere quella di Roma. La proposta del Candido di realizzare una rete di orologi pubblici sincronizzati elettricamente era assolutamente incomprensibile per i componenti del Consiglio Comunale i quali, come del resto la generalità della popolazione, poco o nulla sapevano dell'elettricità e del suo impiego, dal momento che all'epoca di elettrico c'erano a Lecce soltanto il telegrafo, che era stato installato, in sostituzione di quello ad asta, solo nel 1858, e i campanelli dei locali della Prefettura e del Palazzo della Provincia (Ruggiero *et al.* 2018, p. 103), tutti alimentati da pile.

Meraviglia quindi che la proposta del giovane sacerdote leccese venisse accolta soltanto un mese dopo e che nel maggio dello stesso anno egli potesse iniziare i lavori per la realizzazione del progetto, che sarebbe stato completato nel 1874.

L'impianto era costituito da un normale orologio a pendolo da torre, posto sul Sedile, uno degli edifici storici di Lecce, che avrebbe inviato ogni minuto due impulsi elettrici successivi, corrispondenti alla chiusura e all'apertura di un circuito elettrico, ai quattro quadranti periferici collocati sul Sedile, sul Palazzo della Prefettura, sulla facciata del Liceo Palmieri e su quella dell'Ospedale dello Spirito Santo. Un quinto quadrante fu successivamente collocato all'interno dell'Ospedale. Sul retro di ognuno dei quadranti era montato un dispositivo elettromagnetico che, attivato dai due impulsi, avrebbe fatto scen-

dere il peso legato al cordone avvolto sul cilindro solidale con la sfera dei minuti facendola ruotare di un sessantesimo di giro, questa a sua volta mediante un sistema di ingranaggi avrebbe fatto ruotare in sessanta minuti la sfera delle ore di un dodicesimo di giro. Poiché i due impulsi inviati dall'orologio motore avrebbero raggiunto nello stesso istante i quattro quadranti, questi avrebbero segnato la medesima ora. Un dispositivo analogo avrebbe messo in funzione i meccanismi delle suonerie, attivando i martelli che avrebbero fatto risuonare contemporaneamente le campane delle ore e quelle dei quarti d'ora. Tra le innovazioni originali del Candido c'era anche un semplice dispositivo per evitare i fastidi del magnetismo residuo.

Che la realizzazione del Candido fosse una delle prime in Europa, almeno tra le poche funzionanti, si può desumere da notizie come quella riportata dal giornale locale *Il Cittadino Leccese*, che il 6 maggio del 1870 cita una nota della famosa rivista scientifica *Les Mondes*, dal titolo *Eclairage électrique de Paris*, in cui un certo Edmond Martin sollecita la costituzione a Parigi di una società per l'indicazione elettrica del tempo, portando ad esempio Lecce: «La piccola Città di Lecce, in Terra d'Otranto, grazie all'attività intelligente d'un giovane sacerdote signor Abate Candido, ha da pertutto [*sic*] dei quadranti elettrici; e la capitale della Francia e del mondo intero non ne ha nemmeno un solo».

Per veder riconosciuto al Candido un posto nella storia, anche se solo in quella dell'orologeria, bisogna attendere il 1950, come riportato dal Morpurgo (1950, p. 232) che, componendo una cronologia dal 1300 al 1880 delle località italiane in cui sono stati installati gli orologi nel corso del tempo, all'anno 1868 scrive: «Lecce: primo impianto di orologi pubblici elettrici», e la curiosa citazione nella *Storia delle macchine* di V. Marchis (1994, p. 217): «Solamente alla fine del secolo appaiono i primi sistemi elettrici per sincronizzare gli orologi, non solo a Palermo, ma anche a Lecce, dove viene realizzato dal vescovo locale un sistema elettrico per sincronizzare gli orologi dei campanili cittadini.», che testimonia quanto sia scarsa, per non dire nulla, anche tra gli storici della scienza e della tecnologia, la conoscenza della personalità del Candido e dell'importanza della sua opera. Come si vede l'autore ha lavorato di fantasia attribuendo la realizzazione al «vescovo locale» e la sincronizzazione agli orologi dei «campanili cittadini», oltre a collocarla in contemporanea con quella analoga di Palermo di cui non c'è traccia nel testo del Morpurgo e quindi avvenuta quasi certamente dopo il 1880. Giuseppe Candido divenne sì vescovo, ma non di Lecce, e gli orologi non erano sui campanili cittadini ma su edifici pubblici.

Il pendolo motore dell'impianto realizzato a Lecce era un normale pendolo meccanico da torre, quindi ogni giorno si dovevano far risalire ad altezza opportuna i pesi che ne assicuravano il funzionamento. Candido realizzò un pendolo elettromagnetico che avrebbe affrancato gli operatori da quest'impegno quotidiano, giunto a noi in ottime condizioni, anche se non risulta sia mai stato installato nella rete e il motivo di questo potrebbe trovarsi nella partenza da Lecce del Candido a seguito della sua nomina nel 1881, da parte di papa Leone XIII, prima a vescovo ausiliario di Nicastro e successivamente a vescovo titolare di Ischia (Ruggiero *et al.*, pp. 71-76).

Nel 1899 vennero celebrati i trenta anni di funzionamento della rete di orologi sincroni e Cosimo De Giorgi ebbe a dire nella conferenza che tenne per l'occasione:

Per siffatta applicazione, tenetelo bene a mente, o Leccesi, la nostra patria può darsi il vanto di essere stata la prima fra le sue consorelle italiane; e se guardiamo al successo, anche fra quelle delle nazioni più incivilite. E ciò le torna maggiormente ad

onore, perché fu ideata da un nostro concittadino e posta in atto col concorso dei nostri operai. [...] Ma pure lo credereste? Né dell'inventore, né degli orologi pubblici di Lecce si fa cenno in nessuno dei trattati di Fisica moderna, tanto nazionali che stranieri, in nessuno dei tanti Manuali di elettro-tecnica, in nessuna Rivista scientifica e industriale. (De Giorgi 1899, pp. 2-4).

Nel 1870 il Comune decise di ringraziare il Candido per l'opera che stava attuando con una medaglia d'oro che però non fu mai coniata. Nel 1898 fu realizzato un medaglione in bronzo che solo nel 1937 venne inserito nella lapide che ha dato origine a questo racconto (Ruggiero *et al.* 2018, pp. 63-76).

Nel 1898, al compiersi del primo trentennio di funzionamento degli orologi del Candido, a Lecce comparve un'altra applicazione dell'elettricità: il tram (Pasimeni, 1988).

Il tram di Lecce, che finalmente collegava la Città con la sua spiaggia, non solo era una delle prime ferrovie elettriche d'Italia ma, con i suoi 12 chilometri, era anche la più lunga e una delle più avanzate tecnicamente, tanto che alla Mostra Internazionale di Elettricità di Torino dello stesso anno sarebbe stata premiata con medaglia d'oro da una giuria internazionale.

Nel 1936, pochi anni prima degli orologi di Giuseppe Candido, il tram elettrico Lecce-S. Cataldo terminò il suo prezioso servizio, soppiantato da mezzi più rapidi ed economici.

La storia dell'elettricità a Lecce è ben compendiata nelle cartoline dell'epoca, con il tram fermo al capolinea di piazza S. Oronzo e in alto, sul Sedile, l'orologio di Giuseppe Candido.

[Una versione più estesa dell'articolo comparirà nel volume che la Società di Storia Patria per la Puglia-sezione di Lecce, pubblicherà in onore del prof. Arcangelo Rossi.]

Bibliografia

- Bernardini N. (1895). *Ferdinando II a Lecce (14-27 gennaio 1859)*. Lecce: Tip. Cooperativa.
- Calabrese A., Laporta A., Ruggiero L. (2007). *Giuseppe Candido. Edizione anastatica degli scritti*. Lecce: Edizioni del Grifo.
- De Giorgi C. (1899). *S.E. Giuseppe Candido e gli orologi elettrici di Lecce*. Lecce: R. Tipografia Editrice Salentina.
- Iappelli F. (1992a). "I Gesuiti a Lecce I: 1574-1757". *Societas*, XLI (4-5), pp. 104-117.
- Iappelli F. (1992b). "I Gesuiti a Lecce II (dal 1883 a oggi)". *Societas*, XLI (6), pp. 145-154.
- Iappelli F.S.I. (1988). "Un pioniere dell'illuminazione elettrica: il gesuita Nicola Miozzi". *La Civiltà Cattolica*, 3315/3316, pp. 247-255.
- Marchis V. (1994). *Storia delle macchine*. Bari: Editori Laterza.
- Morando A.P. (2007). *Elettricità e magnetismo a Lecce: il contributo di Giuseppe Candido*, in Ruggiero L., Spedicato M. (a cura di), *Giuseppe Candido tra pastorale e scienza*. Galatina: EdiPan, pp. 215-216.
- Morpurgo E. (1950). *Dizionario degli Orologiai Italiani (1300-1880)*. Roma: Edizioni "La Clessidra".

- Palumbo P. (1912). *Lecce Vecchia*. Lecce: I.T.E.S.; nuova edizione (1975), Palumbo P.F. (a cura di).
- Pasimeni C. (1998). *Il Tram del mare*. Lecce: Conte Editore.
- Rossi A., Ruggiero L., De Simone E. (2003). *Giuseppe Eugenio Balsamo's iron and lead piles and Giuseppe Candido's regulating diaphragm pile: two contributions from Lecce to the development of Volta's battery*, in Bevilacqua F., Giannetto E.A. (eds.), *Volta and the History of Electricity*. Milano: Hoepli, pp. 51-59.
- Ruggiero L., De Simone E., Catullo E. (2018). *Lecce e i suoi orologi elettrici. Un primato italiano*. Lecce: Edizioni Grifo.
- Ruggiero L. (2019). *Lecce e l'elettricità, una storia ignorata*, in Ruggiero L., Spedicato M. (a cura di). *Uomo Scienza Storia. Studi in onore di Arcangelo Rossi*. Castiglione: Giorgiani Editore, pp. 403-430.

Gleb Wataghin and the Department of Physics of the University of São Paulo: between Italian and Russian nationalities in times of hostility (1934-1949)

Luciana Vieira Souza da Silva - University of São Paulo - vssluciana@gmail.com

Abstract: Born in the Russian Empire, the physicist Gleb Wataghin (1899-1986) moved to Italy in 1919 to escape from civil-war. After studying Mathematics and Physics, he became a professor at the University of Turin. In 1934, shortly after the establishment of the University of São Paulo in Brazil, he was invited to be part of a group of professors called the Italian Mission, of which Luigi Fantappiè (Mathematics), Giuseppe Ungaretti (Italian Literacy) and Giuseppe Occhialini (Physics) also participated. This work aims to analyze Wataghin's social trajectory in Brazil in order to observe how the political framework was part of his scientific and educational work at the University. His contributions are discussed under Pierre Bourdieu's theory of the scientific field and Michel Pinault's idea of intellectual scientists. It is observed that before World War II, when Brazil and Italy had a good relationship, Wataghin used to be identified as a legitimate member of the Italian Mission. After 1942 and the break in diplomatic relations between the two countries, the physicist was seen and introduced himself as a Russian citizen, which was important to ensure his permanence in Brazil and to bring him closer to allied scientists, such as Arthur Compton, who used to help the United States diplomatic policies.

Keywords: Gleb Wataghin; FFCL/USP Department of Physics; Second World War.

1. Introduction

This talk is part of my Ph.D. thesis,¹ in which I am investigating the history of the Department of Physics at the University of São Paulo, specifically the role of its first professor, Gleb Wataghin, in the organization of that institution. I want to understand the shaping of that scientific field, in a social historical approach. In his Brazilian trajectory, Wataghin was known for his capacity to build relationships with scientists from different parts of the world, but I focused this work on understanding how his Italian and Russian nationalities were important for him to stay in Brazil and help his colleagues in times of hostility, specifically fascist and Second World War times.

¹ This study was supported by the grant 2017/23799-5, from the São Paulo Research Foundation (FAPESP).

The history of the physicist Gleb Wataghin meets the Brazilian history of science and higher education in 1934, when the Brazilian engineer Theodoro Ramos, one of the founders of the University of São Paulo (established in January 1934) traveled to Europe to hire professors to the Faculty of Philosophy, Sciences and Letters, where a new scientific field was aimed to be created. Wataghin was born in Russia and moved to Italy in 1919 with his family, to escape from Russian civil-war. Shortly after, he started his mathematics and physics studies in Italy and became a professor at the University of Turin. When Ramos invited him to go to Brazil, he had just received his Italian passport. Wataghin was afraid of being distant from the European scientific field, but the fascist Regime and the good salary offered by the Brazilian university were determinants for him to choose Brazil (Wataghin 2010). In Italy, Wataghin used to work on theoretical physics, quantum theory. However, in Brazil, up to 1937, he was the only professor at the Department of Physics, so he started also an experimental group on cosmic rays, because the Brazilian geographical position was good enough to this kind of research (Videira, Bustamante 1993; Wataghin 2010).

In this paper, we discuss how Gleb Wataghin's Italian and Russian nationalities were important for his stay in Brazil in different political frameworks: the Brazilian-Italian good diplomacy in fascist times (1930s), and the Second World War (1939-1945), when Brazil turned against Italy and the other Axis Powers. The historical sources are composed by Wataghin's correspondence, from the Historical Collection of the Institute of Physics (AHIFUSP) and the Institute of Brazilian Studies Archive (IEB/USP), both at the University of São Paulo, and documents from the State of São Paulo Public Archive.

The methodological approach is Pierre Bourdieu's scientific field notion, in which science, as well as all human action, is part of a universe, with its specific social rules (Bourdieu 2004). Wataghin's trajectory in Brazil is part of the beginning of the constitution of a scientific field at the University of São Paulo, so the study of his trajectory is also the study of that institution. We also analyze his trajectory under Michel Pinault's scientist intellectual idea, which help us pay attention not only to the scientific production of a scientist but also to the social impact of his work and trajectory, by analyzing his network of sociability, itinerary and generation (Pinault 2003).

2. Political framework changes and the circulation of scientists: Italians abroad

In the 1930s, Brazil and Italy had a good diplomatic relationship. After the University of São Paulo's foundation, in January 1934, Italy and France disputed the chairs of the Faculty of Philosophy, Sciences and Letters, where pure science would be stimulated. When Theodoro Ramos traveled to Europe to hire the professors, he met Francesco Severi and Enrico Fermi, who suggested Luigi Fantappiè (mathematics) and Gleb Wataghin (physics) to take part at the Italian Mission, as the Italian group of professors at the University of São Paulo was known. Besides Fantappiè and Wataghin, other Ital-

ian professors² also came to Brazil between 1934 and 1939 (Petitjean 1996, Silva 2015).

When the Fascist Regime published the racist laws in 1938, the Italian scientific field was also affected. In the physics field, for example, Rome's and Arcetri's groups were dismantled, after the social exclusion of their physicists of Jewish origin. At those times, the Italian Jews went to other countries, such as the United States, France, Argentina and Brazil, among others, to continue their personal and professional lives (Caprilo 2010; Orlando 1998).

2.1 Gleb Wataghin's trajectory in Brazil: between Italian and Russian nationalities

During his first years in São Paulo, Brazil, Wataghin started to build a network of scientists between Brazil, Italy and other European countries, and the United States of America. In 1937, the Italian physicist Augusto Occhialini sought Wataghin to find a place of work in Brazil to his son, the physicist Giuseppe Occhialini (Gariboldi 2007). The good diplomatic relations between Brazil and Italy were fundamental for the success of Occhialini's hiring at the University of São Paulo in 1937 (Silva, Siqueira 2018). After the 1938 Italian racial laws, other Italian scientists sought Wataghin to find a position in Brazil, such as the physicist Giorgio Todesco and the young mathematician Sergio Sonino. In Todesco's case, the network of sociability that Wataghin was building in Brazil was fundamental, because he asked the Brazilian Academy of Sciences to help Todesco (Silva, Bontempi Junior 2018).

In the 1930s and in the 1940s, the United States of America applied in Latin America a Good Neighborhood Policy to win support from those countries, which would be useful in Second World War times. In 1941, as part of this policy, the physicist Arthur Compton, who was already in contact with Wataghin, came to Brazil to do researches on cosmic rays and to give lectures in São Paulo and Rio de Janeiro, supported by US cultural diplomacy. When Brazil entered the war against the Axis, in 1942, Wataghin wrote to Compton to show support in the fight against the Nazis (Freire Jr., Silva 2014). From this moment on, we have to discuss Wataghin's Russian identity.

In January 1942, after strong pressure from the US government, Brazil broke diplomatic relations with Italy. As a result, the professors of the Italian Mission had their employment contract interrupted, with the exception of Wataghin for being Russian. If we look at his 1943 employment contract, we can see the following information: "Gleb Wataghin, natural from Russia and of Italian nationality because of naturalization" (São Paulo 1943, p. 51).³ In a letter sent by Wataghin to the Dean of the Faculty of Philosophy in August 1942, when Brazil had just entered the war alongside the United States, he

² Ettore Onorato (geology), Francesco Piccolo (Italian literacy), Giacomo Albanese (mathematics), Luigi Galvani (statistics), Ottorino de Fiori di Cropani (geology), Giuseppe Ungaretti (Italian literacy), Attilio Venturi (Greek literacy), Giuseppe Occhialini (physics), Vittorio de Falco (Greek literacy) (Wataghin 1992, Silva 2015).

³ Original in Portuguese: "Natural da Rússia e de nacionalidade italiana em virtude de naturalização" (São Paulo 1943, p. 51).

said: “In this difficult time [...] I have the honor to send you by this letter the declaration of my unrestricted solidarity for Brazil and for the common cause of the United Nations”. And more: “Despite being for twenty-three years far from my homeland, my dedication and my love for Russia were always dominant elements of my feelings” (São Paulo 1942).⁴

As we can see, Wataghin’s support to the Allied cause was important to show to his bosses he did not pose a threat to the university and to Brazil. However, Wataghin’s devotion to Russia was not restricted to formal declarations at the university. From 1944 to 1947, Wataghin took part in the Russian Relief Subcommittee for the Victims of the War (São Paulo 1947a, São Paulo 1947b), an institution linked to the Red Cross, which sent donations from Brazil to the Union of Soviet Socialist Republics (Zen 2010).

If Wataghin could stay at the University of São Paulo for being Russian, he also could keep helping his Italian colleagues who had problems with the fascism and the racist laws. That was Giuseppe Occhialini’s case, who was helped by Wataghin a second time in 1944. Just like his colleagues from the Italian Mission, Occhialini’s employment contract was interrupted in 1942. In 1944, Wataghin helped him return to the Department of Physics, to be the professor of an extension course on X-rays. In the same year, the mathematician Carlo Tagliacozzo, who was persecuted by the racial laws, also sought Wataghin for a position in Brazil. He taught an extension course on Mathematical Theory of Elasticity at the Department of Mathematics at the University of São Paulo (Silva, Bontempi Junior 2018).

3. Wataghin’s Italian and Russian nationalities in his Brazilian period: final remarks

Wataghin stayed in Brazil until 1949 when he was invited to be the Dean of the Institute of Physics at the University of Turin (Wataghin 1992). The time he spent in Italy before going to Brazil was important for his network of sociability, to help his colleagues and to help himself return to Italy after the war. The Brazilian approach to the United States in Second World War times was determinant to interrupt the Italian Mission work at the University of São Paulo. Wataghin’s Russian nationality was fundamental for his permanence in Brazil, and more, for his distancing from Fascist Italy. His itinerary in Brazil and the network of sociability he built among Italians, Brazilians and US scientists were part of his work as a professor and as a physicist, since he had to negotiate and to discuss his own nationality to keep working at the Brazilian university in times of hostility. As we take as a premise that Wataghin’s personal and professional trajectory was part of the constitution of the first years of the University of São Paulo scientific field, we can consider that the Department of Physics was not autonomous in

⁴ Original in Portuguese: “Nesta hora grave [...] tenho a honra de enviar a V. Excia por meio d’esta a declaração de minha irrestrita solidariedade com a Brasil e com a causa comum das Nações Unidas”. “[...] apesar de permanencia durante 23 anos fora de minha Patria, a minha dedicação e o meu amor para Russia ficaram sempre elementos dominantes de meus sentimentos”.

relation to other social fields, such as the diplomatic and the political field. This means that Wataghin had to adapt his practices in Brazil according to the social context.

Archival Sources

- São Paulo (1942). IEB/USP Archive, Fundo Fernando de Azevedo, FA-CP-Cx34, 13.
- São Paulo (1943). State of São Paulo Public Archive. Instr. Públ., EO1145 - Registros de contratos de professores estrangeiros (para USP), p. 51.
- São Paulo (1947a) State of São Paulo Public Archive. Deops. Prontuário 50-Z-030, circular do Serviço Secreto, 14/06/1965.
- São Paulo (1947b) AHIFUSP. Doc. 2.198, cx. 2, p. 7, ofício de Gleb Wataghin a Pedro Ayres, 29/08/1947.

References

- Bourdieu P. (2004). *Os Usos Sociais da Ciência. Por uma sociologia do campo científico*. São Paulo: Editora Unesp.
- Capristo A. (2010). “FARE FAGOTTO: L’emigrazione intellettuale ebraica dall’Italia fascista dopo il 1938”. *La Rassegna Mensile di Israel*, 76 (3), pp. 177-200.
- Freire Jr. O., Silva I. (2014). “Diplomacia e Ciência no contexto da Segunda Guerra Mundial: a viagem de Arthur Compton ao Brasil em 1941”. *Revista Brasileira de História*, 34 (67), pp. 181-201.
- Gariboldi L. (2007). “Giuseppe “Beppo” Occhialini. Dal positrone alla mappa gamma della galassia”. *Emmeci Quadro*, August issue, pp. 64-74.
- Orlando L. (1998). “Physics in the 1930s: Jewish Physicists’ Contribution to the Realization of the “New Tasks” of Physics in Italy”. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 29 (1), pp. 141–181.
- Petitjean P. (1996). *As missões universitárias francesas na criação da USP*, in Hamburger A.I., *A ciência nas relações Brasil-França (1850-1950)*. São Paulo: Edusp, pp. 259-330.
- Pinault M. (2003). *L’intellectuel scientifique: du savant à l’expert*, in Leymarie M., Sirinelli J.F., *L’histoire des intellectuels aujourd’hui*. Paris: Presses Universitaires de France, pp. 227-254.
- Silva L.V.S. (2015). *A Missão Italiana da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo: ciência, educação e fascismo (1934-1942)* (Master’s dissertation on Cultural Studies). University of São Paulo.
- Silva L.V.S., Bontempi Junior B. (2018). “From Europe to Brazil: Gleb Wataghin and the scientists’ mutual cooperation in times of intolerance and war”. *Lettera Matematica International Edition*, 6 (4), pp. 203-210.
- Silva L.V.S., Siqueira R.M. (2018). *An Italian mission at the University of São Paulo. Science and education issues in the diplomatic relationships between Italy and Brazil in the 1930s*, in Durand A., Bossaert M., *La fabrique transnationale de la «science*

- nationale» en Italie (1839-fin des années 1920). Mélanges de l'École française de Rome - Italie et Méditerranée modernes et contemporaines, 130 (2).*
- Vieira A.A.P., Bustamante M.C. (1993). "Gleb Wataghin en la Universidad de São Paulo: un momento culminante de la ciencia brasilena". *Quipu*, 10 (3), pp. 263-284.
- Wataghin G. (2010). *Gleb Wataghin (depoimento, 1975). Rio de Janeiro: CPDOC.*
- Wataghin L. (1992). "Fundação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo: a contribuição dos professores italianos". *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, 34, pp. 151-174.
- Zen E.R.G. (2010). *Imigração e Revolução: Lituanos, Poloneses e Russos sob Vigilância do Deops.* São Paulo: Edusp/Fapesp.

SCIENTIFIC INSTRUMENTS AND COLLECTIONS

The Physics Laboratory of the *Liceo “G. Seguenza”* in Messina

Vincenzo Caruso - Liceo “G. Seguenza”, Messina - karusov@gmail.com

Giovanni Florio - Liceo “G. Seguenza”, Messina; Sezione AIF, Messina - giovannimaria.florio@istruzione.it

Letteria Leonardi - Liceo “G. Seguenza”, Messina - lilia.leonardi@gmail.com

Abstract: The Physics Laboratory of Liceo “Seguenza” in Messina is one of the richest and oldest school laboratories in town, because it dates back to 1924 and it boasts a great and complete range of scientific instruments of various branches of Physics. A historical outline/account of the events regarding “Gabinetto di Fisica” along with a selection of interesting instruments are exhibited in the Museo Storico di Scienze Naturali, Fisiche e Chimiche “Giuseppe Seguenza”, which was opened in 2016.

Keywords: historical scientific instruments, museums, schools.

1. Il Museo Storico “G. Seguenza”

Lo storico Liceo Scientifico “Giuseppe Seguenza”, sorto nel 1924 e intitolato ad un illustre scienziato messinese,¹ rappresenta per Messina, nei suoi novantacinque anni di attività, un riferimento istituzionale per la formazione dei giovani.

La storia del Liceo, recentemente ricostruita attraverso documenti e testimonianze di studenti e docenti, che hanno vissuto la scuola con intensità e senso di identità e appartenenza, continua ad essere raccontata anche per mezzo della storica Collezione della strumentazione dei laboratori di Fisica, Chimica e Scienze Naturali.

Con l'intento primario non solo della conservazione e della tutela del proprio patrimonio, ma anche quello di rendere disponibile agli studenti e al territorio l'evoluzione scientifica e tecnologica dei materiali didattici acquisiti dalla Scuola durante il corso degli anni, si è voluta creare una esposizione permanente della strumentazione di laboratorio, riservandole uno spazio opportunamente dedicato, collocato all'ultimo piano dell'edificio.

La recente catalogazione degli strumenti di laboratorio, acquisiti negli anni, ha consentito di apprezzare e valorizzare la bellezza e il pregio dei materiali costruttivi, tra i quali spiccano il legno e l'ottone, l'uno come contenitore e l'altro come prezioso elemento di rifinitura.

¹ Giuseppe Seguenza (Messina, 1833-1889) fu professore di Geologia nella Regia Università di Messina, direttore del “Regio Gabinetto geologico messinese” e socio onorario di quasi tutte le accademie d'Italia. Fu un apprezzato naturalista e paleontologo, autore di numerose scoperte e pubblicazioni in ambito scientifico che gli meritano il premio “Wollaston”, decretatogli dalla Royal Society su segnalazione di Darwin.



Fig. 1. Il Museo di Scienze Fisiche, Chimiche e Naturali del Liceo “G. Seguenza”.

Uno splendido campionario che, durante l’occupazione dei locali del Liceo da parte delle truppe anglo-americane, fu salvato da un tecnico passato alla storia per il suo amore per la scuola e la dedizione con cui cercò di recuperare nei mercatini molti strumenti che i soldati avevano utilizzato come merce di scambio.

Grazie al recente percorso di recupero, catalogazione e valorizzazione, oggi il Liceo “Seguenza” può vantare la costituzione del primo Museo Scolastico di Scienze Fisiche, Naturali e Chimiche della provincia, con una collezione storica così pregiata, da meritare, da parte della Soprintendenza ai Beni Culturali di Messina, l’attenzione per un vincolo di tutela per il suo valore storico, artistico e scientifico.

Il Museo, creato con l’obiettivo di renderlo interattivo, persegue l’obiettivo di essere luogo educativo in cui la Storia della Scienza, raccontata attraverso gli oggetti, diviene strumento di rielaborazione e sviluppo del senso critico.

A tale scopo è stato realizzato un percorso didattico per offrire agli studenti l’opportunità di seguire un itinerario appositamente studiato, privilegiando alcuni strumenti, di poterli toccare ed “esplorare” per poter infine dare vita al momento forse più significativo del “Laboratorio interattivo sperimentale”, uno spazio in cui gli studenti hanno la possibilità di interagire, guidati dai propri insegnanti, con l’oggetto del quale potranno comprenderne il funzionamento, apprezzarne la tecnologia costruttiva mettendola a confronto con gli analoghi strumenti moderni, studiare il contesto storico in cui è stato concepito e far riferimento ai principi che lo hanno ispirato.

2. La Sezione di Fisica

La dotazione della sezione di Fisica del Museo comprende apparecchiature acquisite in periodi differenti. La selezione storica raccoglie la strumentazione del primo periodo, che va dalla fondazione della scuola fino al secondo conflitto mondiale.

Il primo acquisto importante, riferito al dopoguerra, di cui abbiamo documentazione risale al 1961. Successivamente, gli acquisti di materiali si sono susseguiti con una certa regolarità e nel museo rimane traccia di materiali databili agli anni Settanta e Ottanta.

Grazie alla scelta di non disfarsi di strumenti non più pienamente operativi (perché non funzionanti o non utilizzabili per motivi di sicurezza, come ad esempio diversi tubi Röntgen per la produzione di raggi X), è possibile osservare una *camera di Wilson* per l'osservazione dei prodotti della radioattività, acquistata nel 1974.

A questo periodo risalgono apparecchi dimostrativi di fisica “moderna” (Esperimento di Millikan, di Franck-Hertz, emissione di corpo nero, effetto Hall) e di didattica della fisica generale.

Per la sezione di Meccanica indichiamo, ad esempio, un pregevole modello di piano inclinato che consente di studiare la forza equilibrante in funzione dell'angolo, ma sono presenti anche apparecchi per lo studio dei tre tipi di equilibrio, aste da equilibrare con *pesetti* per lo studio delle leggi della statica, bilance analitiche ancora funzionanti.

Di particolare interesse rivestono un grande *barometro di Torricelli* e un bell'esemplare di *barografo aneroidale* perfettamente conservato.

Fra le apparecchiature di Acustica della prima metà del Novecento, si conserva una *corda vibrante* montata su cassa armonica che può generare suoni se sollecitata con un archetto, di cui è possibile misurare la tensione e rilevare le diverse frequenze emesse tramite una serie di *risonatori di Helmholtz*. Esiste anche un modello di organo a canne, diversi diapason, e una *sirena di Seebeck* col disco a fori. Fra la strumentazione degli anni Sessanta e Settanta troviamo altri strumenti simili, come una *sirena di Cagnard De La Tour*, altri diapason e risonatori di vario tipo.

Un interessante strumento della prima dotazione è il *vibroscopio di Duhamel*, che consiste in un cilindro che permette di registrare le tracce di una vibrazione sonora prodotta da un diapason con una punta scrivente; la composizione del moto armonico della punta e della rotazione elicoidale del cilindro produce delle tracce sinusoidali sulla sua superficie. Un dispositivo molto semplificato, che ha però il pregio di spiegare il funzionamento del fonografo di Edison, inventato pochi decenni addietro.

Nella esposizione storica non mancano apparati dedicati allo studio dei fenomeni termici.

Possiamo citare, ad esempio, il cosiddetto *anello di Gravesande*, atto a mostrare la dilatazione dei solidi, il cui funzionamento è di semplice ed immediata comprensione. Sono presenti anche diversi modelli di *cassette di Ingenhousz* per lo studio della trasmissione del calore e antichi termometri a mercurio di diverse dimensioni e portate.

Per lo studio dell'elettricità e del magnetismo, la collezione è dotata di una *bilancia di torsione di Coulomb* e un *galvanometro a specchio mobile* (purtroppo non più funzionanti), ed alcuni grandi strumenti di misura da banco (amperometro e voltmetro).

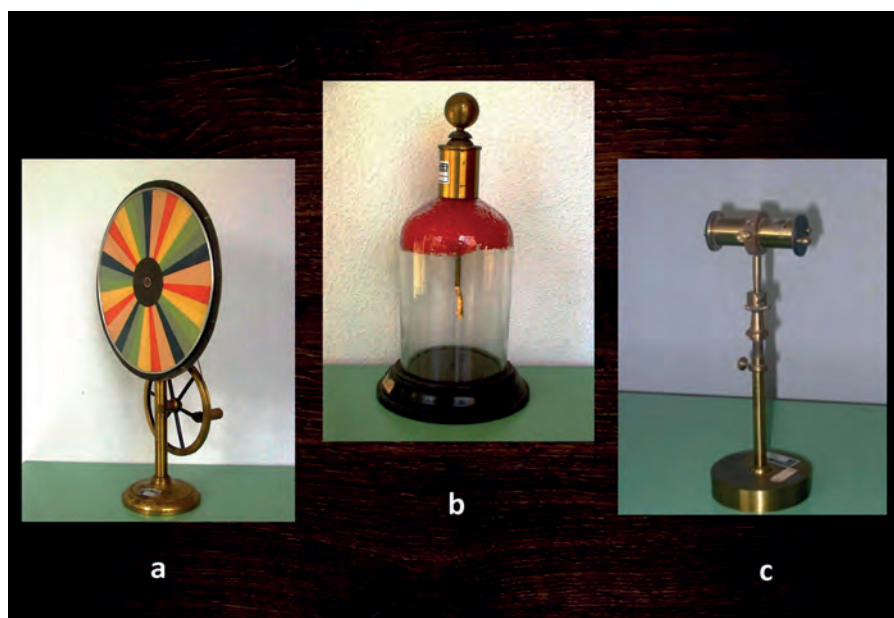


Fig. 2. Collezione storica. a) Disco di Newton; b) Elettroscopio a foglioline; c) Termopila.

Sono ancora in ottime condizioni due *elettroscopi a foglia d'oro* mentre non sono più funzionanti una grande *macchina elettrostatica di Whimshurst* e un *generatore di Van Der Graaf*. Sono inoltre presenti un grande *ponte di Wheatstone* a filo per la misura di resistenze e una bella *Cassetta di resistenze* a spina, in legno e ottone, della ditta tedesca Max Kohl, recuperata dopo la fine della seconda guerra mondiale.

La sezione storica del Museo ospita inoltre diversi *trasformatori di Tesla* e *rocchetti di Ruhmkorff*, oltre a oscillatori e ricevitori per lo studio delle onde hertziane, a cui si aggiunge un *coherer* con accessori per realizzare un modello di telegrafo di Marconi. Anche in questo settore possiamo dire che le attrezzature dell'epoca potevano considerarsi all'avanguardia. Una nota merita, inoltre, una *termopila* collegabile al galvanometro e un *cubo di Leslie*, adattabili a un banco ottico attrezzato per ospitare sorgenti luminose calde (portacandele), probabilmente utilizzato come *banco ottico di Melloni* per lo studio delle proprietà del calore radiante.

Numerosi sono gli strumenti di Ottica, tra cui si evidenzia un bell'esemplare di *disco di Newton*, ancora funzionante, una collezione completa di lenti, prismi, specchi, diaframmi e lampada per banco ottico, uno *spettroscopio di Bunsen* e diversi modelli di camera oscura.

Questa serie di strumenti, in effetti, erano tipici della dotazione di laboratorio degli istituti scolastici e universitari di quel periodo.

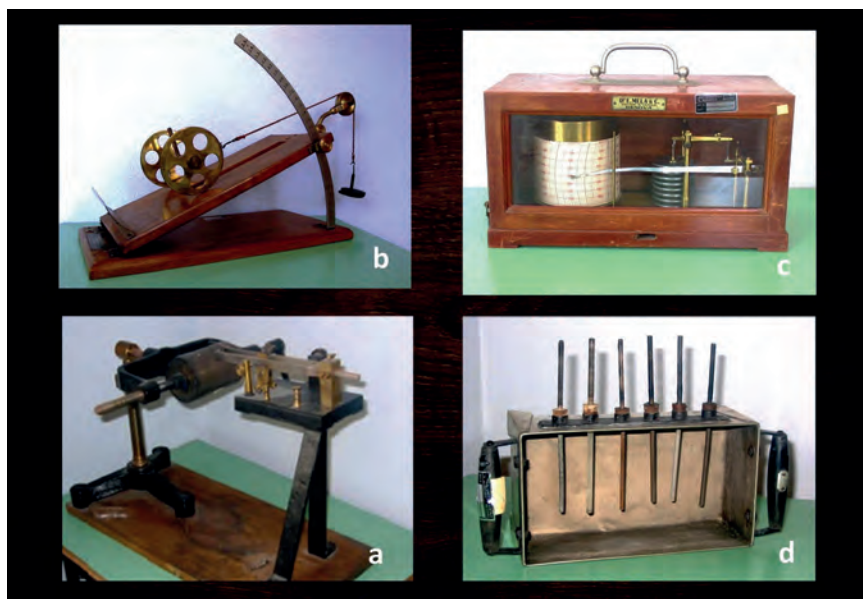


Fig. 3. Collezione storica. a) Vibroscopio di Duhamel; b) Piano inclinato; c) Barografo; d) Cassetta di Ingenhousz

Troviamo interessante sottolineare che, pur tenendo presente l'impostazione della didattica della fisica del tempo, basata prevalentemente sulle dimostrazioni "da bancone", le scuole dell'epoca erano attrezzate con cura e con attrezzature che consentivano di camminare di pari passo con l'evoluzione scientifica e di illustrare ai propri studenti le più recenti scoperte della scienza mediante l'esperienza laboratoriale.

Bibliografia

- Saccà C., Saccà D., Numera P. (2002). *Giuseppe Seguenza Mineralogista, Palentologo, Geologo, Botanico*. Messina: Nephelion.
- Caruso V (2014). *Il Gabinetto di Fisica del Liceo "Seguenza"*, in *Il Liceo Scientifico "Giuseppe Seguenza". Storia Vita e Racconti*, vol. II. Messina: EDAS, pp. 21-29.
- Florio G. (2014). *La dotazione del laboratorio di Fisica del Liceo "Seguenza"*, in *Il Liceo Scientifico "Giuseppe Seguenza". Storia Vita e Racconti*, vol. II. Messina: EDAS, pp. 31-36.

Palmieri's diagometer. A scientific instrument useful to detect adulteration in olive oil

Rosanna Del Monte - Museo di Fisica-Centro Musei delle Scienze Naturali e Fisiche, Università di Napoli Federico II - rdelmont@unina.it
Azzurra Auteri - Associazione "Naturalia" - azzurra.auteri@gmail.com

Abstract: "Il nuovo diagometro per gli oli e pe' tessuti" is a paper, written by Professor Luigi Palmieri, presented at the Reale Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli in 1870. The described instrument aimed to test the quality of the olive oils. About 40 years earlier a certain Rousseau invented a similar instrument, considered by Palmieri to be imprecise and therefore of little use.

The "new" diagometer was instead provided with a bifilar electrometer to measure the electrical conductivity of oils. That allowed to classify the purity of the product and also to pinpoint any potential adulteration.

The Ministry of Agriculture and Industry commissioned the District Agricultural Commission to test Palmieri's instrument during the first Terni oil fair.

The Naples Chamber of Commerce decided to print out an operating manual of the diagometer, in order to make it suitable for olive oil trade.

Part of the instrument is exposed at the Museum of Physics of the University of Naples "Federico II".

Keywords: Luigi Palmieri, Diagometer, Bifilar electrometer, Olive oil adulteration.

1. Introduction

The Museum of Physics of the University of Naples Federico II has a collection of scientific instruments, dating back to the 19th century, designed and made by Luigi Palmieri, professor of Earth Physics and Meteorology at Naples University and director of the Vesuvian Observatory.

One of these instrument is a bifilar electrometer, mainly used to study atmospheric electricity, which presents on its wooden base the engraving: "*Diagometro Palmieri n. 30, 1872*". Since the instrument is an electrometer, what does the writing "diagometro" on it stand for? The presence of such engraving has led us to assume that the electrometer could be part of a more complex instrument. This hypothesis represents the starting point for the following study which aims to analyse the features and functioning of the abovementioned tool.

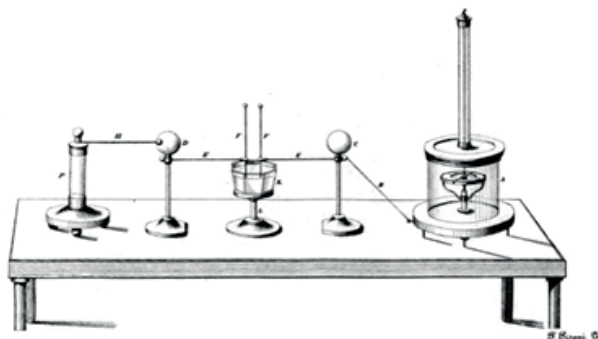


Fig.1. “New diagometer” (1870) by professor Luigi Palmieri, from Palmieri (1871a).

2. Unusual application of the bifilar electrometer

On November 12 1870, at the Royal Academy of Physical and Mathematical Sciences of Naples, Palmieri (1871a, pp.1-11) presented an interesting instrument that he called “nuovo diagometro”, designed to test the quality of olive oil through physical measurements.

The oil was poured into a glass vessel *c*, in which dip two brass rods *FF'*, called “reofori” (conductors). The points of these rods were kept at the same distance apart during the measurement and also at the same distance below the surface. By means of two arms *EE'*, the *reofori* were connected with two insulated balls, *C* and *D*, the former of which was connected with a dry pile *P*, and the latter with a Palmieri’s electrometer (Fig. 1) (Riccio 1878, p. 185). An instrument called “diagometer” (Fig. 2) (Rousseau 1823, pp. 587-590) had been already presented by “un certo Rousseau” (Palmieri 1871b, p 13) in 1823 to the Société de Pharmacie de Paris.

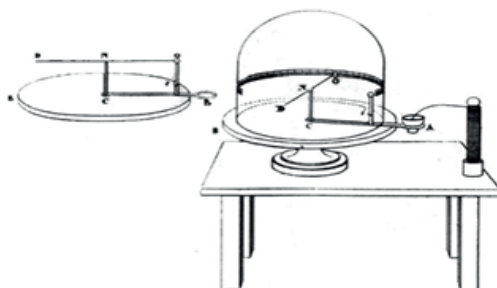


Fig.2. Rousseau’s diagometer (1823), from Rousseau (1823).

It was designed to identify sophisticated olive oil through a scientific method. Therefore, Palmieri called his instrument “new diagometer”. Some considered Palmieri’s work a simple modification of Rousseau’s diagometer. Palmieri disagreed on that because it consisted of an imperfect electroscope, incapable of measurements, while his instrument was equipped with a high precision electrometer (Palmieri 1871b, pp. 13-14), thanks to which he showed that the hypothesis and the method used by Rousseau were incorrect.

Rousseau’s work was based on the great difference in electrical conductivity among various types of oils: low conductivity for pure olive oil, high conductivity, however, for seed oils.

The measurement system was based on the use of a dry pile, whose “force” (electromotive force) was known, an electric conductor and the oil to be examined between them. If it was pure olive oil, no movement of the electroscope needle was observed, while if the oil was mixed with seed oils, the needle had a quick deviation. The conductivity of the oil was measured by the size of the needle’s movement on the circumference of the electroscope and by the time needed to reach the maximum deviation.

Palmieri considered this method inaccurate because at the beginning the needle moved quickly and then considerably slowed down towards the end of the arc. Palmieri therefore assumed that the time taken to measure the maximum deviation provided a false value of the oil conductivity, which was inversely proportional to the time period. The time must be measured within the needle displacement interval of maximum 10° or 12°. Examining different oils, it was possible to observe how the needle’s movement was the same at different time, vice versa at the same time the arcs were different.

3. Analyses of the oils

Using the new diagometer, Palmieri studied the properties of olive and seeds oils, he thus found solutions to unsolved problems until then. For a whole year he conducted experiments and several tests on all vegetal oils. He proved that:

- seed oils had their own conductivity unless they were rancid or tainted.
- in olive oils the conductivity varied according to the pressing, the ripeness of the olives, their origin and the relationship between olein and margarine.
- in the oils the conductivity was, moreover, influenced by the temperature, therefore all the comparisons must be made under the same temperature conditions.

Performing tests at different temperature ranges, he observed that:

- All the oil heated up to 40° had an increment in conductivity, but if they were brought back to starting temperature they reacquired the original conductivity.
- The olive oils warmed up between 60° and 70° and then brought back to the initial temperature were “more insulating” while the seed oils were “more conductive”.

- The olive oils warmed up to 100° and then cooled down were slightly more “conductive” while the seed oils became “more insulating”.

Palmieri therefore assumed that his instrument could certainly be commercially useful to recognize the purity and the quality among olive oils. In particular virgin olive oil (pressing only the pulp) was the most insulating, so the best one. While the oil of the last pressing (olive waste) was more conductive, so the worst one. Generally seed oils presented a very different degree of conductivity from olive oils. An exception was the oil of hazelnuts and pine nuts. They had a conductivity comparable with the best olive oils and they would have been perfect for sophistication if the high cost hadn't made them too expensive.

He concluded that the best oil for the adulteration of olive oil was peanut oil, similar to olive oil in terms of flavour, smell and colour. The presence of peanut oil, however, was detected by the “new diagometer” with no mistakes; this oil, in fact, had a higher conductivity than pure olive oil.

According to Palmieri, studies on oil blends were complex. In fact, the conductivity of olive oil changed with the variation of some parameters such as: pressing, olives' quality and rancidity. In contrast, seed oils were not all good conductors of electricity.

In light of these considerations, Rousseau's work was wrong. Therefore, Palmieri suggested taking a sample of oil and heating it up to 100°. Once that it was cooled down, its conductivity was then compared to the same unheated oil. It was observed that cooked oil was less conductive than raw oil. After 5 or 6 days, if the heated oil was pure olive oil, it became more conductive, if instead it was mixed with seed oils it remained more insulating. With this method, Palmieri thought he found a valid method for solving the problem of oil adulteration.

4. Applications of the new diagometer

In 1871, the Ministry of Agriculture, Industry and Commerce designed a Directive Commission to carry out experiments with Palmieri's new diagometer, during the first Terni oil Fair, and to draft a specific report.

The engineer Emiliano Carnaroli and the student engineer Carlo Cianconi submitted to diagometric measurements all the olive oils present at the fair and classified them according to the categories declared by the producers. On the results obtained from the diagometer, the value 1000 was attributed to the most insulating oil, which was chosen as the standard, and all the others were then reclassified in reference to this value.

The new classification highlighted how in many cases the category declared by the producers did not correspond to reality.

The Commission, established a comparison between the diagometric data and the opinion expressed by some experts on the basis of the organoleptic properties of the oils. Also in this case the results obtained were very positive. Then they examined mixtures in which a few drops of seed oils (flax and sesame) did not alter the smell and the taste of a first-class oil while increasing its conductivity twice. This was admirably detected by the diagometer.

Amazed by these results, Carnaroli and Cianconi (1871, pp. 19-27) expressed full favorable opinion on the validity and reliability of the new diagometer, pointing out its use in commerce. In fact, it was useful both for the producers and the customers.

The President of the Chamber of Commerce of Naples asked Palmieri to send the paper dedicated to the instrument of his invention, accompanied by appropriate modifications and instructions to facilitate its application (Cacace 1871, p. 4).

Palmieri accepted the invitation but rather than sending his previous paper, he preferred to write a detailed instruction, in order to facilitate the use of the instrument (Palmieri 1871c, pp. 5-14).

It was used several times by the Customs to solve issues related to imported oils.

Comm. Bozzoni, head of the Naples Maritime Arsenal, performed experiments with the new diagometer on behalf of the Ministry of the Navy. Bozzoni believed that the new diagometer was the most reliable tool to discover frauds on olive oils for steam engines and weapons. So he ordered its use in all arsenals (Palmieri 1883a, pp.1-4). This experience had international resonance, as can be seen from what was published in the *Revue Maritime and Colonial* of 1872 (Ministère de la Marine et des colonies 1872, pp.375-379).

5. The refinement of the new diagometer

Some scientists at that time believed that the pile of the diagometer was strongly affected by the hygrometric conditions of the environment and that it showed variable charge or even that it was inert in some conditions.

Palmieri replaced the old dry pile with one he invented, described in the 1883 *Nuove lezioni di fisica sperimentale e di fisica terrestre* (Palmieri, 1883b, pp. 276-277).

The new pile, in fact, could maintain a constant electromotive force thanks to the introduction of silk laces which kept it separated and insulated from the glass case and also absorbed the moisture.

He also made other changes such as replacing the “reofori” with metal wires, ending with 2 small cones, introducing two levers instead of globes.

He presented in 1883 to the Royal Institute of Encouragement of Naples a note in which he described these important improvements made to the new diagometer.

Once eliminated the problem of the pile, the diagometer was suitable for measurements even in extremely humid environments: Palmieri in fact used it between the dense clouds and the strong humidity that surround the old Vesuvius Observatory.

The simplicity of use and the extreme precision made the diagometer the best tool available at the time to solve the problem of oil counterfeiting. This explained the national and international interest aroused by the instrument, which was the subject of numerous scientific and economic articles, for about 10 years, as for example *La Provincia di Pisa* (1871), *La Provincia dell'Istria* (1872), *American Scientific* (1878), *Feuilleton de la Presse* (1880).

7. Conclusion

The study on Palmieri's "new diagometer" revealed that this instrument was recognized as an official measuring tool used by various national and international organizations operating in the commercial sector. It also highlighted the skill and foresight of Luigi Palmieri in applying his theoretical studies on conductivity in order to benefit of the economic community. In the second half of the nineteenth century, the scientist gave a serious contribution to the birth of "applied research" which will have its maximum development in the following century.

References

- Cacace T. (1871). *Lettera al Sig. Professore Luigi Palmieri*, in *Istruzione pratica per usare il Diagometro di L. Palmieri pubblicata a spese della Camera di Commercio di Napoli*. Napoli: Stabilimento Tipografico dell'Unione, p. 4.
- Cianconi C., Carnaroli E. (1871). "Relazione intorno agli esperimenti eseguiti col diagometro degli oli presentati alla prima Fiera olearia di Terni". *Atti dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche. Società Reale di Napoli*, 5 (4), pp. 19-27.
- Feuilleton de La Presse, *Causerie Scientifique*, 21 avril 1880.
- La Provincia. *Giornale degli interessi civili, economici, amministrativi dell'Istria ed organo ufficiale per gli atti della società agraria istriana* (1872), Anno VI, n. 13, 1010.
- La Provincia di Pisa. *Giornale politico ufficiale per gli atti giudiziari e amministrativi*, 15 ottobre 1871.
- Ministère de la Marine et des colonies. *Revue maritime et coloniale* (1872). Paris: Challamel Ainé, pp. 375-379.
- Palmieri L. (1871a). "Il nuovo diagometro per gli oli e pe' tessuti". *Atti dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche. Società Reale di Napoli*, 5 (4), pp.1-12.
- Palmieri L. (1871b). "Appendice alla memoria intitolata nuovo diagometro per gli oli e pe' tessuti". *Atti dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche. Società Reale di Napoli*, 5 (4), pp. 13-18.
- Palmieri L. (1871c). *Istruzione pratica per usare il Diagometro di L. Palmieri pubblicata a spese della Camera di Commercio di Napoli*. Napoli: Stabilimento Tipografico dell'Unione, pp. 5-14.
- Palmieri L. (1883a). "Importante perfezionamento arrecato al diagometro Palmieri". *Atti del R. Istituto d'incoraggiamento*, 2 (6), pp. 1-4.
- Palmieri L. (1883b). *Nuove lezioni di fisica sperimentale e di fisica terrestre*. Napoli: Giovanni Jovene libraio-editore, pp. 276-277.
- Ricco A. (1878). "Professor Palmieri's diagometer". *American Scientific. Weekly journal of practical. information, art, science, mechanics, chemistry, and manufactures*, 39 (12), p. 185.

Rousseau (1823). “Sur un diagomètre électrique propre à reconnaître la sophistication de l’huile d’olive”. *Journal de pharmacie et des sciences accessoires*, 12 (9), pp. 587-590.

Macedonio Melloni's induction electrometer

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

Abstract: In 1854 Macedonio Melloni conceived an induction electrometer for the measurement of small charges. This device was based on a property of electric charges, called by Melloni "electrical dissimulation". Melloni discussed this hypothesis with Faraday, who suggested him to make further observations. This device, presented at the Naples Academy of Sciences shortly after his death, was considered useful for educational purposes, but not for research, due to the drawback of retaining the indication of the charge for a long time.

Keywords: Macedonio Melloni, Induction electrometer, electrostatics.

1. Il ruolo degli strumenti nelle ricerche sull'elettricità nell'Ottocento

Tra idea scientifica e strumento esiste una relazione molto complessa. Non solo il secondo è, nell'accezione di Koyré, una "materializzazione del pensiero", prodotta dalla rivoluzione scientifica del XVII secolo, che ha liberato il sapere empirico dal suo isolamento, per porlo nelle mani di intraprendenti artefici del progresso scientifico (Koyré 1967, p. 101); né è solo l'espressione di un atteggiamento della ragione che cerca di attuarsi nella realtà, "oggetto astratto-concreto", misto di noumeno e fenomeno, di cui parlava Bachelard (1975, pp. 141-143). Lo strumento, oltre ad essere un mezzo grazie al quale il pensiero esprime il suo controllo sulla materialità, è anche il modo attraverso cui la realtà si presenta all'idea, anzi, per meglio dire, attraverso cui sono percepiti quei caratteri del reale che costituiscono l'oggetto specifico di una scienza. Esso consente all'attività di concettualizzazione di far presa sull'esistente ed inoltre fornisce al lavoro di ricerca il piano di oggettività su cui gli studiosi possono incontrarsi, cioè possono condividere il proprio approccio all'interpretazione dei fatti scientifici. Lo strumento non è un semplice oggetto: esso incorpora tanto sapere da contrassegnare in maniera specifica l'esito del progetto di esplorazione di un fenomeno, da vincolare la ricerca, da costringere l'interpretazione su una strada obbligata. Vale ovviamente il reciproco: la teoria guida la valutazione dei risultati sperimentali o, se manca, sospende la loro efficacia o la tradisce.

Nell'indagine sull'elettricità tra Settecento e Ottocento questo nesso tra dispositivo e teoria fu avvertito molto chiaramente dagli stessi sperimentatori, perché i fenomeni elettrici potevano essere studiati solo provocandoli tramite artifici, cioè con operazioni eseguite su elementi materiali in laboratorio. Ogni risultato d'indagine presupponeva un lavoro di elaborazione teorica, che preliminarmente definiva i dispositivi strumentali

idonei ad effettuare un certo tipo di interrogazione sui fenomeni. Quest'affermazione è vera per ogni scienza, ma diventava una condizione imprescindibile nelle ricerche sull'elettricità. Inoltre, poiché le sperimentazioni elettriche cominciarono ad essere attuate con metodo solo all'inizio del XVIII secolo, cioè tardi rispetto agli altri campi della fisica, il momento in cui si arrivò a standardizzare le unità di misura e si omologarono gli apparecchi si ebbe alla fine dell'Ottocento; prima di questo momento ogni studioso usava i suoi strumenti, determinava i criteri d'indagine, sperimentava come singolo quella stretta connessione esistente tra sapere tecnico e risultato teorico. Poiché la maggior parte dei fisici lavorava con apparecchi modificati secondo le proprie necessità, la descrizione del corredo tecnico era un elemento immancabile nei resoconti scientifici.

Nelle ricerche sull'induzione elettrostatica eseguite nel 1854 da Macedonio Melloni si può seguire concretamente l'intreccio stabilito nel lavoro scientifico tra riflessione teorica e realizzazione tecnica. Lo strumento era la traduzione delle sue idee. La sua efficacia doveva dare credibilità all'interpretazione della legge fisica, che ne rendeva possibile il funzionamento.

2. Il prototipo dell'elettrometro ad induzione

Le ricerche di Macedonio Melloni (1798-1854), dall'ottica alla termometria, avevano richiesto la messa a punto di dispositivi perfezionati, con i quali effettuare le misurazioni per dare conferma alle proprie ipotesi. Fu ideato con questo scopo il termomoltiplicatore, costruito insieme a Leopoldo Nobili, che sostituì i termoscopi ad aria negli studi sul calore raggianti e un particolare banco sperimentale, che porta il nome di banco Melloni, per misurare l'entità del potere assorbente o riflettente dei diversi materiali per questo tipo di radiazione. Melloni escogitò anche un nuovo metodo per rendere più sensibili i galvanometri astatici e migliorò il magnetometro, utilizzato per le osservazioni sul magnetismo delle rocce vulcaniche (Codastefano, Schettino 1984; Schettino, Trentadue, Peruggi 2015).

Nel 1854 a Napoli, dove si era trasferito accettando l'incarico del sovrano borbonico di dirigere l'Osservatorio vesuviano, ideò, infine, un elettroscopio ad induzione, che sfruttava la distribuzione delle cariche generata su un corpo indotto per rilevare la tensione elettrica. Lo strumento rappresentava concretamente le idee di Melloni, scaturite in quei mesi dalla riflessione sul resoconto fatto da Michael Faraday delle anomalie nella trasmissione degli impulsi elettrici nei cavi telegrafici sottomarini. Su questo tema Melloni aveva anche riferito ai membri dell'Accademia napoletana delle scienze (Melloni 1854b). Ammettendo, secondo le ipotesi di Faraday, che tutti i fenomeni elettrici fossero prodotti dall'azione di particelle contigue, dotate di un definito grado di tensione o polarizzazione, capaci di comunicarsi tale condizione attraverso la scarica, le proprietà di isolare o di condurre derivavano dal medesimo potere induttivo posseduto in gradi diversi dalle varie sostanze: negli isolanti le molecole incontravano maggiore difficoltà ad influire una sull'altra; mentre nei conduttori l'influenza si trasmetteva più rapidamente. I cavi sottomarini si erano dimostrati delle gigantesche bottiglie di Leyda,

nei quali l'armatura interna era costituita dall'anima di rame e quella esterna dall'acqua o dalla terra, mentre tra l'una e l'altra si trovava il rivestimento isolante di guttaperca, sul quale la corrente generava un'"induzione laterale", responsabile del ritardo con cui arrivava il segnale al capo opposto della linea telegrafica. Sul passaggio di corrente, quindi, influiva un effetto elettrostatico, dimostrando quanto le due manifestazioni fossero correlate.

Melloni, seguendo le ipotesi di Faraday, aveva ammesso che la corrente elettrica fosse una successione di modificazioni negli strati molecolari della materia. Questo principio sarebbe stato messo in risalto dal suo elettroscopio ad induzione, come scriveva a Faraday:

Cet instrument [...] aura en outre l'avantage de montrer, si je ne me trompe, que le principe électrique ne rayonne pas comme la lumière et la chaleur, qu'il ne se déplace pas par influence de l'extrémité antérieure à l'extrémité postérieure des métaux isolés, et qu'il se propage réellement dans toute sorte de corps pour une suite de polarisation moléculaires (Melloni 1994, p. 470).

In un'altra lettera al fisico inglese Melloni affermava:

Ayez la bonté d'attendre quelques semaine, et peut-être pourrais-je décider la question de savoir si dans les phénomènes de l'induction et la conducibilité il y a simple polarité moléculaire ou transport réel de fluide électrique de l'une à l'autre extrémité des conducteurs isolés, comme on l'admet encore dans la plupart des traités de physique. Vous comprenez bien que mes espérances de réussite sont essentiellement fondées sur l'appareil thermoscopique [leggi électroscopique] dont je vous parlait tantôt (Melloni 1994, p. 472).

Lo strumento, in altri termini, doveva mostrare l'infondatezza dell'opinione, secondo cui il fluido elettrico si spostava nello spazio: non vi era movimento, ma solo polarizzazione della materia. L'azione di un corpo inducente produceva su quello indotto la dissimulazione della carica di segno opposto sul lato più vicino all'induttore; mentre sul lato opposto quella omologa era libera. La relazione delle cariche di segno opposto sulla superficie dei corpi indotti, consistente in un reciproco vincolo senza annullamento, faceva in modo che gli stessi corpi conservassero il loro stato di elettrizzazione per un lungo intervallo di tempo, finché lentamente la carica non veniva dispersa attraverso l'aria. Tenendo conto di questa proprietà, Melloni aveva realizzato un elettroscopio, che manteneva la deviazione dell'indice per un certo tempo, tanto da consentire all'osservatore di riconoscere agevolmente l'entità della carica. Le prerogative possedute da questo apparecchio lo rendevano adatto alle misure di estrema delicatezza, come quelle relative alla generazione di elettricità durante l'evaporazione dei liquidi o nei processi della vegetazione, casi in cui era stato utilizzato impropriamente il galvanometro. Melloni era convinto che quest'aspetto del comportamento della carica indotta potesse cambiare il modo in cui comunemente veniva descritto il processo d'induzione elettrostatica; pertanto la buona riuscita del suo apparecchio sarebbe stata una prova cruciale della convenienza di attuare una revisione della teoria elettrica.

3. Descrizione dell'apparecchio

L'elettroscopio doveva essere presentato ai membri dell'Accademia reale delle scienze di Napoli nella seduta del 18 agosto 1854, ma Melloni non poté partecipare, ucciso dal colera pochi giorni prima. Una descrizione autografa, anche se incompleta, dell'apparecchio fu ritrovata tra le sue carte e pubblicata postuma (Melloni 1854a).

Il nucleo dello strumento, illustrato nella Fig. 1, era costituito da una piccola tazza metallica A, di diametro interno pari a 22 mm, munita di 2 prolungamenti filiformi DD, che si mantenevano fissi sui bordi opposti della stessa. Al di sotto partiva il filo di rame che, passando in un tubo esterno di vetro, isolato in mastice coibente, terminava in una piccola sfera E e faceva da conduttore della carica. Una seconda tazza metallica capovolta B, di diametro esterno uguale a 16 mm, sospesa ad un filo di seta F di 25 cm, era inserita nella precedente, ma senza che le pareti delle stesse venissero in contatto. Nella parte superiore della tazza mobile era sistemata un'asta metallica CC con la funzione di indice, tenuta alla distanza di qualche millimetro dai bracci paralleli della tazza A. Quando veniva comunicata una carica ad E, essa era trasmessa alla superficie della tazza A e alle sue estremità DD. Per induzione sull'altra tazza B si generava una condizione di polarità elettrica, per cui nelle parti più vicine ad A la carica contraria a quella comunicata risultava dissimulata, mentre quella omologa sembrava accentuarsi sulla superficie piana della tazza B e sull'appendice filiforme CC. Nel corpo inducente A si era verificato un effetto equivalente: sulle pareti più vicine alla tazza piccola B, la carica era senza tensione; al contrario, altrove, risultava libera e tanto più energica quanto più vicina alle estremità DD. Queste allora respingevano l'indice CC della tazza B, che deviava, sottoponendo a torsione il filo di seta F. La lettura degli angoli di deviazione era realizzata su una ghiera forata al centro, in modo tale da inserirsi nel giogo delle due tazze senza ostacolarle. La condizione di equilibrio era riacquistata solo lentamente attraverso la graduale dispersione della carica. L'intera struttura era racchiusa in un cilindro di metallo, di larghezza appena superiore all'estensione dell'indice e con base superiore di vetro, da cui si innalzava una colonnina contenente il filo di seta. Alla sommità di quest'ultima erano state previste due piccole manopole, una per far appoggiare la tazza piccola sull'altra, in caso di spostamento dello strumento, e la seconda per disporre l'indice opportunamente affiancato alle estremità della tazza fissa.

L'Accademia delle scienze nominò una commissione, composta da A. Nobile, V. Flauti e L. Palmieri, per valutare l'apparecchio di Melloni. Questi giudici espressero delle riserve sull'idoneità dell'elettroscopio all'impiego nella ricerca, dal momento che, mantenendo la deviazione dell'indice piuttosto a lungo, non poteva servire per ripetizioni consecutive delle misure. Comunque, la sua singolarità lo rendeva adatto all'uso didattico.

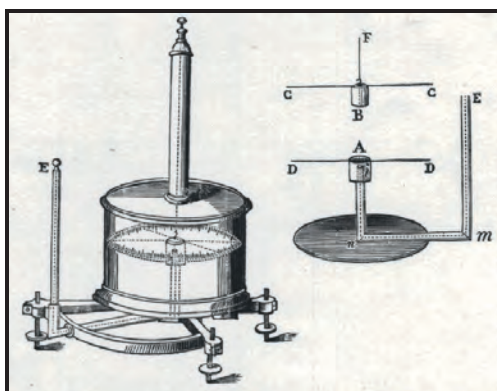


Fig. 1. Elettroscopio di Melloni (1854a).

4. Confronto tra l'apparecchio di Melloni e gli elettroscopi in uso nell'Ottocento

L'elettroscopio di Melloni aveva evidenti analogie strutturali con la bilancia di Coulomb; tuttavia, in quest'ultima il meccanismo che provocava la torsione dell'indice sfruttava la repulsione di cariche comunicate, mentre nell'altro le proprietà dell'induzione. Lo strumento di Coulomb fu utilizzato occasionalmente, nella prima metà del XIX secolo, per ricerche in cui occorreva effettuare la misura di piccole cariche, come nelle esperienze di Becquerel sull'elettricità prodotta dalla pressione di sostanze elastiche o negli studi sull'induzione elettrostatica realizzati da Faraday. Per il resto l'apparecchio venne tenuto nello status privilegiato "d'un instrument fondateur et historique" (Blondel 1994, p. 117).

Nello stesso tempo diversi furono i dispositivi che presero ispirazione da quello di Coulomb, a partire dall'elettrometro condensatore di Peltier. Questo era costituito da un cilindro di vetro, nel quale era inserito, passando attraverso la base di legno, un filamento metallico, curvato orizzontalmente nella parte interna e fornito all'esterno di due dischetti conduttori. Sull'estremità del filo era praticata una piccola cavità, destinata a supportare la punta mediana di un indice orizzontale di ottone. Comunicata la carica all'estremità esterna del conduttore, questo elettrizzava l'indice, che deviava per repulsione. Perché lo spostamento fosse regolare, si aggiungeva un piccolo frammento di ago calamitato. Dal coperchio della gabbia di vetro pendeva un filo d'argento, che reggeva l'indice in bilico sul conduttore. La lettura dell'apparecchio richiedeva circa due minuti; tempo nel quale era facile che ci fossero dispersioni (Volpicelli 1857, pp. 115-118).

Per risolvere gli inconvenienti legati alla scarsa elasticità del filo metallico di sospensione, William Snow Harris nel 1836 aveva usato una coppia di fili di seta, da cui il nome di bilancia bifilare. In questo caso l'indice, dopo aver effettuato la rotazione per repulsione della carica di una pallina elettrizzata, veniva riequilibrato non grazie alla forza di torsione, bensì per effetto della gravità di un contrappeso, agganciato al di sotto della leva. I

due fili di sostegno, con la rotazione, venivano ad intersecarsi e quindi sollevavano l'intero elemento. Successivamente, dal momento che la pesantezza reagiva in senso inverso alla forza repulsiva, descrivendo delle oscillazioni, l'indice tornava in equilibrio. Lo strumento era troppo complicato e non utilizzabile per la misura di cariche tanto piccole da non riuscire a produrre la rotazione dell'ago (Becquerel 1840, pp. 62-86).

Friedrich Dellmann nel 1847 realizzò una nuova variante dalla bilancia di torsione. Nel suo strumento il filo di sospensione era di vetro, mentre l'indice di metallo, nella posizione di stasi, entrava in contatto con le facce opposte di una lamina fissa, piegata a forma di zeta, parallela allo stesso. Se veniva comunicata una tensione elettrica all'asticella, questa e l'indice assumevano carica omologa e si respingevano. L'entità della forza di torsione o la deviazione impulsiva dell'ago venivano utilizzati per ricavare l'intensità della carica. Questo elettrometro aveva l'inconveniente di rimanere insensibile per le cariche, il cui valore era più basso del limite necessario a produrre l'impulso per la deviazione dell'indice.

L'elettrometro di Melloni, che utilizzava l'induzione per rilevare la carica, era sicuramente nuovo rispetto a questi strumenti. Tuttavia, mancando uno studio approfondito e degli esperimenti con cui metterlo alla prova, riscosse scarso interesse tra i fisici.

Esistono solo pochi esemplari dell'apparecchio: il prototipo realizzato dal meccanico Gargiulo e venduto nel 1855 per 50 ducati al Museo del Re (Spadaccini 1995, p. 67), poi confluito nella collezione del Museo di fisica dell'Università partenopea (Gasparini, Pierattini 1996, p. 93), un altro esemplare firmato dallo stesso Gargiulo custodito nel Museo di fisica dell'Istituto tecnico Giovan Battista Dalla Porta-Portio di Napoli ed un secondo nel Museo di fisica dell'Università di Parma, inviato dalla vedova di Melloni, Augusta Bignell, tramite il fratello di Macedonio, Enrico.

Bibliografia

- Bachelard G. (1975). *Il razionalismo applicato*. Bari: Dedalo.
- Becquerel A.C. (1840). *Traité expérimental de l'électricité et du magnétisme et de leurs rapports avec les phénomènes naturels*. Paris: Didot, vol. 5.
- Blondel C. (1994). *La 'Mécanisation' de l'électricité: idéal de mesures exactes et savoir-faire qualitatifs*, in Blondel C., Dörries M. (eds.), *Restaging Coulomb. Usages, controverses et répliques autour de la balance de torsion*. Firenze: Olschki, pp. 99-119.
- Codastefano P., Schettino E. (1984). "Il modo di sperimentare di un grande fisico italiano dell'Ottocento: Macedonio Melloni". *Physis*, 2, pp. 271-301.
- Schettino E., Trentadue L., Peruggi C. (2015). *Macedonio Melloni. Il calore e la luce invisibile*, Parma: Monte Università Parma Editore.
- Gasparini P., Pierattini D. (1996). "Macedonio Melloni e l'Osservatorio Vesuviano". *Le Scienze*, 29 (333), pp. 88-95.
- Koyré A. (1967). *Dal mondo del pressapoco all'universo della precisione*. Torino: Einaudi.
- Melloni M. (1994). *Carteggio, 1819-1854*. Firenze: Olschki.

- Melloni M. (1854a). “Descrizione dell’elettroscopio d’invenzione del Melloni, rinvenuta tra le sue carte”. *Rendiconto della R. Accademia delle Scienze di Napoli*, 3, pp. 82-90.
- Melloni M. (1854b). “Sopra alcuni fenomeni di elettricismo statico e dinamico recentemente osservati da Faraday nei conduttori de’ telegrafi sotterranei e sottomarini”. *Rendiconto della R. Accademia delle Scienze di Napoli*, 3, pp. 30-38.
- Spadaccini R. (1995). *Il gabinetto di fisica del Re. La storia, i documenti*, in Archivio di Stato di Napoli, *Le macchine del re. La collezione Reale nel Museo del Dipartimento di scienze fisiche*. Napoli: Archivio di Stato, pp. 17-68.
- Volpicelli P. (1857). “Sugli elettrometri”. *Atti dell’Accademia Pontificia de’ Nuovi Lincei*, IX, pp. 37-54; 114-124; 253-264; 311-317; 423-431.

3D scientific cultural heritage: stereoscopic images of the early twentieth century

Giovanna Federico - Liceo Classico “G. Garibaldi”, Museo Scientifico, Palermo - giovannafederico@libero.it

Donata Rindone - Liceo Classico “G. Garibaldi”, Museo Scientifico, Palermo - rindonedonatella@gmail.com

Abstract: The Liceo Classico (high school) “Giuseppe Garibaldi” in Palermo, established since 1888, owns an important collection of laboratory instruments, used over time by its teachers for school activities. These instruments, recovered, restored and indexed in recent years, are now exhibited in the Museo Scientifico of the Liceo. Among the historical instruments, the stereoscopic ones, here described, play a relevant role for the didactic use made since the Twenties in scientific and artistic education.

Keywords: stereoscopy, school laboratory instruments, scientific museums.

1. Beni culturali scientifici del Liceo “Garibaldi”

1.1. Istituzione del Museo Scientifico

Le immagini stereoscopiche dei primi del Novecento del Museo Scientifico del Liceo “Giuseppe Garibaldi” di Palermo fanno parte dei beni culturali scientifici del Liceo. Il Liceo è stato istituito come terzo Regio Liceo classico di Palermo nel 1888, come testimonia il primo registro dei verbali custodito nel museo del Liceo; la sede attuale, in via Canonico Rotolo 1, è stata appositamente costruita negli anni Cinquanta, dopo diversi trasferimenti in sedi provvisorie dovuti ai bombardamenti dell’ultima guerra. Ciò nonostante, il Liceo possiede un’ampia strumentazione scientifica, dismessa da molti anni, che è stata recuperata, studiata e catalogata, dal 1996, da un gruppo di noi docenti, su sollecitazione della professoressa Giorgia Foderà Serio, ex-allieva del Liceo, già responsabile scientifico del Museo della Specola dell’Osservatorio Astronomico di Palermo. Questo studio ha portato nel 2004 all’istituzione del Museo Scientifico, del quale il Centro Regionale di Progettazione e Restauro dei Beni Culturali di Palermo ha curato l’istallazione.

1.2. Un preside attento alle novità

L’antico patrimonio scientifico del Liceo, di cui le stereoscopie fanno parte, si deve in gran parte al preside Eugenio Vitrano, come documentano i verbali delle adunanze e l’inventario dell’epoca.

Il cavalier Eugenio Vitruvio, che diresse il Liceo nel secondo ventennio del Novecento, promosse l'uso delle stereoscopie, indicando un'adunanza straordinaria per illustrare la circolare del Ministro della P.I. n. 10, del 1924, sulle «proiezioni luminose, fisse ed animate», che lui definisce «di grande utilità specie per l'educazione scientifica ed artistica, con l'auspicio che i docenti facciano largo uso di un mezzo didattico così attraente ed istruttivo».

2. Stereoscopie e didattica museale

In effetti, la stereoscopia offre alla didattica museale l'opportunità di intraprendere percorsi interdisciplinari relativi a vari concetti, quali: punto di vista e realtà, dimensione e geometria, ottica, prospettiva ed arte, storia dei materiali. Per questo, noi docenti abbiamo realizzato diversi progetti che hanno coinvolto numerosi studenti del Liceo. Oggi, in varie situazioni, si usa la tecnica chiamata "realtà aumentata" che si basa sullo stesso principio della stereoscopia e viene sviluppata grazie ad algoritmi di visione artificiale che creano anch'essi l'illusione di essere in presenza di oggetti in 3D.

3. Teoria della stereoscopia

La teoria della stereoscopia inizia con l'ottica e gli studi sulla visione di Euclide (*Elementi*, libro XI); se ne occuparono Vitruvio (ca. 80 - post 15 a.C.), gli arabi e studiosi del Medioevo finché, nel Rinascimento, si arriva alla formalizzazione della prospettiva grazie all'opera di Piero della Francesca (1416/17-1492), *De prospettiva pingendi*, del 1475, tradotta in volgare da Luca Pacioli (1445-1517). Nel Cinquecento, Giovanni Battista Della Porta (1535-1615) inventa la "camera", uno strumento che con l'ausilio di ombre e specchi crea immagini stereoscopiche per illustrare illusioni ottiche che descrive nel XVII libro del *Magiae naturalis sive de miraculis rerum naturalium*. La diffusione della tecnica nell'Europa Centrale avvenne grazie ad Albrecht Dürer (1471-1528) con la creazione dei prospettografi, macchine matematiche le cui copie, prodotte dall'Università di Modena, costituiscono uno dei laboratori del Liceo Garibaldi. Grazie a queste macchine, Jacopo Chimenti (1551-1640), pittore fiorentino del Cinquecento, produsse le prime coppie di disegni stereoscopici. Leonardo da Vinci (1451-1519) diede un importante contributo, teorizzando i principi della proiezione ottica e, con lo studio del disegno prospettico, inventò lo sfumato, tecnica per differenziare oggetti vicini da quelli lontani e creare la percezione della profondità. Il gesuita belga François de Aguilón (1567-1617) inventa il termine "stereoscopico" e scrive un testo sulle proiezioni stereografiche di Ipparco, con illustrazioni di Rubens (1577-1640), il *De stereographice altero projectionis genere ex oculi contactu* – sesto volume della sua opera *Opticorum libri sex* del 1613 – allo scopo di aiutare architetti, cosmografi, navigatori ed artisti.

3.1. I primi stereoscopi

Nel 1832, il fisico Charles Wheatstone (1802-1875), attraverso gli studi sulla visione binoculare, ideava lo stereoscopio con il quale era possibile vedere immagini tridimensionali a partire da due disegni dello stesso oggetto ottenuti da due punti di osservazione distanziati tra loro quanto i nostri occhi, circa 6 cm.

Le due immagini sono diverse: una con la prospettiva dell'occhio destro, l'altra con la prospettiva dell'occhio sinistro. Per la visione binoculare le due immagini si sovrappongono su uno stesso piano: le coppie di punti uguali si sovrappongono perché hanno stessa distanza reciproca tra loro, le differenze, invece, avendo posizione diverse, appaiono su un altro piano, più avanti o più indietro, restituendo la visione tridimensionale. Sir Charles Wheatstone dimostra che, osservando le immagini attraverso un sistema di specchi e prismi, è possibile produrre artificialmente l'effetto della visione tridimensionale e, nel 1838, presenta il suo strumento alla Royal Society of London. Sir David Brewster (1781-1868), che nel 1816 aveva brevettato il caleidoscopio, nel 1848 realizza una versione semplificata dello stereoscopio con l'uso di prismi. Oliver Wendell Holmes (1809-1894) inventa lo "stereoscopio americano" intorno al 1860, un semplice visore in alluminio, e quindi più economico, che si diffuse in tutto il mondo e fu considerato uno dei maggiori divertimenti del XIX secolo. Nei suoi scritti così si esprime, riguardo alla stereoscopia: «inesauribile ricchezza di dettagli offerta dall'immagine», «la soppressione di tutto ciò che circonda lo spettatore e la concentrazione di tutta l'attenzione che ne risulta producono un'esaltazione paragonabile a quella del sogno».

4. Grande popolarità della stereoscopia

Nella grande Esposizione di Londra del 1851, voluta dal principe Alberto al Crystal Palace progettato da Joseph Paxton ad Hyde Park, la Regina Vittoria che inaugura l'esposizione dimostra grande interesse per la stereoscopia. Ciò contribuì a renderla molto popolare, infatti nel 1856 erano stati venduti già mezzo milione di stereoscopie, malgrado il costo fosse molto elevato. Visto l'enorme interesse riscosso, svariate ditte inglesi, francesi e americane, prima tra tutte la ditta parigina Duboscq & Soleil, produrranno in serie questo modello di stereoscopio che divenne un oggetto molto richiesto dalla borghesia europea e americana.

5. Invenzione della fotografia e sviluppo delle immagini stereoscopiche

Intanto, il 7 gennaio 1839 nasce la fotografia, quando il matematico astronomo François Dominique Arago (1786-1883), divenuto politico, fece riconoscere l'invenzione di Luis-Jacques-Mandé Daguerre (1787-1851), presentandola all'Institut de France. Appena Wheatstone apprese della invenzione della fotografia, commissionò a William Henry Fox Talbot (1800-1877), che aveva studiato la calotipia, immagini doppie spostando la macchina fotografica di 6 cm sullo stesso piano (distanza tra gli occhi), in modo da avere la

stessa immagine da due punti di vista diversi: Talbot pubblica il primo testo con immagini fotografiche. Nel 1852, John Benjamin Dancer (1812-1887), un ottico di Manchester, breveta la prima versione di fotocamera binoculare – fotocamera stereoscopica – dotata di due obiettivi paralleli, posti alla medesima distanza degli occhi umani, che scattavano simultaneamente, così la produzione delle stereoscopie fu semplificata. Negli stessi anni, a Parigi, Achille Quinet (1831-1907) breveta la prima macchina per riprese stereoscopiche, la *quinetoscope*. La London Stereoscopic Company, produttrice di stereoscopie, fondata intorno al 1854 con lo slogan "Nessuna casa senza uno stereoscopio", vendette nei primi due anni di attività 500.000 stereoscopi, arrivando ad avere in catalogo 10.000 soggetti. Dopo 2 anni il numero dei soggetti era salito a 100.000.

6. Perché si diffonde la stereoscopia

Sul perché si diffonde la stereoscopia hanno scritto diversi autori, motivandolo dal punto di vista socio-culturale; probabilmente può essere spiegato con il desiderio della scoperta del mondo che caratterizzò la seconda metà dell'Ottocento, che non tutti potevano permettersi, accontentandosi delle vedute.

[...] con l'invenzione della fotografia i dagherrotipi avevano ingaggiato uno stretto corpo a corpo con la pittura e l'incisione carpandone le tecniche di riproduzione a stampa e sostituendo ad un sistema di produzione meccanico uno fotochimico (Brunetta 1996).

La stereoscopia è "portatrice di una replicazione del reale dove lo spettatore può letteralmente "entrare" nel racconto spaziale (Simone Garagnani, ingegnere, Università di Bologna) (Garagnani 2011).

I racconti dell'epoca descrivono la contemplazione di vedute stereoscopiche. [...] La mente si dirige tastoni nelle profondità stesse della fotografia (Rosalind Krauss, professoressa di Storia dell'arte moderna e contemporanea, Columbia University, New York) (Krauss 1996).

L'invenzione è bella e dilettevole ma non di molta utilità. Perché anche veduta sotto l'aspetto artistico non offre nulla di vantaggioso. Ché se l'artista deve ricordar come vede la natura per ridurla sulla carta o sulla tela, deve pure ricordare e non senza difficoltà anche ciò che vede collo stereoscopio. Per ora è un divertimento d'anticamera; fra giorni sarà un divertimento di piazza (Giacomo Caneva (1813-1865), pittore e appassionato di fotografia) (Caneva 1855).

Migliaia di occhi avidi si chinano sui buchi dello stereoscopio come sulle finestrelle dell'infinito (Baudelaire, 1859).

[...] vedute che espongono il mondo e lo mettono in viaggio proponendo uno spettacolo smaterializzato in grado di viaggiare nel tempo e nello spazio (Giovanni Fio-

rentino, professore di Teoria e tecnica dei media, Università della Tuscia) (Fiorentino 2007).

7. Ambiti di utilizzo della stereoscopia

La stereoscopia venne usata in vari ambiti anche per la documentazione delle guerre. Furono molti gli stereo-fotografi che lavorarono in tutta Europa, tra i quali, in Italia, Francesco Negri, Giacomo Brogi, Giorgio Sommer ed Eugène Sevaistre. Quest'ultimo, fotografo francese che si ferma a Palermo per circa 30 anni, documenta non solo le bellezze della città ma anche le vicende dei Mille in Sicilia e le battaglie a Palermo contro i Borboni. In Italia, i fratelli Alinari assorbirono le raccolte di altri studi, assumendo una posizione predominante particolarmente nella documentazione dell'architettura.

8. La collezione di stereoscopie del Liceo “Garibaldi”

La collezione di stereoscopie del Liceo Garibaldi è composta da immagini su cartoncino di vari ambiti: 90 di ambito geografico, 37 artistico archeologico e 31 tecnologico. Vi sono inoltre allo studio le stereoscopie di anatomia. Lo stereoscopio a colonna del Museo del Liceo “Garibaldi” documenta le immagini della prima guerra mondiale con 60 vedute in vetro. Tra gli oggetti di stereoscopia del Museo vi sono le copie dello stereoscopio di Wheatstone e di Brewster. Le stereoscopie portano lateralmente, a sinistra, la scritta che testimonia la manifattura Keystone; soltanto 82 delle 90 di ambito geografico portano anche la scritta della casa di produzione, Pestalozzi. Sulle stereoscopie sono riportate le date di produzione: 27 di ambito artistico del 1893, 56 di ambito geografico del 1895, 10 di ambito tecnologico del 1900. Tutte portano dalla parte opposta i nomi delle città di produzione, in basso vi sono stampate le notizie sulla foto, in inglese, cui segue la traduzione in italiano scritta a mano; nelle più antiche compare il nome di Benjamin Lloyd Singley che fondò la ditta Keystone nel 1892 a Meadville. Singley era stato venditore per un'altra casa di produzione di stereografie, la multinazionale Underwood, nata 10 anni prima a Ottawa. Nel 1905, la ditta Keystone aprì il suo Dipartimento Educativo, creando prodotti per l'uso in classe, con particolare attenzione agli studi sociali, alla geografia e alle scienze. Molte scuole si dotarono di questi sussidi.

Le vedute stereoscopiche sono testimonianza di arte, del costume e della storia di quel periodo; è possibile studiare e confrontare un monumento attuale con lo stesso riprodotto nella stereoscopia, così come le foto d'epoca sono reperti di tecnologia e storia della cultura materiale (macchine, edifici, tecnologie, arti manuali ecc.) il cui studio può servire a smussare, ancora, l'antinomia tra cultura umanistica e tecnico-scientifica.

8.1 Alcune schede relative alla collezione

Numero inventario antico: 3066

Numero inventario attuale: /

STRUMENTO: GRANDE STEREOSCOPIO A COLONNA CON 60 VEDUTE

Epoca: Inizio '900

Costruttore: /

Materiali: Legno, vetro, bachelite, ottone.

Dimensioni: 10 x 10 x 250 mm [sic]

Stato di conservazione: Ottimo, lo strumento è stato restaurato nell'anno 2006 dal sig. Filippo Mirabello.

Notizie: Dal registro d'inventario più antico, rinvenuto nel liceo, risulta che lo strumento è stato inserito in inventario il 26/06/1928, per £ 30000, con il numero 3066.

Descrizione: Si tratta di un apparecchio ottico per ottenere impressione di rilievo da immagini piane. È costituito da un parallelepipedo in legno con la parte superiore apribile, tramite cerniere, che porta fissato un binocolo. All'interno vi sono le 60 vedute stereoscopiche in vetro della guerra del 1915-1918, ruotabili tramite cremagliera per mezzo di una manopola laterale. È anche possibile regolare la messa a fuoco per mezzo della relativa manopola anch'essa laterale. Le vedute sono formate da due immagini uguali, in modo che una sia vista con l'occhio destro e l'altra con il sinistro. Osservandole contemporaneamente esse convergono in un'unica immagine virtuale, che in conseguenza della visione binoculare appare tridimensionale.

Sulla faccia frontale dello strumento è posta una targa in ottone con la scritta "Scene ed Episodi della guerra Italo-Austriaca - 1915-1918" ed un'altra con la scritta "Luigi Marzocchi-Milano-viale Abruzzi 102".

Uso: Si possono osservare le 60 immagini stereoscopiche della guerra del 1915-1918 ruotando la manopola laterale.

VEDUTE STEREOSCOPICHE

Prop. Riserv. S.L.M. n.1:

Guerra Italo Austriaca Fronte Giulia – Laguna di Grado – Luglio 1916

Osservatorio della Real Marina a Punta Sdobba

Prop. Riserv. S.L.M. n.5

Fronte Giulia – Laguna di Grado- Luglio 1917

Un M.A.S. caccia sommergibili in esplorazione

Prop. Riserv. S.L.M. n.8

Fronte Giulia – Laguna di Grado- Luglio 1917

Idroplano di ritorno da una incursione

Prop Riserv. S.L.M. n.10 Guerra Italo Austriaca Fronte Giulia – Cervignano Azione – Maggio 1917

Effetti del bombardamento austriaco sull'ospedale militare

Guerra Italo Austriaca Fronte Giulia – Carso – Quota 21- Maggio 1917

Trincerone austriaco dopo l'espugnazione

Prop Riserv S.L.M. n.28 Guerra Italo Austriaca Fronte Giulia-Carso- Quota 21- Maggio 1917

Nel trincerone austriaco dopo l'espugnazione

Prop Riserv S.L.M. n.29 Guerra Italo Austriaca Fronte Giulia-Carso- Palude del Lisert- Maggio 1917

Veduta dalla cima di quota 21

Prop Riserv S.L.M. n.33 Guerra Italo Austriaca Fronte Giulja-Carso- Quota 144
Giugno 1917

Truppe di rinalzo sul rovescio nord in fondo q. 208

Prop Riserv S.L.M. n.34 Guerra Italo Austriaca Fronte Giulja-Carso Giugno 1917

Veduta di q.144 dopo i bombardamenti austriaci ai ricoveri del 12 bers.

Prop Riserv S.L.M. n.43 Fronte Giulja-Carso Lago di Doberdo Febbraio 1917

Ricoveri in Dolina sul cru-crib

Numero inventario antico: 3235-3239

Numero inventario attuale: /

OGGETTO: Veduta stereoscopica: Arco Trionfale di Tito. Roma, Italia – 3302

Epoca: inizi '900

Costruttore: B.L. Singley

Materiali: Foto su cartoncino

Dimensioni: 86×178 mm

Stato di conservazione: Buono

Notizie: Dal registro d'inventario più antico, rinvenuto nel liceo, risulta che l'immagine è stata inserita in inventario il 26-06-1928, per £ 6750, prezzo complessivo, con i numeri dal 3235 al 3239.

Soggetto: Veduta dell'Arco di Trionfo.

Descrizione: Cartoncino stereoscopico, viraggio bianco e nero, con didascalia stampata sul bordo inferiore dell'immagine ed è presente sul bordo sinistro la scritta Keystone view company, mentre sul bordo destro Meadville, Pa., St.Louis Mo., Portland, Ore. New York, N.Y., Toronto Can, London, Eng.

Sul retro è presente il bollo della scuola.

Uso: Studio tridimensionale del soggetto.

Numero inventario antico: 3235-3239

Numero inventario attuale: /

STRUMENTO: COFANETTI CON IMMAGINI STEREOSCOPICHE

Epoca: Inizio '900

Costruttore: Pestalozzi Stereographs

Materiali: Cartone e carta fotografica.

Dimensioni: 245 x 11 x 210, 90 x 115x 195

Stato di conservazione: buono

Notizie: Dal registro d'inventario più antico, rinvenuto nel liceo, risulta che le immagini sono state inserite in inventario il 26/6/1928 per £ 6750 con i numeri dal 3235 al 3239.

Descrizione: Si tratta di 5 cofanetti contenenti 267 immagini stereoscopiche, i cofanetti sono di cartone, rivestiti di carta nera.

Due di tali cofanetti portano impresso sul coperchio rispettivamente le scritte: "Pestalozzi – Stereographs – vol. I" e "Pestalozzi – Stereographs – vol. II" e contengono 103 immagini di anatomia. Le immagini (229 x 180) sono formate da due fotografie uguali, prese da angoli leggermente diversi, incollate su un cartoncino. Ogni cartoncino porta un numero di serie, una descrizione in inglese del soggetto, una legenda e sul bordo superiore la scritta: "The Edinburgh Stereoscopic Atlas of Anato-

my". Alcune immagini recano la traduzione interlineare in italiano scritta a mano. Tutte le immagini portano sul bordo sinistro ancora l'indicazione del soggetto, la scritta "Edinburgh Steroscopic Anatomy" e in caratteri più piccoli: "Copyright: T.C. & E.C. Jack, Edinburgh & 34 Henrietta St., London, W C.". Gli altri tre cofanetti portano impresso sul coperchio rispettivamente le scritte: "Pestalozzi – Stereographs ART & ARCHAEOLOGY, GEOLOGY & GEOGRAPHY e TECHNOLOGICAL e contengono: 84 immagini di ambito naturalistico-geografico, 42 immagini di ambito artistico, 38 immagini di ambito tecnologico. Le immagini (178 x90) portano scritto lateralmente: Keystone View Company Manufacturers Publishers Copyright 1903, 1904, 1906 by B.L. Singley Made in U.S.A. da una parte e dalla parte opposta: Meadville, Pa., St Louis, Mo., Portland, Ore. New York, N.Y., Toronto Can., London, Eng. (nelle immagini di ambito artistico e tecnologico) e invece Pestalozzi Educational View Co. New York Paris London, 38 Rue Jean Jacques Rousseau (nelle immagini di ambito geografico). In basso invece portano stampato, da un lato, le notizie sulla foto in inglese e dall'altra parte la traduzione in italiano scritta a mano
 Uso: Si usano per esperienze didattiche-dimostrative.

Bibliografia

- Annali (1964). *Annali del Liceo classico "G. Garibaldi" di Palermo*, vol. 1. Palermo: Stabilimento d'arti grafiche Cappugi & figli.
- Annali (2000). *Annali del Liceo classico "G. Garibaldi" di Palermo*, voll. 35-37, Palermo: Arti Grafiche Flaccovio.
- Annuario (1927). *Annuario del R. Liceo Ginnasio "Giuseppe Garibaldi" di Palermo. Anno scolastico 1925-1926*, fasc. 4. Palermo: Radio.
- Baudelaire C. (1859). *Le public moderne et la photographie. Salon de 1859. Lettres à M. le Directeur de la Revue Française*. In italiano (1948). in *Scritti di estetica*. Firenze: Sansoni.
- Brunetta P. (1996). *Cinema*, in Stajano C. (a cura di), *La cultura italiana del Novecento*. Bari: Laterza.
- Caneva G. (1855). *Della fotografia. Trattato pratico di Giacomo Caneva pittore prospettico*. Roma: Tip. Tiberina.
- Federico G., Rindone D. (2016). *Esperienze didattiche ed antichi strumenti del Museo Scientifico del Liceo Classico "G. Garibaldi" di Palermo*, in Fregonese L., Gambaro I. (a cura di), *Atti del XXXIII Convegno annuale SISFA (Acireale-Catania-Siracusa 4-7 settembre 2013)*. Pavia: Pavia University Press, pp. 227-238.
- Fiorentino G. (2007). *L'Ottocento fatto immagine. Dalla fotografia al cinema, origini della comunicazione di massa*. Palermo: Sellerio.
- Garagnani F. (2011). "La riscoperta della stereoscopia per la rappresentazione dello spazio architettonico". *in_bo. Ricerche e progetti per il territorio, la città e l'architettura*, 2 (2), pp. 23-26.
- Krauss R. (1996). *Teoria e storia della fotografia*. Milano: Mondadori.

Rindone D., Federico G. (2012). *Perché un “piccolo” museo scientifico. L’esperienza di un gruppo di docenti*, in Mantovani R. (a cura di), *Atti del XXX Congresso nazionale SISFA* (Urbino 30 giugno – 3 luglio 2010). Urbino: Argalia, pp. 389-397.

Fonti manoscritte

Palermo, Archivio storico del Liceo-Ginnasio “G. Garibaldi”, *Registro cronologico delle operazioni inventariali del Liceo classico G. Garibaldi di Palermo*.

Palermo, Archivio storico del Liceo-Ginnasio “G. Garibaldi”, *Registro dei verbali di adunanze del Liceo Garibaldi di Palermo dal 22-VII-21 al 14-IV-29*.

Sitografia [data di accesso: 30/06/2019]

[Museo Liceo Classico G. Garibaldi Palermo] URLs:

<<http://museogaribaldi.it/en>>

<<http://museogaribaldi.it/le-vetrine/la-vetrina-di-stereoscopia>>

[François De Aguilón SJ] URLs:

<www.faculty.fairfield.edu/jmac/sj/scientists/aguilon.htm>

<www.historyofinformation.com/expanded.php?id=3611>

[Storia della fotografia] URLs:

<www.fotografareindigitale.com/2012/03/la-storia-della-fotografia-dal-iv-a-c-ai-giorni-nostri/>

<www.giornalepop.it/arte-meccanica-e-precursori-fotografia-1840-1960-i/>

[Stereoscopia] URLs:

<www.archiviostereoscopicoitaliano.it/>

<www.crit.rai.it/eletel/2004-2/42-1.pdf>

[MET, New York: W.H.F. Talbot] URL:

<www.metmuseum.org/toah/hd/tlbt/hd_tlbt.htm>

An astrolabe of Gualterus Arsenius and some gnomonic instruments found in the warehouses of Ursino Castle in Catania (Sicily)

Andrea Orlando - Istituto di Archeoastronomia Siciliana; Fondazione Floresta Longo - orlando@archeoastronomia.com

Abstract: In autumn 2014, during an exploration in the warehouses of Ursino Castle in Catania (Sicily), I found some instruments of astronomy and gnomonic of considerable scientific and historical value, and undoubted artistic beauty. Among them there is the 1566 astrolabe by *Gualterus Arsenius*, one of the most important Flemish builders of the Renaissance period, nephew of *Gemma Frisius*, the Dutch mathematician and cosmographer who taught at the University of Louvain (Belgium). With the rediscovered instrument from Catania the number of astrolabes of Arsenius rises to 28. In addition to the “Catania’s astrolabe”, another fifteen objects were found, including: 7 gnomonic instruments signed by the Catania canonical *Stanislaw Scoto* (XVIII century), 2 topographic compasses (XVI - XVIII centuries), 1 shepherd’s watches, 1 sundial with pocket compass, 2 cubic solar watches signed by David Beringer (end of the XVIII century) and 1 refractive solar clock (probably second half of the XVI century).

Keywords: Astrolabe, Gualterus Arsenius, Ursino Castle, 1566, Biscari Prince, Catania, gnomonic and ancient astronomy, ancient instruments.

1. The discovery of the Arsenius astrolabe

1.1. Introduction

It was the autumn of 2014 when I was exploring the warehouses of the Ursino Castle, and opening a hidden and dusty drawer of a large shelving I found myself in my hands a “brass plate”, a magnificent blackened artefact with inscriptions and stellar, gnomonic and topographical references; it was an indescribable emotion, I immediately realized that I had found an ancient astrolabe. An instrument that from now on can be called the “Catania’s astrolabe”¹ (Fig. 1).

¹ I want to thank first of all Drs. *Valentina Noto*, director of the Ursino Castle, and all her staff for the exquisite availability and assistance received during the numerous study days spent in the warehouses of the Swabian manor. Special thanks go to the photographer *Paolo Conti* and to the restorers *Roberta Ventimiglia di Monteforte* and *Catherine Lemercier*, who have cleaned and restored half of the tools found. Thanks also to the professionals of *Officine Culturali*, and in particular to Dr. *Francesco Mannino* and Dr. *Manuela Lupica*, for having shared the design idea of the exhibition which will be discussed at the end of this article, and to Prof. *Giovanni Strazzulla*, an astronomer and former director of the Catania Astrophysical observatory, for having always supported with great enthusiasm my study on the discovery collection.



Fig. 1. The author with the Arsenius astrolabe found in the Ursino Castle's warehouses (photo by Paolo Conti).

The astrolabe is an astronomical instrument used in the Middle Ages and the Renaissance for astronomical use, mainly to calculate the position of celestial bodies such as the stars, the Moon and the Sun (Orlando 2018). But the measurements provided by the astrolabe also concern other numerous fields of investigation, such as topography, astrology, chronometry and geometry. The astrolabe was the scientific instrument par excellence, emblem of the science of time (Hoskin 2009). The first specimens were built at the end of XI century in the Middle East and, according to Islamic historical sources, *Ibrahim al-Fazārī* was the first Arab astronomer and mathematician to deal with the astrolabe; in this historical period the centers of greatest production of astrolabes were the cities of Harran and Baghdad (Bonoli 2003). In the Renaissance, the construction of astrolabes in Europe reached its peak with the School of Louvain, a small town in Flanders, home to the oldest university in Belgium (Van Cleempoel 2002).

The plane astrolabe is generally composed of 5 parts (Trento 2009): 1) the body or *mater* of the astrolabe, a disc which is bordered by a circular crown called the *margin* or flap; 2) the mother houses the *tympan*s or laminae, generally up to a maximum of nine; 3) the *rete* or arachnoe, positioned above the tympan; 4) the *ruler*, positioned above the rete, and the *alidade* that is placed on the back of the astrolabe; 5) these elements are held together by a *pin* which is usually drilled to fit a locking *horse*.

Finally, a *junction*, formed by a ring, is used to hold the instrument suspended while using it for observations.

1.2. Description of the found astrolabe

The “Catania’s astrolabe” has not come down to us in all its parts, in fact the ruler, the horse, the alidade and the complete set of tympana are missing. However, even if incomplete, the astrolabe found in the warehouses of Ursino Castle remains an instrument of great scientific and historical importance, and of undoubted artistic beauty. Now I want to describe this masterpiece of the Renaissance era. First of all, on the upper part of the mater’s margin, just below the *throne*, there are the name of the author and the year of production: *Gualterus Arsenius Gemma Frisy Nepos Louany fecit 1566*.

On this astrolabe, as well as on all the instruments he built, Arsenius signs *nepos*, that is nephew, of *Gemma Frisius*,² the Flemish mathematician and cosmographer who taught mathematics and medicine at the University of Louvain.

The influence of Frisius is quite evident on the astrolabes made by Arsenius. For example, the astrolabe of Catania bears on its back a particular type of projection already conceived by the Arab astronomer *al-Zarqālī*³ in the XI century and re-proposed by Frisius. It is a universal stereographic projection that allowed the use of the astrolabe at any latitude, hence the designation proposed by Frisius of the *Catholic astrolabe*, in association with the universality of the Catholic faith.

As for the *rete* of the astrolabe of Catania it presents the typical invoice of the Flemish school of Leuven: in it are found in fact engraved forty two stars indicated by ‘snakes’ (artistic pointers) and, inside the ecliptic, the classic *tulip* that is delineated between the intertwining brass. An astrolabe built by *Gerardus Mercator*⁴ in 1545⁵ is the first astrolabe to present this stylistic peculiarity (Turner 1994), which is then found in all the astrolabes of Leuven. Moreover, the fluid style of the incisions of the astro-labe of Catania, almost all in italics, is another of the characteristics of the instruments of Leuven that was introduced by Mercator.⁶

² *Rainer Gemma Frisius* (1508-1555) can be considered the founder of the Dutch geographic school; Frisius was a master of Gerardus Mercator and the most ancient treatment of the principles of triangulation dates back to him.

³ *Abū Ishāq Ibrāhīm ibn Yaḥyā al-Naqqāsh al-Zarqālī* (1029-1087), known in the West also as *Arzachel*, was an Arab astronomer and astrologer famous for having compiled the ‘Tables of Toledo’. His name is also linked to a new and more functional astrolabe: the *universal astrolabe*, later called by the European writers *asaphea* or *saphaea*, from the Arabic *aṣ-ṣafīḥah* “the lamina”.

⁴ *Gerardus Mercator* (1512-1594), Flemish cartographer, mathematician and astronomer; he is famous for having introduced a new cartographic projection system that takes his name. At the University of Louvain he attended the lessons of Gemma Frisius.

⁵ This astrolabe is kept at the Moravska Galerie (Brno, Czech Republic).

⁶ In 1540 Mercator published a treatise on the correct and consistent use of the italics, which immediately proved to be very useful for cartographers and builders of scientific instruments, offering ideal characteristics for writing clearly and elegantly in small spaces. The Mercator’s manual *Literarum latinarum, quas Italicas cursoriasque vocant, scribendarum ratio* was widely followed, by Dutch cartographers for example, and the astrolabes of Louvain were the first to be engraved with cursive characters.

The astrolabe of Catania is equipped with a *tympan* (diameter 312 mm) set in the mother of the instrument. In general, the tympan allowed to perform different calculations and measurements for a given latitude; in the case of the only tympan of the astrolabe of Catania the latitude is of 43° and 50'. The tympan is engraved on both sides. The *throne* consists of two reclining satyrs, male on the left and female on the right, which flank a central shield that incorporates a compass. The throne is mounted on a curved bar attached to the disk by two screws with octagonal heads. The pivot *pin* and the suspension *ring* are present.

The *mater* of the astrolabe has a diameter of 340 mm. The mater's margin is characterized by several graduated scales, essentially linked to the measurement of decigrades, degrees and hours. On the inside of the front of the astrolabe's mater a quadratum nauticum is engraved with the cardinal directions and the names of the winds.

In the back of the astrolabe there is a universal stereographic projection, that is, it can be used at any latitude, a system based on the projection of the celestial sphere described in Frisius's *De astrolabio catholic*. In the projection field there are 22 stars marked by an asterisk, of which 13 in the Northern hemisphere (*Lyra*, *Ursa maior* (7 stars), *Hircus*, *Caput medusae*, *Arcturus*, *Aquila* and *Ophiuchi* but: *dex*), 8 in the Southern hemisphere (*Spica* ♀, *Oculus* ♂, *Cauda* ♀, *Postrema aquae fusae*, *Canicula*, *Orionis finist pes*, *Canis maior*, *Canopus*) and one, the *Cor* ♀, placed on the ecliptic. The ecliptic is graded and contains the 12 signs of the zodiac.

The astrolabes built by Arsenius known until yesterday were 27 in number. With the rediscovered Catania instrument the number of astrolabes of the Flemish builder rises to 28, and Italy becomes the country to keep the largest number (6 against the 5 French). Of the other five Arsenius astrolabes present in Italy one is kept at the Specola museum in Bologna and built in 1565, one is found at the Museum of history of physics of the University of Padua, with the signature of Renerus Arsenius and built in 1566, another not signed and without date is in Castel Gandolfo (Rome), while the other two are kept at the Galileo museum in Florence, in this case they are astrolabes from the *Medici* collections, one built in 1570 and the other in 1572.

It is interesting to note that with the discovery of the Catania astrolabe it can certainly be said that in 1566 Arsenius built 3 astrolabes; the year 1566 therefore becomes a real "golden year", a year of intense production of astrolabes. In addition to the contemporary one of Padua, the other astrolabe built in 1566 is kept at the Archaeological Museum of Madrid, and it is the famous "Philip's astrolabe".⁷

The rediscovered Arsenius' astrolabe was presented to the public during the first date of the VIII edition of the cultural manifestation of astronomy and ancient music⁸ held in the arms room of the Ursino Castle on January 7th, 2018.

⁷ The so-called "astrolabe of Philip", with a diameter of about 60 cm, is the largest astrolabe built by Arsenius.

⁸ The cultural manifestation called "*Alla ricerca dell'astronomia e della musica perduta*" was conceived by the undersigned in 2009; the scientific and artistic direction is edited by the undersigned and by the Maestro *Giuseppe Severini*.

1.3. Biscari Museum and Museum of the Benedictines in Catania

It is not possible at the moment to state whether the astrolabe of Catania was part of the collection of the Biscari museum or that of the museum of the benedictines fathers (Lupica Rinato, Orlando 2017). We know that Ignazio Paternò Castello prince of Biscari was a passionate collector, even of scientific instruments, as is amply demonstrated by the 24 delivery reports (1930) of the prince of Biscari museum to the municipality of Catania (Pafumi 2006). However, neither in the above-mentioned delivery reports nor in the inventories reached up to us, is present the astrolabe found in the warehouses of Ursino Castle.

It must be underlined that the benedictine monks were linked to the astronomical sciences also, and a clear demonstration of that is the construction of the great sundial of the *Church of San Nicolò the Arena*, built by two famous astronomers of the XIX century: the German *Wolfgang Sartorius von Waltershausen* and the Danish *Christian Peters*, who finished the works in 1841 (e.g. Lanciano, Ciccirelli 2017). In the Museum of the Benedictine Fathers we know that in the fourth room there were physical-mathematical instruments also (Bertucci 1846); unfortunately, however, even in this case, from the documents reached up to us, the astrolabe is not reported.

It would therefore seem impossible to solve the mystery of belonging to which museum or collection was part of the astrolabe of Catania. But a clue that could solve the puzzle seems to give it just a piece of the astrolabe: the surviving tympan. This piece is of great interest, in fact, as already noted above, its latitude leads one to think that it was built for someone who lived in Florence, probably for some of the *Medici Family*. We know that in the XIX century the prince of Biscari bought several pieces from antique dealers in Naples, Rome and Florence, so it could therefore be plausible the hypothesis that the “Catania’s astrolabe” was bought by the prince of Biscari in Florence during one of his travels.

2. The other instruments of the rediscovered collection

Together with the Catania astrolabe there are another fifteen instruments of ancient astronomy and gnomonic found in the Ursino Castle’s warehouses. Among them there are the little known collection of 7 gnomonic instruments signed by the Catania’s canon Stanislao Scoto (Pafumi 2012). Scotus was a canon of the Catania’s Collegiate, a character we unfortunately have very little information about: we know the date of death (March 24th, 1758) but not that of birth (Gemmellaro 1843). We also know that Scoto built these hourly quadrants in 1752, and we know that he was a craftsman also appreciated outside the Etna area, given that for the *Sant’Agata church* of Ali, a small town in the province of Messina, the canon built a clock, unfortunately lost (Di Bella 1994).

Among the instruments found there are 10 other artifacts of great scientific interest and historical importance, namely:

- 2 cubic solar watches signed by David Beringer (end of the XVIII century);
- 1 shepherd's watch (without signature or date);

- 1 refractive solar watch (without signature or date, probably from the second half of the XVI century);
- 2 compasses for reliefs (XVI century);
- 1 portable wooden sundial (without signature or date) with a heraldic crest and with the following inscription: "*Ad Elevazionem Poli Siracusam*";
- 1 sundial with pocket compass (probably XVII-XVIII centuries);
- 2 objects in wood and metal alloy, probably one of them is a graphometer (without signature or date).

3. Conclusion

The discovery of the Arsenius' astrolabe opens up new and interesting research scenarios, both in the scientific field, linked essentially to the history of astronomical instruments, and in the humanistic field, mainly related to the history of the collecting of Catania. To tell this discovery, the organization of the exhibition *Celestial mechanisms: from Arsenius to Stanislao Scoto* is planned, to be realized in one of the rooms of the Swabian manor, which I hope can be inaugurated in the next years.

References

- Bertucci F. di Paola (1846). *Guida del Monastero dei PP. Benedettini di Catania*. Catania: Stamperia di Giuseppe Musmeci-Pasquale.
- Bonoli F. (2003). *Nel segno di Aldebaran: l'Islam e la scienza*. Bolzano: Trevi.
- Di Bella S. (1994). *Alì. La Chiesa Madre. La cultura artistica*. Messina: Società Messinese di Storia Patria.
- Gemmellaro C. (1843). *Materiali di una Storia letteraria catanes*. Catania: Società di Storia Patria.
- Hoskin M. (2009). *Storia dell'Astronomia*. Milano: Bur.
- Lanciano N., Cicciarelli E. (2017). *The criticisms of Claudius Ptolemy to Marinus of Tyre in the Geographia and the geographical data of the meridian line of St. Nicholas in Arenis, Catania (Sicily)*, in Orlando A. (ed.), *The Light, the Stones and the Sacred*. Cham: Springer.
- Lupica Rinato M., Orlando A. (2017). "Meccanismi celesti: da Arsenius a Stanislao Scoto". *Agorà*, 61-62, pp. 12-17.
- Mancuso B. (2008). *Castello Ursino a Catania. Collezioni per un museo*. Palermo.
- Orlando A. (2018). "Un astrolabio di Arsenius scoperto nei magazzini del Castello Ursino di Catania". *Incontri*, 23, pp. 7-13.
- Pafumi S. (2006). *Museum Biscarianum, materiali per lo studio delle collezioni di Ignazio Paternò Castello di Biscari, (1719-1786)*. Catania: Alma Editore.
- Pafumi S. (2012). *L'antiquaria di Ignazio V di Biscari: il museo come laboratorio*, in Luise F. (ed.), *Cultura storica, antiquaria, politica e società in Italia nell'età moderna*. Milano: Franco Angeli, pp. 39-69.

-
- Trento P. (2011). *L'astrolabio Storia, funzioni, costruzione*. Viterbo.
- Turner G. (1994). "The three astrolabes of Gerard Mercator". *Annals of Science*, 51, pp. 329-353.
- Van Cleempoel K. (2002). *A catalogue raisonné of scientific instruments from the Louvain school, 1530 to 1600*. Turnhout: Brepols.

The spectroscope *de poche* source of Angelo Secchi's stellar spectroscopy research

Lino Colombo - I.I.S. Inveruno (Mi) - linocolombo1@tin.it

Abstract: A direct vision spectroscope *de poche* will be shown, made by optician Jean George Hofmann of Paris, which is the same type of instrument used by Angelo Secchi in Rome for his initial investigations of stellar spectra.

This spectroscope had been demonstrated at the Academy of Sciences in Paris for Jules Janssen on 6 October 1862.

The circumstances in which Secchi first used his instrument on the Merz 24-cm refractor at the Collegio Romano Observatory, from November 1862, for stellar spectroscopy were related in his book *Le stelle*: “Immediately I had the idea of using it on the stars, by mounting it to our large refractor, thanks to the perfection of our Merz objective lens. The instrument was ordered at once, but did not arrive until December of the same year. Meanwhile Mons. Janssen had come to Rome to study the solar spectrum, and as he had with him one of these small instruments, I begged him to mount it on our refractor, sso we could use it provisionally until my own arrived. He agreed, and we undertook together these first investigations which were presented to the Academy of Sciences in Paris”.

These events, in which Janssen and Secchi mounted the Hoffmann spectroscope on the Merz refractor, were also reported by Secchi: “we were astonished by the magnificent results that were obtained at the first attempt”.

One small tool for Science, one giant leap for Astrophysics.

Keywords: Jules Janssen, Georges Hofmann, Angelo Secchi, spectroscope.

Evocando le origini degli studi spettroscopici in campo astronomico, Angelo Secchi nel 1862 scrisse nelle *Memorie dell'Osservatorio del Collegio Romano*:

Lo studio delle stelle inaugurato già da Fraunhofer è stato ultimamente ripigliato dal sig. Donati di Firenze, [...] questo distinto astronomo confessa che non ha ben potuto distinguere i colori nelle stelle, e poche sono le righe da esso notate [...]. Mentre stava ricercando il miglior modo da ridurre ad atto i miei progetti il sig. Janssen presentava all'accademia di Parigi uno spettroscopio tascabile costruito da Hofmann [...] composto da prismi molto dispersivi, in modo da lasciare al raggio la sua direzione rettilinea producendone però una notevole dispersione (Secchi 1863, p. 121).

Nato nel 1824, l'astronomo parigino Pierre Jules César Janssen era uno scienziato indipendente, non affiliato ad alcuna istituzione, che si era dedicato allo studio spettroscopico.

pico del Sole, deducendo che l'atmosfera terrestre era la principale causa delle bande presenti nello spettro dell'astro, alle quali aveva dato il nome di "raggi tellurici" (Launay 2008, pp. 33-34).

Il costruttore dello strumento era Jean Georges Hofmann, ottico parigino di origini tedesche che aveva lavorato a Parigi con Ignazio Porro e, quando questi aveva lasciato la Francia, aveva creato un suo laboratorio assai qualificato nella lavorazione dei prismi in *rue de Buci 3* (Aubin 2002, pp. 627-628).

Lo spettroscopio *de poche* a visione diretta, a forma di piccolo cannocchiale tasca-bile lungo poco più di 20 cm, fu presentato da Janssen all'*Académie des Sciences* il 6 ottobre 1862. Nella sua "Nota su tre spettroscopi" egli chiariva:

Il raddrizzamento del fascio è ottenuto per mezzo di un prisma composto costruito sul principio di quello di Amici [...] io ho impiegato due prismi di flint extra dispersivi a 90°, facenti corpo con tre prismi di crown tagliati sotto gli angoli convenienti per procurare il raddrizzamento del fascio. Questo cannocchiale gode di un potere dispersivo considerevole, e conserva al fascio quasi tutto il suo potere luminoso, a causa del debole valore della dispersione interna (Janssen 1862, p. 576).

Per studiare i "raggi tellurici" nello spettro solare, il 19 ottobre 1862 Janssen partì per una missione di sei mesi in Italia, portando con sé lo spettroscopio *de poche*.

L'astronomo francese arrivò a Roma a metà novembre e il giorno 19 scrisse alla moglie Henriette: «il reverendo padre Secchi astronomo del collegio Romano – il primo d'Italia – mi accolse come un confratello, mi mise a disposizione il suo grande telescopio, uno dei più grandi d'Europa, io conto di fare qualche studio preliminare sugli spettri stellari» (Launay 2008, p. 38).

Le osservazioni proseguirono nel modo più soddisfacente, il 6 dicembre Janssen scrisse con entusiasmo alla moglie:

Arrivo dall'Osservatorio del Collegio Romano dove ho ottenuto col mio piccolo spettroscopio uno dei risultati più belli e inattesi – lo spettro delle stelle! – ma lo spettro delle stelle con i colori e delle magnifiche righe. Ancora un passo in più e la composizione chimica dell'universo ci verrà rivelata. Ecco come è andata. Padre Secchi [...] è stato così sorpreso e così contento dello spettro lunare che gli ho mostrato, che mi ha proposto di applicare questo spettroscopio al suo grande telescopio per le stelle. Egli ha sostenuto le spese per l'adattamento. Abbiamo quindi puntato il grande telescopio dotato dello spettroscopio verso la stella Vega della Lira e abbiamo visto uno spettro che anche se presentava già i colori (quello che non si era ancora visto nello spettroscopio per le stelle) ma mancante ancora di luminosità. Ho avuto quindi subito l'idea di un cambiamento che fornisse più luminosità e allora abbiamo ottenuto con grande gioia due spettri magnifici e delle righe incontestabili che ci donano indicazioni sulla natura di questi soli lontani. Il padre era più entusiasta di me (Launay 2008, p. 39).

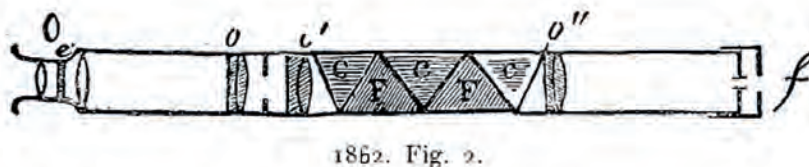


Fig. 1. Schema dello spettroscopio a visione diretta (Janssen 1863a, p. 73).

Nel saggio *Sugli spettri prismatici delle stelle fisse*, sei anni dopo il Secchi ricordava:

Intanto nel novembre di quell'anno medesimo essendo venuto in Roma il sig. Janssen con uno di quei piccoli spettrometri, lo pregai di prestarmelo, onde applicarlo al nostro refrattore di Merz per analizzarvi la luce delle stelle e de' pianeti. Egli acconsentì cortesemente, e furono fatti alcuni primi lavori in comune, che comparvero nel *Bullettino Meteorologico dell'Osservatorio del Collegio Romano* e altrove. Ma la difficoltà di ottenere un libero uso dello spettrometro che il possessore sempre recava seco a casa, senza che io potessi servirmene nelle migliori ore della notte, mi obbligò di aspettare il mio strumento, che giunse, come dissi, in dicembre (Secchi 1868, p. 5).

Una "Nota" sullo spettroscopio a visione diretta, identica a quella presentata in ottobre in Francia, fu presentata il 7 dicembre 1862 all'Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei arricchita dallo schema costruttivo (Janssen 1863a, pp. 73-75), seguita dai primi risultati sugli spettri stellari ottenuti all'osservatorio del Collegio Romano (Janssen 1863b, p. 84).

Col nuovo anno, però, l'intesa tra i due astronomi venne meno. In una lettera del 18 marzo 1863 Janssen lamentava alla moglie Henriette:

Ho avuto l'idea di pubblicare il più presto possibile all'Accademia di Roma i miei lavori [...] una parte del lavoro sulle stelle non è stato interamente completato. Il reverendo padre Secchi, geloso di vedermi ottenere così tanti risultati, e avendo imparato dalla mia scuola come fare questi studi, mi ha informato tutto a un tratto che non poteva più prestarmi il suo telescopio, e si è messo all'opera per terminarli lui per pubblicarli su un giornale tedesco, non osando farlo né a Roma né a Parigi. Questo atteggiamento sleale ha acceso l'indignazione, i miei amici me lo hanno comunicato ma io ho ritenuto di non farne un pubblico scandalo. Io potevo provare la sua perfidia a Parigi e smascherarlo, ma la maggior parte degli studi risulta dalla pubblicazione che ho fatto. Padre Secchi è prete e gesuita, fa parte dell'alto clero di Roma. Se in Francia si sapesse che qui lo sostengono, non durerebbe molto. Il Governo lo sa ma non la popolazione! Io faccio delle buone cose per cui persone in una posizione superiore prendono ciò che possono per adornarsi [...] il segretario dell'Accademia che detesta il padre Secchi farà rapporto all'Accademia, dove dirà che sono stato io a introdurre l'analisi spettrale celeste a Roma e che mi si devono i metodi di osservazione (Launay 2008, pp. 40-41).

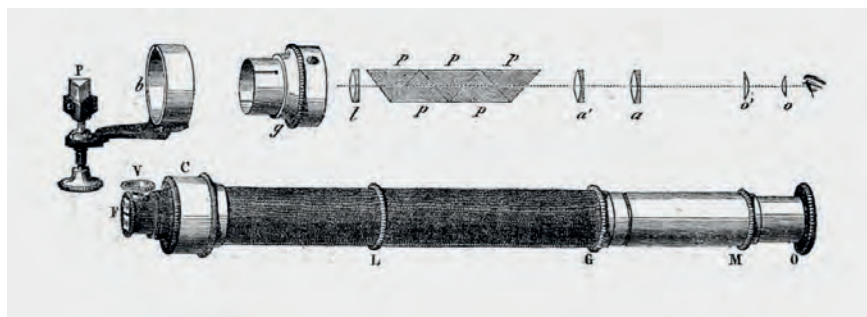


Fig. 2. Lo spettroscopio *de poche* presentato da Jean Georges Hofmann all'Esposizione universale di Parigi del 1867 (Moigno 1867, p. 720).

Janssen rientrò a Parigi nell'aprile del 1863 e presto si instaurò una polemica tra l'astronomo e il costruttore Jean Georges Hofmann sulla paternità dello strumento: Hofmann pubblicò sulla rivista settimanale di scienze *Les Mondes* del 25 giugno 1863 che «lo spettroscopio di cui si serve abitualmente Janssen è suo nel senso che lo ha pagato, io l'ho costruito per tentativi» (Hofmann 1863, p. 554). Janssen rispose sullo stesso giornale il 16 luglio seguente:

Hofmann ha costruito questo piccolo apparecchio sui miei disegni e con le mie indicazioni giornaliere, che sono state numerose, dato che Hofmann non le recepiva con facilità [...] Quando Hofmann si dice l'inventore dello spettroscopio, abusa della fiducia che ho avuto in lui come costruttore, fornendogli tutti i disegni e i modelli (Janssen 1863c, p. 636).

Negli anni successivi, Jules Janssen con i suoi studi seppe guadagnarsi una tale stima da convincere il Governo a creare l'osservatorio astrofisico di Parigi nel castello di Meudon nel 1875, di cui resterà direttore fino alla morte nel 1907 (Launay 2008, pp. 121-145).

Nel 1923 Antoinette, l'unica figlia di Janssen, donò al *Conservatoire National des Arts et Métiers* (CNAM) di Parigi tre strumenti inventati dal padre, tra cui lo spettroscopio a visione diretta del 1862 (Launay 2008, pp. 7-8). Purtroppo tale spettroscopio non compare nelle collezioni del museo e l'indagine condotta recentemente dal responsabile del settore non ha dato risultati.



Fig. 3. Lo spettroscopio *de poche* su piedistallo, lunghezza 220 mm, diametro massimo del tubo 26 mm (collezione dell'autore).



Fig. 4. Lo strumento scomposto nelle sue parti principali: si notano la fenditura, il collimatore (spoglio del rivestimento in pelle), il gruppo formato dai cinque prismi (in alto) e l'ottica di osservazione con l'oculare Ramsden munito di scala graduata; sui due prismi di vetro flint è graffiata la data 1876.



Fig. 5. La firma del costruttore in caratteri gotici: «D.^r J. G. Hofmann Paris».

Bibliografia

- Aubin D. (2002). "Orchestrating Observatory, Laboratory, and field: Jules Janssen, the Spectroscope, and travel". *Nuncius* 17 (2), pp. 615-634.
- Hofmann G. (1863). "Spectroscope à vision directe", *Les Mondes revue hebdomadaire des sciences*, 1 (25 giugno), p. 554.
- Janssen J. (1862). "Note sur trois spectroscopes". *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, 55 (6 ottobre), pp. 576-578.
- Janssen J. (1863a). "Note sur de nouveaux spectroscopes". *Atti del Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei*, 16, pp. 73-75.
- Janssen J. (1863b). "Note sur le spectres stellaires". *Atti del Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei*, 16, p. 84.
- Janssen J. (1863c). "Réponse de M. Janssen à M. Hoffman", *Les Mondes revue hebdomadaire des sciences*, 1 (16 luglio), p. 636.
- Launay F. (2008). *Un globe-trotter de la physique céleste: l'astronome Jules Janssen*. Paris: Vuibert - Observatoire de Paris.
- Meschiari A. (2011). "Il prisma a visione diretta per spettroscopio. Una questione di priorità tra Dujardin e Amici?". *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 66 (2), pp. 297-304.
- Moigno F. (1867). "Une médaille de bronze!". *Les Mondes revue hebdomadaire des sciences*, 14, pp. 717-726.
- Nath B.B. (2013). *The story of Helium and the Birth of Astrophysics*. New York: Springer.
- Secchi A. (1863). "Sugli spettri prismatici della luce de' corpi celesti". *Memorie dell'Osservatorio del Collegio Romano, Nuova Serie*, II (16), pp. 121-128.
- Secchi A. (1868). *Sugli spettri prismatici delle stelle fisse*. Roma: Tipografia delle Belle Arti.
- Secchi A. (1877). *Le stelle. Saggio di astronomia siderale*. Milano: Fratelli Dumolard.

Angelo Secchi and the “Mean Time”

Maria Luisa Tuscano - SISFA - mltuscano@gmail.com

Abstract: The educational action of Fr. Angelo Secchi in social sphere also concerned the mean time adopted in network systems that required a precise time coordination. The astronomer, responsible for the hour service in the Observatory of the Collegio Romano, was an active witness of the introduction of the mean time in Roman clocks, of the subsequent unification in the papal territory and finally in the Italian one.

On the other hand, the study of geomagnetic phenomena on a planetary scale, in which Secchi would have had a primary role, had already requested the analysis of simultaneous events expressed in the mean time of Göttingen established in 1836. Aware of the need to explain the prerogatives and the potential of the mean time, Angelo Secchi sometimes concluded his lectures with the design of a meridian line or a sundial in which one or more analemmas related to the Equation of Time were inserted.

Keywords: Secchi Angelo, mean time, sundials.

1. Introduzione

Nei *Principi di Astronomia*, compilati nel 1862 per le Scuole del Collegio Romano, Angelo Secchi (1818-1878) scrive sulla misura del tempo:

Una esatta misura del Tempo è il fondamento di tutta l’Astronomia: essa si desume dalla rotazione della sfera celeste, che è uniforme.

Dopo avere declinato le peculiarità del tempo siderale, Secchi descrive il tempo solare e la sua variabilità rispetto al tempo siderale concludendo, secondo rito, con la definizione di giorno solare medio, uniforme per convenzione. Un iter, questo, congeniale a un testo didattico, corroborato da disegni esplicativi, che introduce ai primi lineamenti della misura del Tempo sia naturale che convenzionale:

[...] un orologio esatto non può andare col sole; ma ora ritarda ora anticipa: gli astronomi hanno determinato accuratamente tali irregolarità onde applicando cotali correzioni possiamo avere il tempo solare uniforme, o, come dicono, medio; che serve a regolare gli orologi, mediante la determinazione del tempo vero, cioè il tempo che indica il sole.

Un percorso espositivo che coglie l'opportunità di introdurre gli elementi astronomici con risoluzione trigonometrica di triangoli sferici, in cui l'altezza e la declinazione del Sole insieme alla latitudine del luogo costituiscono i parametri fondamentali.

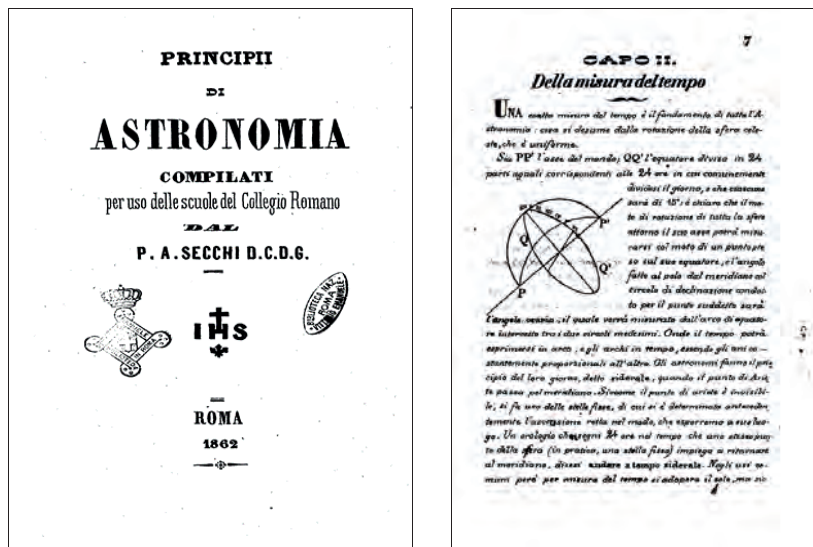


Fig. 1. Frontespizio dei *Principi di Astronomia* di Angelo Secchi e pagina iniziale del capitolo *Della misura del tempo*.

L'astronomo non manca, per quanto riguarda le osservazioni al piano meridiano, di evidenziare anche i problemi di natura strumentale soffermandosi sugli errori di collimazione, d'inclinazione e azimutali nonché sulle relative correzioni.

Infine, egli correda il capitolo sulla misura del tempo di un'appendice dedicata alla gnomonica, in cui si sofferma sulle tipologie fondamentali degli orologi solari piani.¹

2. Angelo Secchi e il Tempo medio

Educatore piuttosto che divulgatore, Angelo Secchi intuisce la difficoltà nell'ambito sociale – in cui è ancora presente il brusio della disputa tra tempo all'italiana e tempo astronomico – di una consapevole adozione del tempo medio che per sua connotazione risulta ancor più astratto di quello riferito ai cicli naturali. Tanto più perché la convenzione originaria acquisisce un più alto grado di complessità quando deve confrontarsi con il problema della simultaneità degli eventi e, per le esigenze dei sistemi a rete, adottare lo stesso orario in orologi di diversa ubicazione.

¹ Come si scriverà nel seguito, Secchi è consapevole dei limiti di precisione di uno strumento gnomonico, tuttavia riconosce a questa branca di studio un peculiare valore formativo.

Angelo Secchi è testimone fattivo di tutto il percorso evolutivo del tempo medio. Responsabile dal 1847 del servizio dell'ora nell'Osservatorio del Collegio Romano, facendo realizzare un pallone simile a quello dell'Osservatorio di Greenwich, collegato telegraficamente con il pendolo regolatore della struttura astronomica, egli segnala dal timpano della Chiesa di S. Ignazio il mezzogiorno medio a Castel Sant'Angelo da cui è comunicato alla città con un colpo di cannone.² L'orario del Collegio Romano sarà esteso in forma unificata a tutto lo Stato pontificio per il corretto funzionamento delle strade ferrate e, per lo stesso motivo, adottato con Regio Decreto del 22 settembre 1866 dal Regno italiano quattro anni prima dell'annessione di Roma.

Studio di geomagnetismo, Angelo Secchi si allinea agli astronomi di Brera che, su richiesta di Gauss (1777-1855), conducono ricerche nel settore e promuove la costruzione di un Osservatorio magnetico sul tetto della Chiesa di S. Ignazio, entrando nel vivo del dibattito internazionale in cui già dal 1836 è stata adottata un'ulteriore convenzione sul tempo medio (Tagliaferri, Tucci 1990; Altamore 2012). Com'è noto, lo studio delle variazioni periodiche geomagnetiche, nato originariamente nel cuore dell'Europa, si è prodigiosamente esteso a tutti i continenti, grazie ad un'articolata rete di stazioni strumentali. Nel Congresso magnetico del 1836 si decide che i dati rilevati devono essere trasmessi al centro di raccolta secondo il Tempo medio di Gottinga. Secchi loderà l'iniziativa anche se i suoi studi richiederanno pure l'adozione del tempo solare vero.

[...] L'osservatorio magnetico di Gottinga divenne tipo di tutti gli altri, e in tutti si usava di fare le osservazioni al tempo medio di Gottinga per uniformità di computo, eseguendo tutto colla precisione delle osservazioni astronomiche. Le prime conclusioni dedotte dai nuovi studi furono importantissime. Fu confermata la simultaneità delle perturbazioni in paesi assai lontani; l'influenza delle aurore boreali anche lontane od invisibili nel luogo di osservazione; quella delle stagioni, e delle varie ore della giornata (Secchi 1855, p.7).

[...] Che se si abbia riguardo alle diverse longitudini geografiche dei luoghi, si vedrà spesso riprodotta alla stessa ora di tempo locale in America, e anche nell'altro emisfero una perturbazione osservata in Europa benché non sempre nel medesimo grado d'intensità. Questo risulta da un ampio confronto di molte osservazioni di perturbazioni straordinarie osservate a Hobartton e a Toronto, e ne vedremo appresso più sviluppate le diverse importanti particolarità. Il riconoscere questa legge nelle perturbazioni straordinarie riusciva più difficile atteso che esse accadono in diverse ore del giorno, e senza troppa regolarità. A stabilir questo fatto ha eminentemente contribuito l'uso del tempo medio di Gottinga stabilito negli osservatori, ma ora parrebbe più conveniente abbandonare un tal uso, e invece adoperare il tempo solare vero del luogo (Secchi 1855, p. 19).

Il tempo medio è ormai proiettato su scala planetaria e Secchi ne è consapevole anche se non assisterà all'epilogo con la Convenzione dei fusi orari. Come educatore egli veicola

² Una dettagliata descrizione di questo pallone di tela con armatura di ferro è data dallo stesso Angelo Secchi (1877) (vedi anche Tuscano 2012).

questa realtà oraria nel territorio ma soprattutto intende darne consapevolezza ai non addetti ai lavori. Gli strumenti opportuni saranno le meridiane e gli orologi solari al cui studio Secchi, come già scritto, dedica un'appendice nei suoi *Principi di Astronomia*. Nel loro progetto, ove possibile, l'astronomo inserisce gli analemmi del tempo medio, soprattutto se la loro ubicazione è prossima ad una struttura scolastica o meteorologica, come nel caso dell'orologio di Alatri e della meridiana di Grottaferrata.

3. Meridiane e orologi solari a tempo medio di Angelo Secchi

Gli strumenti gnomonici, meridiane e orologi solari, progettati da Angelo Secchi e attualmente individuati, nonché studiati, sono otto di cui uno non è più reperibile se pur testimoniato da fonti documentarie.³ Essi segnano una presenza ricorrente nel territorio dell'astronomo motivata da esigenze professionali, da interessi culturali per gli scavi archeologici nonché dalle frequenti richieste di conferenze sull'astronomia. In due orologi solari e in due meridiane sono inseriti gli analemmi del tempo medio.



Figg. 2. e 3. A sinistra, orologio solare progettato dagli astronomi Secchi e Donati per il prospetto del Municipio di Augusta. A destra: la targa commemorativa. (cortesia di Salvatore Rinaudo)

Il primo strumento a tempo medio ad opera di Secchi è quello di Augusta, datato 1870 e progettato insieme al collega Giovan Battista Donati (1826-1873), a ricordo della spedizione scientifica in Sicilia per l'osservazione dell'eclissi totale di Sole del 22 dicembre.⁴ Il quadrante è collocato sul prospetto del Municipio rivolto a sud, simmetricamen-

³ Le meridiane progettate da Secchi si trovano due a Grottaferrata e una terza a Cosenza; gli orologi solari invece a Boville Ernica, Alatri, Augusta e Galliciano. La meridiana scomparsa era stata realizzata a Sezze.

⁴ La città di Augusta era una delle località interessate dalla fase totale del fenomeno.

te alla lapide commemorativa. Le linee orarie indicano l'ora vera locale e attorno a quella del mezzogiorno è disegnato l'analemma del tempo medio locale.⁵

Proseguendo cronologicamente, si perviene all'orologio solare di Alatri, datato 1875, al cui progetto Secchi, però, lavora già dal 1867 (Mantovani 1996). L'occasione di trovarsi ad Alatri nasce dall'incarico dato dal papa Pio IX all'astronomo, appassionato cultore di archeologia, di seguire gli scavi per rintracciare i resti dell'antico acquedotto romano. Secchi collabora con l'ingegnere Giuseppe Olivieri e incontra il professore Bellicampi delle Scuole Pie, rinomato convitto ospitato nell'antico palazzo Conti Gentili (Secchi 1865). Nasce l'idea di un orologio solare di grandi dimensioni per il prospetto dell'edificio, in cui, peraltro, dal 1870 s'insedierà l'omonimo liceo, e Secchi ne coglie l'opportunità per evidenziare il tempo medio convenzionale.

L'astronomo conosce i limiti di uno strumento gnomonico rispetto alla moderna strumentazione astronomica,⁶ tuttavia, il grande formato previsto permette l'inserimento dell'analemma del tempo medio per diverse linee orarie e una chiara visualizzazione dell'indicazione oraria, sia vera che media convenzionale. Il progetto gnomonico sarà stilato dall'astronomo e l'esecuzione diretta dall'ingegner Olivieri.

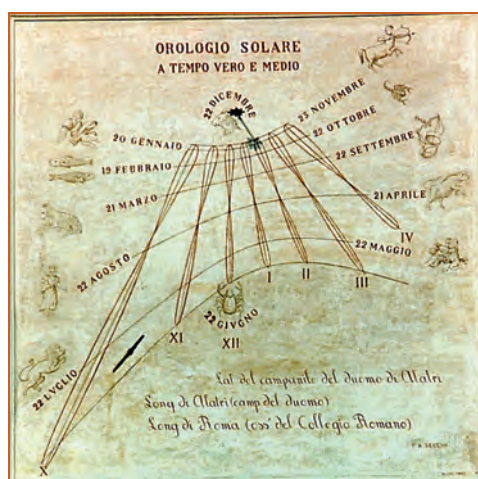


Fig. 4. Orologio solare di Alatri. (cortesia di Roberto Mantovani).

⁵ Il Regio Decreto del 22 settembre 1866, in deroga all'adozione del Tempo medio nazionale, stabilì che la Sicilia (ancora priva di una estesa rete ferroviaria) dovesse adottare il Tempo medio di Palermo. Questo orario, inserito nell'orologio di Augusta, non sarebbe stato significativo nel contesto internazionale della spedizione scientifica. Inoltre, i risultati osservativi dell'eclissi nelle diverse località furono espressi in tempo medio locale.

⁶ «Oggidi l'applicazione dei mezzi ottici somministra a mille doppi maggiore in dimensioni comparativamente minime. Così p.es. un cannocchiale lungo mezzo metro, darà più esattezza nell'osservazione del Sole che lo sterminato gnomone di Santa Maria degli Angeli in Roma o di Santa Maria del Fiore a Firenze» (Secchi 1859, p. 3).

L'orologio solare di Alatri (4,60 x 4,80 metri), rivolto a sud ovest, presenta sette linee orarie per l'ora vera locale secondo il sistema europeo, accompagnate dagli analemmi per l'ora media del Collegio Romano, ora ufficiale d'Italia. Le curve ad otto fanno riferimento a una longitudine diversa da quella locale e pertanto ad altre rette orarie calcolate ma non disegnate. Sono, inoltre, presenti le linee calendariali in coincidenza dell'entrata del Sole nei segni zodiacali. Il valore didattico dello strumento è ovvio aprendo possibilità di riflessioni sugli aspetti costruttivi legati alle peculiari condizioni astronomiche.

A Grottaferrata sono infine presenti due meridiane a tempo medio calcolate dal Nostro, la prima, datata 1873, nel cortile di palazzo Santovetti e la seconda, datata 1876, nell'atrio dell'Abbazia di San Nilo; entrambe nascono da supporto alla stazione meteorologica fondata da Secchi e gestita dai monaci basiliani.

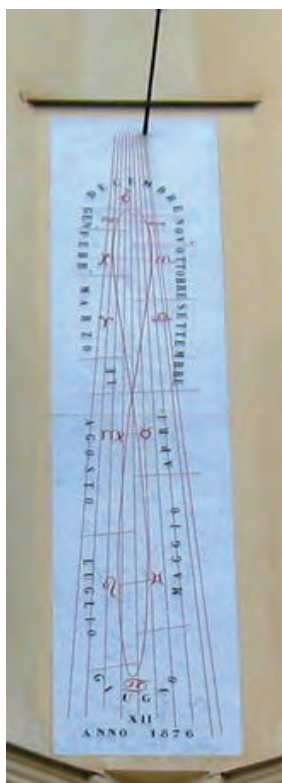


Fig. 5. Meridiana dell'Abbazia di San Nilo.
(foto di Maria Luisa Tuscano)

Quella di palazzo Santovetti, incisa su una lastra di marmo e in attesa di adeguato restauro, propone una linea meridiana a tempo vero locale, accompagnata dall'analemma del tempo medio contornato dai nomi dei mesi (Guerrieri 2014).

Perfettamente osservabile è invece la meridiana dell'Abbazia di San Nilo, anche se in copia conforme all'originale di cui, però, è custodito il disegno autografo di Secchi nell'annesso Archivio Storico Statale, dopo il restauro nel 2004 dell'edificio. Lo strumento realizzato pure su marmo e collocato nell'angolo tra due pareti verticali del cortile, presenta la linea meridiana a tempo vero locale, affiancata da linee per frazioni orarie di 5 m, nonché l'analemma del tempo medio con i relativi mesi.

Il progetto con i calcoli di questa meridiana è consultabile nel manoscritto autografo di Angelo Secchi individuato nel fondo Secchi dell'APUG (Tuscano 2012, p.268).

4. Conclusioni

L'operatività di Secchi per il tempo medio, nel contesto professionale e in quello educativo, costituisce un'ulteriore testimonianza di un'indole partecipe delle esigenze dello stato sociale dell'epoca. In questo spirito egli scrive: «La scienza cammina e a passi da gigante, e perché il nostro paese non resti indietro agli altri è mestiere di progredire» (Bollettino Ufficiale Ministero PI, 1874).

Bibliografia

- Altamore A., Ptilsyna N.G. (2012). *Il primo osservatorio geomagnetico d'Italia*, in Altamore A., Maffeo S. (a cura di), *Angelo Secchi. L'avventura scientifica del Collegio Romano*. Foligno: Quater Edizioni, pp. 177-186.
- Chinnici I., Gramatowski W. (2001). «Le carte di Angelo Secchi conservate presso l'archivio della P. Università Gregoriana. Un inventario inedito rivisitato». *Nuncius*, 16 (2), pp. 571-627.
- Guerrieri M.A. (2014). *Le meridiane del Secchi a Grottaferrata: interventi e restauri*, in Tuscano M.L. (a cura di), *Atti del XIX Seminario Nazionale di Gnomonica*. Palermo: Visiva, pp. 114-120.
- Mantovani R. (1996). *Il liceo "Conti Gentili". Introduzione storica*, in Mantovani R. (a cura di), *Il filo del tempo: l'antico laboratorio fisico Instrumenta Selecta*. Alatri: Arti grafiche Tofani, sec. ristampa, pp. XVII-XXII.
- Secchi A. (1859). «Discorso sui recenti progressi dell'Astronomia». *Giornale Arcadico di Scienze, Lettere ed Arti*, 160.
- Secchi A. (1865). «Intorno ad alcuni avanzi di opere idrauliche antiche rinvenuti nella città di Alatri». *Giornale Arcadico di Scienze, Lettere ed Arti*, nuova serie 41.
- Secchi A. (1877). *L'Astronomia in Roma nel pontificato di Pio IX*. Roma: Tipografia della Pace.
- Secchi A. (1855). «Sulle variazioni periodiche del magnetismo terrestre», *Atti dell'Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei*, 6, anno IV, sess. 1.
- Tagliaferri G., Tucci P. (1990). *Gli studi sul magnetismo terrestre in Italia tra il 1830 e il 1880*, in Ballio A., Paoloni L. (a cura di), *Scritti di storia della scienza: in onore di Giovanni Battista Marini-Bettòlo nel 75° compleanno*. Roma: Accademia nazionale

delle scienze detta dei XL, pp. 329-342 (incluso in *Rendiconti della Accademia nazionale delle scienze detta dei 40. Memorie di scienze fisiche e naturali*, Ser. 5, vol. 14, t. 2, pt. 2).

Tuscano M.L. (2012). *Angelo Secchi e la Gnomonica*, in Altamore A., Maffeo S. (a cura di), *Angelo Secchi. L'avventura scientifica del Collegio Romano*. Foligno: Quater Edizioni, pp. 255-273.

HISTORY AND ASTRONOMY

Italian astronomers @ IAU: the contribution and the role of the Italian astronomers inside IAU from the foundation to the second post-war period

Antonella Gasperini - INAF Arcetri Astrophysical Observatory -
antonella.gasperini@inaf.it

Valeria Zanini - INAF Astronomical Observatory of Padua -
valeria.zanini@inaf.it

Mauro Gargano - INAF - Astronomical Observatory of Naples -
mauro.gargano@inaf.it

Abstract: The Italian astronomers were involved in the birth of the IAU as early as 1919. Astronomers from all over the world met in Brussels for the first time on July 1919 and Annibale Riccò, the Director of Catania Observatory, was appointed Vice-President of the Executive Committee. During the conference, Riccò invited the IAU Committee to hold its first General Assembly in Rome, the native country of Galileo Galilei and Angelo Secchi, pioneers of modern astronomy and astrophysics. Unfortunately, Riccò didn't see realized his desire, because of his unexpected death; his role was entrusted to Antonio Abetti, Director of the Florence Observatory. After him Vincenzo Cerulli of the Teramo Observatory, Giorgio Abetti, son of Antonio and his successor at the direction of Florence Observatory, and Emilio Bianchi, Director of Brera Observatory, were appointed at the same office until 1952 when the VIII IAU General Assembly was again held in Italy, thirty years after the first one and in the same place: Rome.

This presentation will analyze the contribution and the role of Italian astronomers to the development of the International Astronomical Union until the Second World War.

Keywords: IAU, Italian Astronomers.

1. In preparazione della Conferenza di Bruxelles del 1919

L'Unione Astronomica Internazionale fu fondata nel 1919 nel corso dell'Assemblea Costitutiva dell'*International Research Council* (IRC) che si tenne a Bruxelles dal 18 al 28 luglio (Blaauw 1994, p.1), con il proposito di "facilitare le relazioni tra gli astronomi di differenti Paesi, laddove fosse necessaria o utile la cooperazione" (Fowler 1922, p. 3). La Conferenza di Bruxelles era la terza delle *Conferenze Interalleate sulla organizzazione scientifica* programmate dai Paesi dell'Intesa. Le prime due si erano tenute nell'anno precedente a Londra, presso la sede della Royal Society, dal 9 all'11 ottobre

1918, a guerra ancora in corso, e a Parigi, presso l'Académie des Sciences, dal 26 al 29 novembre, a pochi giorni dalla firma dell'armistizio tra Italia e Austria e la successiva conclusione del primo conflitto mondiale. Queste *Conferenze* erano il risultato del lungo percorso che, durante gli anni della guerra, aveva portato gli scienziati dei Paesi Alleati a ripensare interamente i meccanismi dei rapporti scientifici internazionali, decretando la “fine del cosmopolitismo pre-bellico e la conseguente dissoluzione dell'Associazione internazionale delle Accademie (AIA)” (Linguerrì 2016, p. 84).

Già a fine Ottocento, con il grande progetto della *Carte du Ciel*, gli astronomi avevano compreso come la cooperazione su larga scala tra osservatori di diversi Paesi permetteva di ottenere risultati importanti e di grande respiro scientifico. Erano decenni di grandi slanci economici, industriali e soprattutto scientifici, che troveranno il culmine nel 1915 con le teorie di Einstein e Planck. La Grande Guerra pose però all'attenzione delle società occidentali altre terribili sfide. Fu proprio durante il conflitto, che oppose principalmente gli europei gli uni contro gli altri, che ci si rese conto di come una nuova base di convivenza e di progresso poteva arrivare proprio dagli ambienti scientifici, purché vi fosse il ripudio da parte dei governanti e degli scienziati degli orrori che la Grande Guerra aveva generato. In particolare, i promotori dell'IRC miravano a costruire una rete di istituzioni scientifiche nazionali e internazionali che avessero anche un riconoscimento governativo – a differenza dell'AIA, che era un organismo privato senza personalità giuridica – ma nella quale trovassero rappresentanza solamente le nazioni Alleate. Gli Imperi centrali sarebbero rimasti esclusi fintanto che non avessero sconfessato “la loro adesione ai metodi politici la cui applicazione ha prodotto le atrocità che hanno indignato il mondo civile” (Inter-Allied Conference on International Organisations, 1918, p. 415).

Nell'ottobre 1918 a Londra, in rappresentanza dell'Italia, era presente il matematico Vito Volterra (1860-1940) che nella primavera di quello stesso anno aveva preso parte anche alla ristretta riunione tenutasi sempre a Londra tra i rappresentanti dell'Académie des Sciences, della Royal Society e dell'Accademia dei Lincei, di cui Volterra era membro. Da queste “conversazioni preparatorie private”, poi integrate con le proposte del delegato americano George E. Hale (1868-1938) “circa la costituzione nei vari Paesi alleati di un consiglio nazionale di ricerche, comprese quelle riferentesi alla difesa nazionale, analogo a quello già funzionante negli Stati Uniti” (Volterra 1918, p. 276), si diede avvio al processo di creazione dell'IRC.

Vito Volterra, matematico di origine ebraica dalla grande reputazione internazionale, fu un celebre scienziato in Italia e all'estero, come testimonia le sue 16.000 lettere scambiate con 1500 corrispondenti di tutto il mondo, conservate presso l'archivio storico dell'Accademia dei Lincei. Egli fu anche un'importante figura politica; nel 1905, divenuto Senatore, fu coinvolto “nella creazione di molte istituzioni scientifiche, affinché l'Italia potesse svolgere un ruolo importante nella scienza mondiale” (Mazliak, Tazzioli 2009, p.10). Già nel 1897 aveva fondato la Società Italiana di Fisica e nel 1907 istituì la Società Italiana per il Progresso delle Scienze. Nel 1910 creò il Comitato Talassografico Italiano e nel 1917, ispirato dai colleghi stranieri e dall'esperienza bellica che egli stesso stava vivendo come volontario, seppur cinquantacinquenne, fondò l'Ufficio per le Invenzioni e la Ricerca (UIR), per utilizzare le conoscenze tecnologiche a scopi militari. L'UIR sareb-

be divenuto poi il nucleo fondante del futuro CNR. Proprio nel corso della I Conferenza interalleata di quel 1918 Volterra spinse “affinché l’intero processo messo in moto dall’istituendo IRC fosse guidato dalle grandi accademie nazionali, le quali avrebbero dovuto creare un consiglio nazionale in quei paesi che ne erano sprovvisti” (Volterra 1918a, p. 278). Nel corso della I Conferenza si stabilì di costituire una specifica Commissione per la redazione di “un piano generale di organizzazioni internazionali per soddisfare ai bisogni dei diversi rami delle ricerche scientifiche e industriali” (Volterra 1918a, p. 278) e sempre Volterra sollecitò la necessità che “in questa Commissione [fossero] prese risoluzioni immediate circa gli studi geodetici ed astronomici di carattere internazionale che non possono per la natura loro essere interrotti o ritardati” (Volterra 1918a, p. 279).

La Commissione per l’organizzazione scientifica interalleata costituitasi a Londra proseguì i suoi lavori nel corso della II Conferenza interalleata di Parigi. Questa volta fu sancita l’istituzione di un Comitato Esecutivo dell’IRC di cinque membri che aveva anche il compito di valutare la formazione delle nuove associazioni internazionali e di intraprendere tutte le azioni necessarie per portarle a compimento. Presidente di questo Comitato fu nominato il matematico francese E. Picard (1856-1941), il fisico A. Schuster (1851-1934) ne divenne Segretario, mentre Volterra, Hale e G. Lecointe (1869-1929) furono nominati Vice-Presidenti (Blaauw 1994, p.49). A Parigi fu anche formalmente “istituita, sotto il nome di Unione Astronomica, una associazione internazionale avente per oggetto il progresso generale della astronomia e delle Scienze ed arti connesse” (Volterra 1919, p. 93). Per la formazione dell’*Executive Committee* incaricato di prepararne la costituzione, oltre al presidente indicato nella persona di B. Baillaud (1848-1934), direttore dell’Osservatorio di Parigi e *Principal Investigator* del monumentale progetto della *Carte du Ciel*, e al segretario generale, A. Fowler (1868-1940),



Fig. 1. Il *Palais des Académies* di Bruxelles in una cartolina postale del 1919.

furono scelti anche quattro vice presidenti: lo statunitense W. Campbell (1862-1938), il britannico F. Dyson (1868-1939), il belga G. Lecointe (1869-1929) e l'italiano Annibale Riccò (1844-1919). L'*Executive Committee* stabilì che la prima assemblea costitutiva dell'Unione astronomica internazionale si sarebbe tenuta non appena le "circostanze" lo avessero permesso "e possibilmente in coincidenza colle riunioni dell'Assemblea generale costitutiva dell'Unione geofisica internazionale" (Volterra 1919a, p. 99).

E le 'circostanze' si concretizzeranno con la III Conferenza interalleata di Bruxelles (Fig. 1), che generò l'IRC e istituì formalmente l'IAU, fissando la sua nascita con l'atto stesso di ritrovata pace in Europa.

2. L'adesione dell'Italia alla IAU

Nel 1920 i Paesi aderenti alla IAU erano Belgio, Canada, Francia, Grecia, Giappone, Regno Unito e Stati Uniti.¹ L'Italia non compariva tra essi, pur essendone stata tra i principali promotori. Ciò era dovuto in parte dalla mancanza di un organismo nazionale che, a norma di regolamento, fungesse da punto di contatto tra gli astronomi italiani e la IAU, ma principalmente al mancato versamento da parte dell'Italia della quota associativa annuale, cui era legata l'adesione formale alla IAU. Si aggiunga poi l'infelice circostanza della morte di Annibale Riccò, solo due mesi dopo l'assemblea di Bruxelles, seguita a breve anche dal decesso di Elia Millosevich (1848-1919), suo successore alla carica di Vice-Presidente dell'*Executive Committee* IAU. Occorreva quindi indicare un nuovo nome che potesse ricoprire quella carica e che avesse un profilo scientifico e una riconoscibilità internazionale elevati. Questi non poteva essere altro che il decano degli astronomi italiani, Antonio Abetti (1846-1928).

Nel frattempo il mondo astronomico italiano aveva trasformato la Società degli Spettroscopisti Italiani – la prima società internazionale dedicata a ricerche di fisica solare e stellare – in Società Astronomica. Quest'ultima vide formalmente la luce il 7 gennaio 1920 presso l'Accademia dei Lincei. La Presidenza fu affidata a Vincenzo Cerulli (1859-1927), fondatore dell'Osservatorio Astronomico di Teramo, mentre come membri del comitato per la redazione dello statuto furono scelti Azeglio Bemporad (1875-1945), direttore dell'Osservatorio di Capodimonte a Napoli, Emilio Bianchi (1875-1941), direttore dell'Osservatorio del Collegio Romano, il fisico Antonio Garbasso (1871-1933) e Vito Volterra – vera anima motrice della partecipazione italiana nel nuovo panorama scientifico internazionale di quegli anni.

Durante la Conferenza di Bruxelles, su diretto suggerimento di Annibale Riccò e con il parere favorevole di tutti gli astronomi presenti, si decise di tenere a Roma la prima *General Assembly* (GA) dell'Unione Astronomica, in concomitanza con il primo congresso dell'Unione Geodetica-Geofisica. La mancanza in Italia di un Consiglio Na-

¹ Lettera di A. Fowler a A. Bemporad, London, 6 luglio 1920. Archivio Storico dell'Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Attività Scientifica. Corrispondenza Scientifica, busta 1, f. 3. Lettera di A. Fowler a A. Antoniazzi, London, 6 luglio 1920. Archivio Storico dell'Osservatorio Astronomico di Padova, Atti. Riunioni, Congressi, Esposizioni, busta XXV, f. 3.

zionale delle Ricerche, formalmente istituito solo nel 1923, e l'imminente assemblea generale IAU imponeva la costituzione di un comitato che ne curasse l'organizzazione. Insieme all'istituzione della nuova Società Astronomica Italiana, Volterra fondò anche il Comitato nazionale italiano astronomico quale organo ufficiale delegato a rappresentare l'Italia all'interno dell'IAU e a coordinare le attività organizzative per la GA. Il *board* del Comitato fu ufficializzato durante la prima riunione (Roma, 8-9 maggio 1921) e riproponeva l'intero comitato direttivo della Società Astronomica. Emilio Bianchi fu scelto come Segretario. L'apparato organizzativo della GA congiunta (Astronomica e Geofisica) del 1922 era finalmente operativo; il *board* stimò un costo di 100.000 lire (circa 100.000 euro attuali) e indirizzò una richiesta economica al Governo e ai Ministeri degli Affari Esteri e dell'Economia. Grazie a Volterra, l'Accademia dei Lincei offrì la sua sede come *location* per la GA, a partire dal 20 aprile 1922.²

L'Italia era alle prese con il problema irrisolto di non aver ancora pagato la *fee* IAU né per il trascorso 1920 né per l'anno in corso. Il *board* decise quindi di utilizzare una parte del finanziamento ricevuto per regolare almeno la quota del 1920 (12000 franchi, circa 20000 lire) e così il 16 settembre 1921 Fowler poteva finalmente informare Antonio Abetti sia della formale adesione dell'Italia alla IAU, sia della conseguente formale accettazione da parte degli organismi direttivi IAU dell'invito a tenere la prima GA a Roma.³

3. La prima assemblea generale IAU: Roma 1922

Nei mesi successivi il confronto fra gli astronomi italiani, per fornire alla GA sia una valida organizzazione locale che un proficuo apporto scientifico, si fece serrato. Dato che i lavori sarebbero stati organizzati per Commissioni tematiche, Giorgio Abetti propose che la Commissione IAU n.12 (*Commission de l'atmosphère solaire*) discutesse, assieme alle sezioni meteorologiche e per il magnetismo e l'elettricità terrestre dell'Unione Geodetico-Geofisica, "i migliori mezzi per uno studio comparativo dei fenomeni solari e terrestri, prendendo in considerazione uno studio sistematico delle 'scariche' o 'intrusi' che vi ruotano nelle comunicazioni radiotelegrafiche".⁴ La Commissione n. 24 (*Commission des parallaxes stellaires*) avrebbe invece dovuto ripartire fra i diversi Osservatori partecipanti all'Assemblea il lavoro delle parallassi stellari trigonometriche e spettroscopiche. Infine Abetti suggeriva la partecipazione dell'Italia all'opera della determinazione radiotelegrafica delle longitudini attorno alla Terra, auspicando che la proposta fosse discussa dalla Commissione n. 18 (*Commission des longitudes par télégraphie sans fil*) unitamente alla Sezione Geodetica dell'Unione geodetica-geofisica. Infine Bianchi chiese che la Commissione n. 20 *des Petites Planètes* prevedesse di osservare "regolarmente e sistematica-

² Statuto del Comitato Nazionale Astronomico, 1921. Archivio Storico dell'Osservatorio Astronomico di Brera, Archivio del Comitato italiano nazionale astronomico.

³ Lettera di A. Fowler a A. Abetti, London, 16 settembre 1921. Archivio Storico dell'Osservatorio Astronomico di Brera, Archivio del Comitato italiano nazionale astronomico, busta 1, f. 1.

⁴ Lettera di V. Cerulli a A. Abetti, Teramo, 11 ottobre 1921. Archivio Storico dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Fondo Giorgio Abetti, busta 10, f. 1.

mente” (Fowler 1922, p. 167) i piccoli pianeti la cui luce si supposeva variare regolarmente; inoltre, insieme a Luigi Volta (1876-1952), sottolineò la necessità di modificare il programma internazionale di latitudine di Kimura, all’interno della Commissione n. 19 *de la variation des latitudes* (Kimura 1902). Il Comitato Astronomico Italiano fu anche l’unico a inviare una proposta per la Commissione n. 1 *de la relatività* per verificare la teoria relativistica nel campo gravitazionale di Giove analizzando il movimento stellare vicino al disco del pianeta e studiando il movimento apsidale del suo quinto satellite, Amalthea.

Oltre alle questioni legate al programma, Fowler e Bianchi dovettero discutere della necessità di posticipare la conferenza da aprile a maggio a causa di una concomitante “conference of Railway people” che riguarda l’International Geophysical Union, stabilendo così definitivamente le date del congresso al 2-10 maggio 1922.⁵

I dettagli scientifici del programma furono discussi da Fowler soprattutto con Giorgio Abetti, figlio di Antonio, che in Italia rappresentava il principale punto di riferimento per gli astronomi anglofoni grazie agli anni di formazione da lui trascorsi in America. Nell’imminenza della GA, Fowler manifestò tutta la sua soddisfazione per il lavoro organizzativo svolto dai colleghi italiani: “The programme is very interesting,



Fig. 2. Visita al Papa dell’Unione Astronomica e Geodetica-Geofisica, Cortile di S. Damaso, Stato del Vaticano, 10 maggio 1922 (Archivio Fotografico dell’Osservatorio Astrofisico di Arcetri).

⁵ Lettera di A. Fowler a E. Bianchi, London, 21 dicembre 1921. Archivio Storico dell’Osservatorio Astronomico di Brera, Archivio del Comitato italiano nazionale astronomico, busta 1, f. 1.

and I think we shall all be pleased with the arrangements which have been made by our Italian colleagues”.⁶

Tuttavia agli inizi del 1922 si ripresentò il problema del pagamento della *fee* annuale perché, nuovamente, il Governo italiano non aveva provveduto a stanziare le 20000 lire necessarie per il 1921. Il Comitato era riuscito ad ottenere dal Ministero solo la metà di tale quota, così si propose di coprire le restanti 10000 lire con fondi erogati direttamente dagli Osservatori. Bianchi si trovò quindi costretto a chiedere ai Direttori delle singole Specole italiane di contribuire finanziariamente, attingendo dalla dotazione annua, per coprire la quota mancante. La proposta suscitò i malumori dei direttori che dovevano fronteggiare la cronica carenza di fondi. Tuttavia quasi nessuno si tirò indietro perché, come scrisse Boccardi direttore dell’Osservatorio di Torino, “qui è in gioco l’onore del nostro paese, di cui è bene non far conoscere le miserie all’estero”.⁷ Alla fine la raccolta dei fondi permise di pagare la *fee* 1921 e scongiurò il pericolo per l’Italia, paese ospitante della prima GA IAU, di non essere ufficialmente parte della IAU stessa perché non in regola con l’iscrizione.



Fig. 3. Osservazioni al cannocchiale di Galileo, Museo di Storia naturale, Firenze, 12 maggio 1912 (Archivio Fotografico dell’Osservatorio Astrofisico di Arcetri).

⁶ Lettera di A. Fowler a G. Abetti, London, 29 marzo 1922. Archivio Storico dell’Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Fondo Giorgio Abetti, busta 10, f. 1.

⁷ Lettera di G. Boccardi a E. Bianchi, Torino, 2 aprile 1922. Archivio Storico dell’Osservatorio Astronomico di Brera, Archivio del Comitato italiano nazionale astronomico, busta 1, f. 1.

Il 2 maggio 1922, nella Grande Sala degli Orazi e dei Curiazi al Campidoglio, alla presenza del Re d'Italia Vittorio Emanuele III, ebbe finalmente luogo la cerimonia inaugurale della prima General Assembly IAU della storia, che fu aperta dal discorso di benvenuto di Vito Volterra. La prima riunione GA si tenne invece il giorno successivo, all'Accademia dei Lincei, sotto la presidenza di Baillaud, e in tale occasione fu Vincenzo Cerulli a dare il benvenuto ai convegnisti, a nome del Comitato locale degli astronomi italiani (Fowler 1922, p.145).

Durante il congresso, 32 *Standing Committees* furono impegnate a discutere su lavori di portata internazionale. Gli astronomi italiani parteciparono a 18 commissioni, anche se solo Cerulli fu Presidente di una di esse, la Commissione n. 16 *Observations physiques de planètes*. La Commissione n. 10 *Radiation solaires* discusse la proposta di Bemporad di allestire una stazione piroeliometrica a Capri, mentre la commissione n. 12 *Atmosphere solaire* riconobbe il ruolo storico dell'Italia, sin dai tempi di Angelo Secchi, nell'osservazione e nello studio delle protuberanze e si auspicò che tale lavoro fosse continuato in particolare ad Arcetri (Fowler 1922, p. 32). L'unica nota dolente per l'Italia fu costituita dalla mancata partecipazione dell'Osservatorio di Catania ai lavori della Commissione n. 23 *Carte du Ciel*, per la mancanza di un suo degno erede alla direzione dopo la morte di Riccò (Fowler 1922, p. 62).

La prima Assemblea Generale dell'IAU prevedeva anche alcune attività sociali ed escursioni post congressuali. Dopo essere stati ricevuti da Papa Pio XII il 10 maggio (Fig. 2), i partecipanti alla GA fecero una gita a Firenze il 12 maggio. La giornata fiorentina ebbe un programma serrato di incontri e di visite, fra cui anche quelle al colle di Arcetri con una sosta a Villa "Il Gioiello", ultima dimora di Galileo, all'Osservatorio astrofisico e all'Istituto di Fisica. Carica di emozione fu certamente la visita alla Specola, dove gli astronomi di tutto il mondo poterono tenere tra le mani il telescopio di Galileo (Fig. 3). Fu cura poi di Giorgio Abetti suggellare il ricordo di questa giornata, scandita da un itine-rario tra scienza, arte e natura, con una pergamena celebrativa, in stile floreale fiorentino, contenente tutte le firme dei partecipanti. Una giornata doppiamente degna di memoria perché nel 1922 ricorreva anche il cinquantesimo anniversario della fondazione dell'Osservatorio.

Ringraziamenti

Uno speciale ringraziamento a Daniele Galli, Agnese Mandrino, Angela Mangano e Simone Zaggia per il loro sostegno e per la loro collaborazione.

Bibliografia

Blaauw A. (1994). *History of the IAU. The Birth and First Half-Century of the International Astronomical Union*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Bònoli F., Mandrino A. (a cura di) (2015). “Sotto lo stesso cielo? Le leggi razziali e gli astronomi in Italia”. *Giornale di Astronomia*, 41 (2), pp. 1-60.
- Fowler A. (a cura di) (1922). *Transactions of the IAU First General Assembly* (Rome, May 2-10, 1922). London: Imperial College.
- Kimura H. (1902). “On the existence of a new annual term in the variation of latitude, independent of the components of the pole’s motion”. *Astronomische Nachrichten*, 58 (15), pp. 233-240.
- Inter-Allied Conference on International Organisations. (1918). *The Observatory*, 41, pp. 414-416.
- Linguerrì S. (2016). “La ricerca dalla guerra alla pace”, in Esposito S. (a cura di), *Proceedings of the 35th Annual Congress of the Italian Society of the Historians of Physics and Astronomy* (Arezzo, September 16-19, 2015). Pavia: Pavia University Press, pp. 83-97.
- Mazliak L., Tazzioli R. (2009). “Mathematicians at war: Volterra and his French colleagues in World War I”. *Archimedes: New Studies in the History and Philosophy of Science and Technology*, 22.
- Volterra V. (1918). “Comunicazione. Atti dell’Accademia Nazionale dei Lincei”. *Rendiconti dell’Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali*, XXVII, pp. 276-278.
- Volterra V. (1919). “Comunicazione. Atti dell’Accademia Nazionale dei Lincei”. *Rendiconti dell’Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali*, XXVIII, pp. 90-99.

Back to the origins: science and astronomy before history

Eleonora Loiodice - Università degli Studi di Bari “Aldo Moro” -
eleonora.loiodice@uniba.it

Abstract: “In Prologue, Of High and Far-off Times, the author traces back earlier roots of scientific thought, particularly in the astronomy of the Neolithic revolution (4000-6000 B.C.) and the technology of the Stone Age. But these were also times of religious conceptions, astrology, and the great myths” (Hinshaw 1963). Giorgio de Santillana (1902-1974) was an eclectic scholar, who studied history of science and its origins from a particular point of view. He graduated in Physics in Rome and after he collaborated with his professor Enriques. The collaboration will led to the publication of the book *History of scientific thought: the ancient world*, which should have represented the first tome of an impressive work on the progress of scientific thought throughout the ages of humanity. Santillana continued his studies on scientific thought. In 1961, he published *The Origins* explaining how the models of the ideas of science were born in ancient times. The hand of the beginning of scientific thought is moved further and further forward from the archaic societies. He thought that the astronomers of Babylon had unknown predecessors in prehistoric times: the myths and legends, from the world, can be deciphered as the technical language of archaic astronomers.

Keywords: Giorgio de Santillana, history of science, archeoastronomy

1. Introduction

Ἡ τοι μὲν πρότιστα Χάος γένετ [...] (Hesiod, *Theogony*, l. 116).

In the beginning God created the heavens and the earth. Now the earth was formless and empty, darkness was over the surface of the deep (*Genesis*, 1:1-1:2).

Man is a telling animal and since ancient times, stories that followed each other are several, some of them similar, other very peculiar, but all of them face the beginning of time, that is the cosmos origin. A cosmos very small for our ancestors that questioned themselves more about our world birth and at most with a sphere of fixed stars around it. After all time elapses and, as for contemporary science both for micro and macro world, levels add up and we realize that what we think to have in hands, the acquired certainties, run away just like sand.

The theory about ‘how the world began’ seems to involve the breaking asunder of a harmony, a kind of cosmogonic ‘original sin’ whereby the circle of the ecliptic (with

the zodiac) was tilted up at an angle with respect to the equator, and the cycles of change came into being (de Santillana 1983, p. 5).

We'll treat this cosmogonic original sin and tales coming from world's populations starting from an accurate historical and cultural context: the Twenties of the last century, and we'll particularly focus on the figure of Federigo Enriques.

2. Historical context, science-philosophy division, Enriques

Fra Ottocento e Novecento, in concomitanza con gli eventi più significativi del pensiero scientifico, si è sviluppata una cospicua letteratura critica ad opera in primis di alcune eminenti figure di scienziati che hanno dato un significativo contributo alla nascita e allo sviluppo della filosofia della scienza, grazie a numerosi studi sui fondamenti delle varie discipline; anche una semplice lettura dei loro testi più noti testimonia il fatto che il loro obiettivo dichiarato era quello di riprendere su nuove basi il dialogo con la ricerca filosofica col prendere le distanze dall'unilateralismo metodologico propugnato a vario titolo dalla ricca e non omogenea letteratura positivista (Castellana 2014, p. 43).

Whether science and humanistic culture were inevitably linked in the classic world, since the beginning of 20th-century science is getting specialized more and more and "physicist is getting technician" (de Santillana 1970, p. 20). Science began losing something on the path it was going along; in becoming big science, it has lost sight of the human, it has forgotten to collocate itself in a wider context. For this reason and in that socio-cultural situation that philosophic-scientific activity of Federigo Enriques is regarded.

The Enriques position in the academic and intellectual sphere was solid, but infiltration of his ideas remained scarce inside the philosophical community. Generated in the period between the two world wars, this dissymmetry has firstly its roots in the manner how the complex debate about education reform ended on May 6, 1923. Intellectuals such as Salvemini, Galletti, but also Croce and Gentile participated the debate on the reform that wanted to destroy Enriques idea of a unique Faculty, of a united vision of the knowledge, that would have gathered up all subjects of speculative interest. In this dichotomy, history and philosophy of science, born by the intersection of these two domains, don't find the right place.

In this way Enriques' *positivismo critico* emerged, it was based "*su un concetto di razionalità teso ad unificare ma non uniformare o a irrigidire i vari domini del sapere*" (Simili 1989, p. 16). We can find this critical positivism and this idea of unity inside the first volume of *Storia del Pensiero Scientifico* (1932) and in *Compendio* (1937).

In the wake of the thoughts of his teacher, Giorgio de Santillana, who in the meantime emigrated to the USA and became professor at the MIT, he carried on studying the scientific thought. In 1961, he published *The Origins of Scientific Thought* in the USA, explaining how the ideas frameworks of science were born in ancient times. The needle

of the beginning of scientific thought is moved more forward, since archaic societies that, with the passing of time, completely catch de Santillana attention. How we can read in a review of the text:

In a Prologue, *Of High and Far-off Times*, the author traces back earlier roots of scientific thought, particularly in the astronomy of the Neolithic revolution (4000-6000 B.C.) and the technology of the Stone Age. But these were also times of religious conceptions, astrology, and the great myths (Hinshaw 1963, p. 396).

3. Myths Analysis

Set the historical and cultural context, we focus on the analysis of that form of tale distinguishing what is considered the youth of human population.

Hamlet's Mill was translated last year in Italy by Adelphi; if none wrote about on these columns then, it happened—as sometime happens—because of the great enthusiasm of us, reviewers, that made us dispute the book one each other first, then devour five hundred pages in a great hurry, and finally get us blocked facing the task of resume it (Calvino 1985).

As a matter of fact, the monumental work *Hamlet's Mill*, written by Giorgio de Santillana in collaboration with a German ethnologist (student of Frobenius), Herta von Dechend, is comparable with *The Golden Bough* (1915) by Frazer because of the infinite abundance of anthropological and literary sources he weaves in a thick net around a common theme. We know that for Frazer the key of all myths was the ritual sacrifice of the king and the vegetation cults; his description of rites and customs of the analysed populations and, more, his own way to tell the story is obviously partial. Beliefs are bitterly analysed and confuted, so that Wittgenstein wrote:

Frazer is much more savage than most of his savages, for they are not as far removed from the understanding of spiritual matter as a twentieth-century Englishman. His explanations of primitive practices are much cruder than the meaning of these practices themselves (Wittgenstein 1979).

Both in *The Golden Bough* and in *Hamlet's Mill*, reader mustn't bring the compass with him during the reading. He must instead be patient. Because analysis and comparison with many tales seem tortuous, so that de Santillana inserts in the midst a *Guide to the Perplexed*, explaining how there's no sense in searching an exemplificative structure to all. That's why Calvino talked of a block in front of this monumental work. Analysis is complex, language and continuous reference to myths and traditions require a specialist knowledge, but the content fascinates every reader because there's a lot at stake and everyone feels called somehow to comprehend.

For a better comprehension, we explicate soon which are the reading keys of all myths: for Santillana-Dechend they are the regularity of zodiacal time and its irreversi-

ble changes on a very large scale (precession of the equinoxes) due to the ecliptic inclination towards the equator.

‘ Ἡ τοι μὲν πρότιστα Χάος γένητ’ ’. What impresses us in the starting verse of the story of the cosmos in Hesiod is that the verb is translated in Italian as *fu* (was), but it should be more correct to translate it as *nacque* (was born), in fact γένητο and not ἦν presumes that it didn’t exist since the eternity (Jennings Rose 1981, p. 375).

Va notato che il Caos esiodico non esiste da sempre: si manifesta d’improvviso e perdura, anche dopo che si sono sviluppati gli esseri divini, come uno spazio di fondo, un buco nero dell’universo (Guidorizzi 2009, p. 1168).

As Guidorizzi says in *Il mito greco*, the Chaos is a primordial status of the vacuum, almost a dark whirlpool. Indeed, Greek word *Χάος* means “empty space, immense opening, abyss, chasm”. We’ll find again this abyss or whirlpool in many other stories. In these popular tales of various ethnic groups there are some constants, and some entities, episodes and characters repeat themselves even though with different names. Archetypes are always the same as Propp or Jung would say. We meet the abyss or whirlpool as Maelstrom and in some tales, it opened up as consequence of a mill break or of a tree felling. According to Finnish, it crosses the whole world. We can say the same thing about Socratic myth of Tartarus: “the earth is spherical in this myth and Tartarus, the bottomless well, is represented as a chasm that completely passes through the sphere” (Guthrie 1952, p. 168): an *ante litteram* hell. We said that in these tales the whirlpool creates after a mill or a tree destruction.

The cosmic machine (mill, drill, or churn) produces periods of time, it brings about the ‘separation of heaven and earth’, [...] the Mill ceases to be understood, while the memory sticks to an instrument for crushing foodstuff (de Santillana 1969, p. 389).

In the whole analysis made by de Santillana-Dechend, the tree and the mill simply are coordinates of celestial bodies, a sort of cosmic machine.

The starting place is Greece. Cleomedes (c. A.D. 150), speaking of the northern latitudes, states (1.7): ‘The heavens there turn around in the way a millstone does.’ Al-Farghani in the East takes up the same idea, and his colleagues will supply the details. They call the star Kochab, beta Ursae Minoris, ‘mill peg’, and the stars of the Little Bear, surrounding the North Pole, and Fas al-rahha (the hole of the mill peg) ‘because they represent, as it were, a hole (the axle ring) in which the mill axle turns, since the axle of the equator (the polar axis) is to be found in this region, fairly close to the star Al-jadi (he-goat, Polaris: alpha Ursae Minoris)’ (de Santillana 1969, p. 138).

This is not the appropriate context for this long and complex analysis, hence our aim is to focus a peculiar attention on the synthesis of the comparison between various mythologies and all over the world tales: the underlying story is the same. In a former

world age the mill ground peace and opulence, the Golden Age called *Saturnia regna* by Latins. This figure is common in all world myths:

In India it was Yama; in the Old Persian Avesta it was Yima Xsaeta a name which became in New Persian Jamshyd; in Latin Saeturnus, then Saturn's; Saturn or Kronos in many names had been known as the Ruler of the Golden Age, of that time when men knew no war and bloody sacrifices, not the inequality of classes—Lord of Justice and Measures, as Enki since Sumerian days, the Yellow Emperor and legislator in China (de Santillana 1969, p. 147).

Saturn is the “originator of times”, and in the measure he took to accomplish the “separation of the parents of the world”, which stands for the falling apart of the axes of equator and ecliptic. Before this separation time did not exist (de Santillana 1969, p. 186). For this he's called *auctor temporum*, whereas parents together represent the Chaos. The mythological eviration of Uranus represents the setting in of the obliquity of the ecliptic, the measurable time, and Saturn do this because it was assumed as the most external planet and the nearest to the fixed stars sphere, hence the planet that conveyed motion to the universe.

In the Finnish epic poem *Kaleva* too, the main sequence is constructed around a moulding and a conquest by a *deus faber* of a great mill called Sampo. This mill is the sky that is destroyed at a certain point of the story and it comes up the necessity to build another one. Why? Because the sky really goes out of place; this phenomenon is the precession of the equinoxes, and the rise and the disastrous fall of the world ages were put down to it. The cause is due to the earth axis that spins like a top around the northern pole of the ecliptic, the real “centre” of the planetary system; the time spent for this is about 26,000 years, during which its orientation passes from a star to another, hence the Polar Star goes out of place and it's necessary to choose another one after few thousand years. The Sun's position among the constellations at the vernal equinox was the pointer that indicated the “hours” of the precessional cycle.

First, what was the ‘earth’? In the most general sense, the ‘earth’ was the ideal plane laid through the ecliptic, [...], was the ideal plane going through the celestial equator. The equator thus divided two halves of the zodiac which ran on the ecliptic, 23½° inclined to the equator, one half being ‘dry land’ (the northern band of the zodiac, reaching from the vernal to the autumnal equinox), the other representing the ‘waters below’ the equinoctial plane (the southern arc of the zodiac, reaching from the autumnal equinox, via the winter solstice, to the vernal equinox). The terms ‘vernal equinox’, ‘winter solstice’, etc., are used intentionally because myth deals with time, periods of time which correspond to angular measures, and not with tracts in space (de Santillana 1969, p. 58).

De Santillana interest and studies about the ancient world, mythologies, considerations on the fate and on the mind-set we moderns irremediably loose, reach the climax in *Hamlet's Mill* but arise further back, evidences of this are lectures given over the years, translated in treatises and collected in the book *Reflection on men and ideas*. Also, de

Santillana interest about these topics is testified in manuscripts, lessons notes, tests he subjected to his pupils, articles he collected and mails found in the archive of MIT.

The dust of centuries had settled upon the remains of this great world-wide archaic construction [...] Yet its original themes could flash out again [...]. But they are tantalizing fragments of a lost whole. [...] Even when the code shall have yielded, when the techniques shall be known, we cannot expect to gauge the thought of those remote ancestors of ours, wrapped as it is in its symbols (de Santillana 1969, p. 5).

Einstein said that what is inconceivable about the universe, is that it should be at all conceivable. Man doesn't surrender. When he discovers millions over millions far-off galaxies and after billions light-years far quantum stellar radio sources overcome his mind, he's happy to be able to reach such deepness. But he pays a terrible price for his achievement. The astrophysical science leans forward size orders more and more wide without losing the mainstay; this is not possible for human being as he is: he loses himself and every sense of his importance in the space deepness. It's impossible to place himself within the concepts of the modern astrophysics but not in the schizophrenia. Modern man is facing the non-thinkable; on the contrary, archaic man maintained a strong grip on the thinkable, setting in his own cosmos a time order and an eschatology that had sense for him and reserved a future for his soul.

References

- Calvino I. (1985). "Il cielo sono io". *La Repubblica*, 10 luglio. Also in Barengi M. (2002). *Mondo scritto e mondo non scritto*. Milano: Mondadori.
- Castellana M. (2014). *Federigo Enriques e la volontà del vero*, in Castellana M., Pompeo Faracovi O. (a cura di), *Filosofie scientifiche vecchie e nuove*. Lecce: Pensa Multimedia.
- de Santillana G. (1961). *The Origins of Scientific Thought: from Anaximander to Proclus, 600 B.C. to A.D. 500*. Londra: Weidenfeld & Nicolson. Italian edition (1966). *Le origini del pensiero scientifico da Anassimandro a Proclo: 600 a.C. - 500 d.C.* Firenze: Sansoni.
- de Santillana G. (1963). *On forgotten sources in the history of science*, in Crombie A.C. (ed.), *Scientific Change; Historical Studies in the Intellectual, Social and Technical Conditions for Scientific Discovery and Technical Invention, from Antiquity to Present*. London: Heinemann, pp. 813-828. Italian edition (1971). *Su alcune fonti dimenticate nella storia della scienza in Prologo a Parmenide e altri saggi*. Firenze: Sansoni.
- de Santillana G. (1968). *Reflections on Men and Ideas*. Cambridge: MIT Press.
- de Santillana G. (1970). *Galileo tra l'arte e la scienza* in Branca V. (a cura di), *Rappresentazione artistica e rappresentazione scientifica nel "Secolo dei Lumi"*. Venezia: Sansoni.

- de Santillana G., Von Dechend H. (1969). *Hamlet's Mill: An Essay on Myth and the Frame of Time*. Boston: Gambit. Italian edition (1983). *Il mulino di Amleto. Saggio sul mito e sulla struttura del tempo*. Milano: Adelphi.
- Enriques F., de Santillana G. (1932). *Storia del pensiero scientifico. Vol. I. Il mondo antico*. Roma: Zanichelli.
- Enriques F., de Santillana G. (1937). *Compendio di storia del pensiero scientifico: dall'antichità ai giorni nostri*. Roma: Zanichelli.
- Frazer J. (1890). *The Golden Bough: A Study in Magic and Religion*. London: Macmillan Publishers. Italian edition (1925). *Il ramo d'oro. Studio sulla magia e la religione*. Roma: Alberto Stock Editore.
- Guidorizzi G. (2009). *Il mito greco. Vol. 1 Gli dèi*. Milano: Mondadori.
- Guthrie W.K. (1952). *Orpheus and Greek Religion*. London: Methuen.
- Hinshaw V. Jr (1963). "The Origins of Scientific Thought by Giorgio de Santillana" (book review), *Philosophy of Science*, 30 (4), pp. 396-398.
- Jennings Rose H. (1981). *Dizionario di Antichità Classiche di Oxford*, vol. 1. Milano: Paoline.
- Simili R. (1989). *Federigo Enriques filosofo e scienziato*. Bologna: Nuova Universale Cappelli.
- Wittgenstein L. (1979). *Remarks on Frazer Golden Bough*. Doncaster: Brynmill Pr./Humanities Pr.

Sotto lo stesso cielo? Italian astronomers affected by the racial laws: the Sicilian case

Agnese Mandrino - INAF-Osservatorio Astronomico di Brera, Milano -
agnese.mandrino@inaf.it

Fabrizio Bònoli - Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Bologna -
fabrizio.bonoli@unibo.it

Abstract: Italian astronomers affected by the 1938 racial laws are here remembered. Although they were only six, however it was a significant percentage of the professional astronomers in Italy. In fact, at the time they were some thirty and, moreover, most of the persecuted covered a primary role in national astronomy. In Sicily was struck Azeglio Bemporad, in 1938 Director of Catania Astrophysical Observatory, where for a few years had worked also his cousin Giulio Bemporad, before moving to other Observatories, and Guido Horn d'Arturo, who had worked in Catania for 3 years and at the time of the persecutions was Director of the University Observatory in Bologna. Together with them, we also remember the Jewish amateur astronomers who were members of the Italian Astronomical Society and its most illustrious co-founder, Vito Volterra.

Of all of them we highlight the social and human vicissitudes in which they were involved in those years and which were all dramatically similar: loss of the workplace, of scientific credibility, of the house, of dignity and, in some cases, of life.

These studies on Italian astronomers persecuted by the racial laws had started in preparation of the conference "*Sotto lo stesso cielo? Le leggi razziali e gli astronomi in Italia*", held in Bologna in January 25, 2015, on occasion of the International Holocaust Remembrance Day (Bònoli, Mandrino 2015).¹

Keywords: history of astronomy, racial laws, International Holocaust Remembrance Day, 20th-century astronomy in Italy.

¹ A large part of this paper is based on the researches carried out in the Archives of Astronomical Observatories, of Department of Physics and Astronomy of Bologna University and of other institutions by Angela Mangano, Micaela Procaccia, Luisa Schiavone, Alberto Sermoneta, Valeria Zanini, Marina Zuccoli, as well as by the authors. Unless otherwise specified, we refer to Bònoli, Mandrino (2015) for the citations here reported and for further information.

1. Introduzione

Il 27 gennaio, data dell'abbattimento dei cancelli di Auschwitz nel 1945, viene internazionalmente celebrato il Giorno della Memoria

[...] al fine di ricordare la Shoah (sterminio del popolo ebraico), le leggi razziali, la persecuzione italiana dei cittadini ebrei, gli italiani che hanno subito la deportazione, la prigionia, la morte, nonché coloro che, anche in campi e schieramenti diversi, si sono opposti al progetto di sterminio, ed a rischio della propria vita hanno salvato altre vite e protetto i perseguitati.²

Numerosi studi storici sulle leggi razziali, emanate in Italia nel 1938, hanno riguardato gli effetti che esse ebbero nell'ambiente accademico e scientifico, soprattutto nell'ambito delle discipline fisiche e matematiche che ne soffrirono tragicamente. In occasione del settantesimo anniversario della liberazione di Auschwitz, nel 2015, si è pensato di indagare anche l'impatto che quelle leggi ebbero nell'ambito dell'astronomia, con lo scopo di portare a conoscenza quanto accadde negli Osservatori astronomici, quali astronomi, o personale ausiliario, furono allontanati dai loro incarichi e quali furono, più in generale, le conseguenze per la ricerca astronomica italiana.

La giornata di studi si è tenuta, non a caso, a Bologna, presso l'Aula della Specola, in quella che fu la sede di lavoro e di vita di Guido Horn d'Arturo, uno degli astronomi colpiti dalle leggi razziali. Il lavoro di ricerca, partito dagli archivi degli Osservatori astronomici e poi allargatosi ad altre istituzioni ha fatto emergere "solo" sei personaggi dediti alla ricerca astronomica, oltre ad alcuni membri della Società Astronomica Italiana. Un numero piccolo, in confronto alle persecuzioni che si abbattono su altre discipline, ma percentualmente significativo, se si considera il fatto che, all'epoca, gli astronomi attivi nelle Università e negli Osservatori erano circa una trentina e che due, tra coloro che vennero colpiti, erano direttori di Osservatori e guidavano progetti di ricerca di punta per quell'epoca.

2. Le leggi razziali

Ricordiamo brevemente che con il termine di leggi razziali (o, secondo alcuni storici, leggi razziste) si intende un complesso normativo che, in modo del tutto autonomo dalla Germania, prese corpo in Italia fin dal 1934, con il censimento dei podestà ebrei e che, attraverso rapide tappe, giunse al culmine nel 1938 (Procaccia 2015). In quest'anno vogliamo segnalare innanzitutto la pubblicazione, su «Il Giornale d'Italia» del 14 luglio, dell'articolo "*Il fascismo e i problemi della razza*" – meglio noto come *Manifesto degli scienziati razzisti* – che enunciava le basi teoriche del razzismo, firmato inizialmente da 10 estensori e poi da altri 320 scienziati e intellettuali. Seguirono, tra l'altro, l'espulsione di alunni e docenti ebrei dalla scuola l'1 e 2 settembre, l'approvazione da parte del Gran

² Dall'Art. 1 della Legge 20 luglio 2000, n. 211, "Istituzione del 'Giorno della Memoria' in ricordo dello sterminio e delle persecuzioni del popolo ebraico e dei deportati militari e politici italiani nei campi nazisti", pubblicata nella *Gazzetta Ufficiale* n. 177 del 31 luglio 2000.

Consiglio del Fascismo, il 6 ottobre, della *Dichiarazione della razza*, che dettava le linee generali della legislazione razzista in corso di emanazione, il discorso di Trieste di Mussolini del 18 settembre, che annunciava l'imminente promulgazione delle norme razziali sul territorio italiano, come avverrà di lì a poco, il 17 novembre, con l'emanazione del Regio decreto n. 1728 sui "Provvedimenti per la difesa della razza italiana".

Le leggi antisemite furono ampiamente e severamente applicate, a dispetto del luogo comune che vorrebbe il contrario, tant'è che gli archivi italiani sono pieni di circolari applicative che, a poco a poco, esclusero gli ebrei da ogni ambito della vita civile. Il passo dalla "persecuzione dei diritti" alla "persecuzione delle vite" fu breve. A partire dal 1943, con la cooperazione delle forze di polizia italiane e spesso attraverso la delazione, si susseguirono arresti, retate e deportazioni nei campi di sterminio: l'ultimo convoglio per Bergen Belsen partì dalla Risiera di San Sabba il 24 febbraio del 1945. Nondimeno, in tutte le zone sotto il controllo di fascisti e nazisti, migliaia di ebrei si salvarono grazie al soccorso prestato da religiosi, laici, antifascisti, partigiani e anche fascisti inorriditi da quel che stava accadendo.

Nel nostro ricordo degli astronomi colpiti dalle leggi razziali abbiamo dato la prevalenza alle loro vicende umane di quegli anni, piuttosto che alla loro attività strettamente scientifica, che è stata comunque oggetto di una ricerca, pure preparata in occasione della giornata bolognese (Brunetti, Olostro Cirella, Abrami 2015).

Un esempio tra i tanti ci limitiamo qui a ricordare. Si tratta di un articolo dal titolo "Scienza, temperamento, razza", comparso su «La Tribuna» del 16 dicembre 1938, a firma di Giovanni Latino Andriani (1901-1964), un astronomo bresciano che lavorò negli Osservatori di Milano, Carloforte e Roma, dove, dal 1928, fu anche direttore del Planetario. Nel delirante articolo (che vivamente consigliamo di leggere),³ l'Andriani si affanna a sostenere una superiorità razziale della Nazione – «la brillante genialità dei Latini» – cercando di mostrare «quanto la razza, con le sue caratteristiche, possa influire sulla scienza» e come «la mentalità giudaica» abbia inquinato la fisica, ovviamente con Einstein, e anche l'astronomia. Avverte, quindi, di prestare molta attenzione a che non vengano pubblicate opere di «giudei» sotto il falso nome di finti scrittori al loro servizio che Andriani chiama «negri», auspicando, perciò, che nella Commissione della Bonifica Libreria – ebbene, sì, c'era anche questa – siano inclusi «scienziati specializzati e non sospetti».

3. Azeglio Bemporad

Ricordiamo che in Sicilia, e precisamente a Catania, era direttore dell'Osservatorio Azeglio Bemporad (1875-1945): "astronomo, poeta, ebreo" (Mangano 2015).

Nato a Siena il 19 marzo 1875, si laurea in Matematica a Pisa e, nel 1899, viene nominato assistente all'Osservatorio di Torino (che allora era a Palazzo Madama) ove resta un anno solo, per poi perfezionarsi all'Università di Berlino e all'Osservatorio di Heidelberg. Tornato in Italia nel 1904, inizia la carriera tipica di un astronomo, che prevedeva spostamenti, con ruoli diversi, tra i vari Osservatori della penisola. Il primo incarico è

³ L'articolo è stato riprodotto integralmente sul «Giornale di Astronomia», 44 (4), 2018, pp. 2-4.

come assistente a Catania. L'Osservatorio «destinato all'Astrofisica e per la bellezza del suo cielo e la sua posizione meridionale» era l'unica stazione italiana partecipante al progetto internazionale della *Carte du Ciel*, promosso dall'Accademia di Francia e primo esempio di una collaborazione astronomica internazionale intrapresa con lo scopo di fotografare tutto il cielo. Un'impresa, questa, che appassionerà molto Azeglio, tanto da continuarla "a distanza" – esaminava lastre "viaggianti" prese a Catania da Giuseppe Alessandro Favaro (1876-1961) – anche quando, nel 1912, vincerà il concorso alla direzione della Specola di Capodimonte che, grazie a lui, si aprirà verso la nuova disciplina dell'astrofisica. Durante il periodo napoletano, Azeglio mostra un atteggiamento favorevole al partito fascista, intervenendo con convinzione a varie manifestazioni, aprendo le visite e le conferenze divulgative che teneva con passione, presso l'Osservatorio, ai Balilla e ai Dopolavoristi e non perdendo occasione «di mettere nella giusta evidenza le benemeritenze del Governo Fascista». Amava comporre poesie e tradurre dal greco, dal latino e dal tedesco, ed anche queste attività diventavano, tutte le volte che era possibile, uno spunto di omaggio al Regime. Al contrario, invece, rimane controverso e complicato il suo rapporto con il locale Partito Nazionale Fascista: Azeglio, da superiore integerrimo, aveva infatti giudicato negligente e qualificato come "mediocre" il collega Salvatore Aurino (1892-1956), dal 1925 astronomo aggiunto a Capodimonte, ma anche potente vicesegretario del Fascio di Napoli; questa presa di posizione non fu senza conseguenze.

Nel 1933, insieme alla moglie Annita Cingoli e ai figli Bice e Guido (il primogenito, Carlo Massimo, resta a Napoli), torna a Catania, sede a lui «sommamente gradita perché mi mette in grado di terminare nel modo più soddisfacente il grande lavoro del Catalogo Astrofotografico»: il suo ruolo, questa volta, è quello di direttore dell'Osservatorio e professore di Geodesia e Astronomia all'Università. Ma il 14 dicembre 1938, a causa delle leggi razziali, Azeglio deve abbandonare il suo lavoro, i suoi studi, le sue aspirazioni, consegnando tutto nelle mani del direttore reggente Luigi Taffara (1881-1966). Vedersi strappare di mano il Catalogo Astrofotografico, al quale stava lavorando da decenni e che gli aveva fruttato riconoscimenti internazionali, per affidarlo a Favaro è, per Azeglio, un colpo tremendo. La proposta, inoltrata al Ministero dell'Educazione Nazionale, di completare gratuitamente i lavori del Catalogo gli viene rifiutata, e così pure la richiesta di discriminazione, per meriti, dai provvedimenti antisemiti. Per Azeglio inizia un periodo doloroso: nel 1939 deve lasciare l'alloggio di servizio presso l'Osservatorio e trasferirsi ad Adrano, alle pendici dell'Etna; nel 1943 perde la moglie e scampa a stento alla distruzione della sua casa, causata da una bomba.

Il 10 luglio dello stesso anno gli alleati sbarcano in Sicilia e nel 1944, prima in Italia, l'Università di Catania riapre i battenti. Azeglio viene reintegrato nelle sue funzioni ma, sofferente, sa di non poter più riprendere l'attività di ricerca e di insegnamento; non volendo abbandonare del tutto l'ambiente al quale era tanto legato, egli comunica però al Rettore di tenersi a disposizione degli studenti per letture sulle versioni ritmiche dei Salmi e per illustrare il diorama astronomico.

«L'impareggiabile direttore» dell'Osservatorio di Catania muore improvvisamente l'11 febbraio 1945, oltre due mesi prima che (come vedremo) un'altra città e un altro direttore di Osservatorio possano vedere la fine della guerra e della persecuzione.

4. Guido Horn d'Arturo

Ricordiamo Guido Horn d'Arturo (1879-1967) all'atto della promulgazione delle leggi razziali: è il direttore dell'Osservatorio astronomico e il titolare della cattedra di Astronomia dell'Università di Bologna.⁴ Nato a Trieste nel 1879, in una famiglia di profonda tradizione ebraica, Horn si laurea nel 1902 a Vienna ed inizia una promettente carriera presso gli Osservatori di Trieste, Catania e Torino per approdare nel 1911 a Bologna, dove resterà fino allo scoppio della Grande guerra, durante la quale si arruolò come volontario dell'Esercito italiano. Fu una forte "scelta nazionale"⁵ che lo spinse anche, per sfuggire al rischio di rappresaglie austriache contro gli irredentisti, a sostituire il suo cognome con quello di "d'Arturo" (dal nome del padre, ma anche della stella più luminosa della costellazione del Boote).

Nel 1938, Horn d'Arturo, che aveva acquisito la cittadinanza italiana, ha quasi sessant'anni, è un uomo raffinato, colto, uno scienziato impegnato ed affermato. Fiero di avere realizzato da appena due anni una moderna stazione osservativa a Loiano, occupato appassionatamente a realizzare il rivoluzionario progetto di un telescopio con specchio a tasselli (Picazzi 2017, Picazzi, Bònoli 2017), è anche fondatore e direttore dell'amatissima rivista di divulgazione *Coelum* e della serie delle *Pubblicazioni* dell'Osservatorio, inviate in tutto il mondo per diffondere i risultati delle ricerche degli astronomi bolognesi. Ma niente di questo conta quando le leggi razziali si abbattono su di lui e gli impongono di lasciare tutto (Battistini, Zuccoli 2002): la sua corrispondenza di questi anni, conservata nell'Archivio del Dipartimento di Astronomia, è drammatica e commovente (Quareni 2019, Sinicropi 2019).

Horn d'Arturo chiede al Rettore di Bologna di accedere alla Specola in ore notturne per continuare, a proprie spese, le osservazioni, chiede accoglienza alla Specola Vaticana, tenta di trasferirsi in Egitto all'Osservatorio de Il Cairo, ma le risposte sono tutte negative. Inizia per lui un susseguirsi di cambi di domicilio, rifugiato prima a Bologna, poi a Faenza, dove lo sostiene l'aiuto dell'amico e collega Giovanni Battista Lacchini (1884-1967), infine nelle campagne di Pesaro. Al termine del conflitto dovrà anche subire l'affronto della "doppia cattedra" da condividere con Francesco Zagar, colui che, nel '38, ne aveva preso il posto e che solo nel '48, quando si trasferirà a Milano, permetterà ad Horn d'Arturo di reimpossessarsi pienamente di ciò di cui la feroce legislazione razzista lo aveva privato dieci anni prima. Horn d'Arturo andrà in pensione nel novembre del 1954 e morirà nel 1967; è sepolto, vicino all'amata madre, nel cimitero ebraico del Verano.

Ancora oggi la persecuzione di Horn d'Arturo ci viene ricordata attraverso quella che fu una sottile, ma per chi la subì certamente dolorosa ed umiliante, forma di discriminazione. Ricercando, infatti, una sua opera alla Biblioteca Universitaria di Bologna, si resta colpiti da un timbro rosso con la scritta "Lib. Sg.", ovvero "libro sgridato" che compare

⁴ A seguito della giornata bolognese, varie iniziative sono sorte in onore di Guido Horn d'Arturo; in particolare, una mostra a lui dedicata, a cura del Museo Ebraico di Bologna, che è stata esposta in tre città italiane, accompagnata dalle relative pubblicazioni: *Le luci di Horn. Storie di un astronomo a Bologna*, Bologna 20 mag. - 30 giu. 2017; *Gli "ASTRI" di Horn. L'astronomo che ha progettato il Futuro*, Catania 9 nov. - 15 dic. 2018; *Il telescopio di Horn. L'astronomo che ha progettato il Futuro*, Trieste 6-28 mar. 2019.

⁵ Così la definisce Bònoli (2003).

sia sulla scheda di catalogo che sul frontespizio del volume (Zuccoli 2015). Esso venne apposto in ottemperanza alla circolare del 23 settembre 1942 del Ministero della Educazione Nazionale, che prescriveva di marcare con un segno di riconoscimento i libri di autore ebreo, che potevano essere concessi in lettura solo in casi eccezionali e a discrezione del direttore. All'epoca un obbligo di legge, oggi quel timbro resta come imperitura memoria della stupidità burocratica.

Solo recentemente l'opera di Horn d'Arturo è tornata alla memoria della comunità astronomica nazionale, proprio grazie alla sua invenzione degli anni Trenta del telescopio a tasselli, sfociata nella realizzazione, nel 1952, dentro la torre della Specola, di un grande telescopio da 1,8 m, composto da 61 specchi esagonali, movimentati per l'allineamento da 183 viti, con il quale espose oltre 17.000 lastre fotografiche, scoprendo, fra l'altro, una dozzina di stelle variabili (Bònoli, Picazzi 2017). Si è finalmente riconosciuto come questo geniale strumento sia stato il precursore dei moderni telescopi *multi-mirror* con ottica attiva. E infatti, il 10 novembre 2018, il moderno telescopio ASTRI (18 tasselli per 4 m di diametro complessivo) dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF), finanziato dal Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca, installato a Serra la Nave, sull'Etna, per partecipare al gigantesco progetto internazionale *Cherenkov Telescope Array* (120 telescopi divisi tra le Canarie e il Cile), finalizzato allo studio di radiazioni ad alta frequenza dallo spazio, è stato intitolato proprio a Guido Horn d'Arturo, per ricordare non solo «il padre degli specchi a tasselli nella ricerca astrofisica» (come recita la targa apposta nell'occasione), ma anche le sofferenze di un geniale astronomo italiano perseguitato per le sue origini (Spiga 2019).

5. Luigi Giuseppe Jacchia

Luigi Giuseppe Jacchia (1910-1996),⁶ come Horn d'Arturo, di cui nel 1938 è giovane collega a Bologna, era nato a Trieste. Precoce e geniale negli studi, inizia a frequentare l'Osservatorio universitario bolognese già nel 1929; dal 1931 collabora stabilmente per le osservazioni meteorologiche che, dovendo essere effettuate ad ore fisse, gli consentono di ottenere un alloggio nella Specola, dove va a vivere con la madre. Nel 1932 si laurea in Fisica e l'anno successivo entra a tutti gli effetti, come assistente incaricato, tra il personale dell'Osservatorio: un ambiente che doveva gradire molto se, nel '34, pur di rimanervi, rinuncia al posto di assistente di ruolo che aveva vinto per l'Osservatorio di Pino Torinese.

L'8 dicembre del 1938, parentoria e secca nei toni, arriva a Jacchia la lettera che lo «dispensa dal servizio» con soli sei giorni di preavviso. Nella risposta al Rettore, Jacchia perora la propria causa, spiega le proprie ragioni, riassume i propri meriti, chiede un minimo di garanzie per la sussistenza sua e della madre, arrivando a scrivere «la situazione si presenta per me senza via d'uscita».

⁶ Luigi Jacchia è stato recentemente oggetto della tesi di laurea di Giuseppe Pisana (2019), dove sono esaminate in dettaglio le sue vicende umane e la brillante carriera scientifica negli Stati Uniti. Vedi anche Zuccoli (2015).

Invece, la via d'uscita gli si presenta tramite l'*Emergency Committee in Aid of Displaced Foreign Scholars*, un'organizzazione creata nel 1933 da scienziati americani per accogliere negli Stati Uniti gli scienziati ebrei fuggiti dall'Europa e offrire loro un contratto di lavoro. Ad adoperarsi per il giovane italiano è il referente del *Committee* per l'astronomia, Harlow Shapley, direttore dell'Osservatorio dell'Harvard College, dove Jacchia arriva, insieme alla madre, nel maggio del 1939, dopo un soggiorno a Londra come insegnante al Mill Hill Observatory. Negli Stati Uniti Jacchia continua gli studi sulle stelle variabili fino al 1941, quando decide di sospendere ogni attività di ricerca per aiutare gli Alleati, ponendo le proprie, sorprendenti, abilità poliglote (13 lingue) al servizio dell'attività di spionaggio del *Directorate of Science and Technology* della *Central Intelligence Agency*, con lo scopo di monitorare, tradurre, analizzare e fornire informazioni su trasmissioni radio propagandistiche delle potenze dell'Asse. Fino alla pensione lavorerà come astronomo allo Smithsonian Astrophysical Observatory, dedicandosi principalmente allo studio dell'atmosfera nell'ambito dei programmi spaziali americani. Fu onorato nel 1980 con la prestigiosa medaglia Hodgkins «per i suoi contributi nel campo della fisica dell'atmosfera».

Cittadino americano dal 1944, tornò molte volte in Italia, prima della morte nel 1996, e sempre passò da Bologna per salutare Horn d'Arturo che lo aveva sostenuto negli anni della persecuzione razziale.

6. Giulio Bemporad

Giulio Bemporad (1888-1945), cugino di Azeglio (anche se i due «non si potevano vedere»!) viene colpito dalle leggi razziali mentre è astronomo a Torino (Schiavone 2015). Laureato in Matematica a Pisa nel 1910, prima di approdare all'Osservatorio di Pino Torinese era stato a Catania, poi, per il lungo periodo dal 1911 al 1925 alla stazione astronomica di Carloforte e, infine, all'Osservatorio di Capodimonte.

Il 6 dicembre 1938, il direttore dell'Osservatorio torinese, Luigi Volta, comunica all'Intendenza di Finanza che Bemporad è di razza ebraica e chiede cosa deve fare per il calcolo dello stipendio di dicembre, dato che la legge prevedeva che, con il 14 dicembre, egli fosse dispensato dall'impiego. In questa data, infatti, Giulio lascia il lavoro e l'alloggio di servizio sulla collina di Pino per trasferirsi in un appartamento in città. Sicuramente la sua reazione a questa suprema forma di ingiustizia deve essere stata decisa ed avere forse contribuito all'atteggiamento che nei suoi confronti tenne il direttore Volta, il quale, da allora, espresse nelle lettere ufficiali il desiderio di non avere più rapporti con lui, nemmeno d'ufficio, «del resto, infatti, il Bemporad non appartiene più a questo istituto». Con l'allontanamento dall'Osservatorio, per Giulio finisce il tempo della ricerca, ma nella sua vita si apre un nuovo capitolo, che lo vede profondamente impegnato nelle organizzazioni di soccorso ebraiche.

Quando, nel 1933, infatti, la Germania iniziò ad introdurre le leggi razziali, con la Legge per il rinnovo dell'Amministrazione Pubblica (7 aprile), nacque a Milano il Comitato di assistenza per gli ebrei rifugiati dalla Germania che, con la promulgazione delle leggi anche nel nostro paese, si trasformò nel Comitato di Assistenza per gli Ebrei in Ita-

lia (Comesebit), che aveva come scopo primario quello di aiutare chi era rimasto senza lavoro a trovare una nuova occupazione o anche ad emigrare. Per svolgere l'attività, veniva eletto un delegato presso ciascuna Comunità ebraica e la scelta per Torino, nel gennaio 1939, cadde proprio su Giulio Bemporad che si trovò catapultato in un'attività nuova e intensa. Il Comesebit ebbe solo 10 mesi di vita, sciolto dal governo per sospetta attività antifascista, e venne sostituito dalla Delasem, Delegazione per l'assistenza agli emigranti, i cui compiti erano favorire l'emigrazione degli ebrei stranieri e aiutarli durante la loro permanenza in Italia con informazioni, distribuzione di sussidi, alimenti, indumenti, provvedendo all'assistenza medica, infantile, religiosa e culturale. Alla Delegazione di Torino viene riconfermato Giulio Bemporad.

Dopo i bombardamenti del 1942 e lo sfollamento totale di Torino, anche l'organizzazione della Delasem si ritrova scardinata; si rende quindi necessaria una riorganizzazione in un unico ufficio a Roma, dove anche Giulio e la sorella Giselda, dopo avere vissuto da sfollati nei pressi di Saluzzo e poi nascosti nelle campagne, si trasferiscono nel 1944. Nella capitale Giulio viene nominato direttore dell'Ufficio Palestinese Centrale, che aveva il compito di organizzare l'emigrazione degli ebrei italiani verso la Palestina: il suo impegno e la sua dedizione alla causa furono totali, fino alla morte, per un tumore, il 9 luglio 1945. Giulio è sepolto, come Horn d'Arturo, al cimitero del Verano.

7. Tullio Levi-Civita e Bruno Rossi

Tullio Levi-Civita (1873-1941) e Bruno Rossi (1905-1993) non furono astronomi, dato che nessuno di loro ebbe una formazione tipicamente astronomica né prestò servizio negli Osservatori (Zanini 2015). Furono tuttavia due grandi personalità scientifiche – nel campo matematico il primo e in quello fisico il secondo – e le loro ricerche portarono elementi fondamentali e sviluppi innovativi nell'astronomia e nell'astrofisica moderne, aprendo anche nuovi campi di studio.

Levi-Civita, nato a Padova nel 1873 e qui laureato in Matematica nel 1894, si perfeziona a Bologna per poi insegnare, oltre che nella sua città natale, a Pavia e a Roma dove, nel 1925, firma il contro-manifesto di Benedetto Croce (1866-1952) e dove, nel '38, viene colpito dalle leggi razziali: anche lui, come studiosi del calibro di Vito Volterra (1860-1940) e Federigo Enriques (1871-1946), si vedrà degradato da giovani e mediocri matematici "ariani" a semplice "cultore" della disciplina. Per Levi-Civita inizia un inarrestabile isolamento scientifico e sociale, nel generale disinteresse della comunità matematica e fisica nazionale; il suo nome venne censurato in tutte le pubblicazioni e gli venne impedito di frequentare la biblioteca dell'Università fino alla sua morte, avvenuta il 29 dicembre del '41, senza assistenza infermieristica, perché agli ebrei era proibito avere dipendenti ariani.

Diversa fu la vicenda di Bruno Rossi, nato a Venezia nel 1905, laureato in Fisica a Bologna nel 1927 (dove sostenne anche l'esame di Astronomia con Horn d'Arturo), che vede la sua carriera stroncata dalle leggi razziali mentre è docente di Fisica sperimentale a Padova dove, in soli sei anni, ha cambiato radicalmente lo stato della ricerca in quel cam-

po, creando anche il nuovo Istituto di Fisica. Con uno scarno comunicato del 10 ottobre 1938, firmato dal rettore Carlo Anti (1889-1961), gli sono concessi sei giorni di tempo per lasciare il servizio.

La ben nota carriera di Rossi si compirà poi negli Stati Uniti, ma la sua vicenda offre lo spunto per ricordare il fenomeno della “corsa alle cattedre” che si scatenò all’interno della comunità scientifica per occupare quelle dei docenti ebrei che erano rimaste “libere”. Una “corsa” che è ben leggibile nell’emblematica lettera del 12 ottobre 1938 (lo stesso giorno in cui Rossi lascia l’Italia per la Danimarca e successiva di appena un paio di giorni ai provvedimenti legislativi per l’espulsione degli ebrei dagli impieghi pubblici) di Ugo Amaldi (1875-1957) a Giovanni Silva (1882-1957), professore di Astronomia all’Università e direttore dell’Osservatorio di Padova:

ti chiedo scusa se mi permetto d’intervenire in una questione sotto tanti aspetti grave e delicata [la cacciata di Bruno Rossi dall’Università di Padova merita solo queste parole] [...] Nell’ipotesi che dobbiate provvedere con una chiamata alla cattedra di Fisica sperimentale io vorrei richiamare vivamente la tua attenzione sul prof. Gilberto Bernardini [...] egli è un giovane di molto valore e [...] ha una preparazione scientifica e un orientamento di ricerche personali perfettamente consoni agli scopi ed ai criteri organizzativi con cui fu ideato ed attrezzato il vostro magnifico Istituto di Fisica (Archivio storico dell’Osservatorio astronomico di Padova, Corrispondenza, b. 6).

«Magnifico», certo, ma «attrezzato e ideato» proprio da colui che lo stava lasciando perché, vigliaccamente, gli era stato impedito di valersene!⁷

8. Gli “altri”

Il censimento degli ebrei viene scrupolosamente effettuato anche all’interno di società, circoli, associazioni, sodalizi di ogni genere, che erano tenuti a comunicare alle autorità superiori i nomi dei loro affiliati. Non fece eccezione la Società Astronomica Italiana, fondata nel 1920 e che nel ‘38 aveva sede a Milano (Mandrino 2015). Il presidente, Emilio Bianchi (1875-1941), anche direttore dell’Osservatorio di Brera, non tarda a comunicare i nomi dei soci ebrei al Ministero dell’Educazione Nazionale con una lettera dell’11 novembre 1938, nella quale le dovute informazioni si mescolano con una smaccata delazione. I nomi comunicati sono quelli del più prestigioso tra i fondatori della Società, Vito Volterra, di Giulio Bemporad, Tullio Levi-Civita (che abbiamo già incontrato) e di Raffaele Vita Foà (1872-1955), G.R. Gabrovitz e Giorgio Piccardi (1895-1972), che non erano astronomi professionisti ma, in modi diversi, avevano interesse per l’astronomia.

Alla fine della guerra, Giorgio Abetti (1882-1982), nuovo presidente della Società Astronomica Italiana, scriverà al segretario Luigi Gabba (1872-1948):

⁷ In definitiva, Gilberto Bernardini (1906-1995) non andrà sulla cattedra di Bruno Rossi a Padova, dove verrà chiamato Angelo Drigo (1907-1978), bensì su quella bolognese liberata da Emanuele Foà (1892-1949), anche lui allontanato in quanto ebreo.

Non solo è conveniente, ma anche necessario ricordare Volterra e Levi-Civita nelle nostre Memorie [l'organo ufficiale della Società], anzi sarebbe bene che [...] si scrivessero poche righe, ma sostanziose, per non dare il semplice annunzio nudo e crudo. Senz'altro è nostro dovere riammettere il prof. Raffaele Foà nelle file delle Società.

E così sul volume XVII delle *Memorie della Società Astronomica Italiana*, nel 1945, compariranno effettivamente alcune righe per ricordare Vito Volterra, Tullio Levi-Civita e anche Giulio Bemporad, che era morto nel frattempo, ma non una parola, in questi necrologi, viene spesa per ricordare che i tre scienziati erano stati colpiti dalle leggi razziali.

9. Conclusione

In conclusione, ciò che ci ha spinto ad approfondire le vicende legate agli astronomi colpiti dalle leggi razziali e a presentarle in varie occasioni è la speranza che le nostre ricerche, per quanto limitate ad un ambito così ristretto come l'astronomia, possano servire a ricordare che il passaggio dalla persecuzione dei diritti allo sterminio è avvenuto in anni non lontani da noi e possano essere nel contempo il modesto contributo affinché "la notte della ragione non possa più cadere", come auspica il documentario *German Concentration Camps Factual Survey*, girato nel 1945 da Alfred Hitchcock e Sidney Bernstein sui campi di concentramento tedeschi, riportato nel toccante docufilm di Andre Singer del 2014 *Night Will Fall*:

Unless the world learns the lesson these pictures teach, night will fall.

Ringraziamenti

Un sentito e caloroso ringraziamento va ad Angela Mangano, Micaela Procaccia, Luisa Schiavone, Alberto Sermoneta, Valeria Zanini e Marina Zuccoli per aver partecipato, con grande entusiasmo e sin dall'inizio, a queste ricerche e inoltre per averci permesso di liberamente ed ampiamente attingere per questo nostro scritto ai saggi da loro curati in occasione del convegno tenutosi a Bologna nel 2015 per ricordare gli astronomi ebrei perseguitati.

Bibliografia

- Battistini P., Zuccoli M. (2002). *Guido Horn d'Arturo e Luigi Jacchia*, in Mirri D., Arieti S. (a cura di), *La cattedra negata. Dal giuramento di fedeltà al fascismo alle leggi razziali nell'Università di Bologna*. Bologna: CLUEB, pp. 208-218.
- 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, 25 gennaio 2015), in *Giornale di Astronomia*, 41 (2).
- Bònoli F., Picazzi V. (2017). *Il telescopio a tasselli di Guido Horn d’Arturo è stato realmente il progenitore dei moderni grandi telescopi multi-mirror?*, in Garuccio A. et al. (a cura di), *Atti del XXXVII Congresso nazionale SISFA* (Bari 26-19 settembre 2017). Pavia: Pavia University Press, pp. 87-97.
- Brunetti F., Olostro Cirella E., Abrami L. (a cura di) (2015). *Bibliografia della memoria. Percorso tematico tra le risorse bibliografico-archivistiche e le notizie biografiche degli astronomi italiani di religione ebraica* [online]. URL: www.beniculturali.inaf.it/bibliografie/bibliografia-della-memoria/ [data di accesso 25/05/2020].
- Mandrino A. (2015). “La Società Astronomica Italiana e «i soci di razza ebraica»”. *Giornale di Astronomia*, 41 (2), pp. 53-60.
- Mangano A. (2015). “Storia di Azeglio Bemporad: astronomo, poeta, ebreo”. *Giornale di Astronomia*, 41 (2), pp. 16-24.
- Pisana G. (2019). *Luigi G. Jacchia, un triestino a Bologna: dai cieli di Lojano all’esplorazione spaziale americana* (Tesi di Laurea Magistrale in Astrofisica e Cosmologia. Relatore Buzzoni A., correlatori Bònoli F., Mandrino A.). Alma Mater Studiorum-Università di Bologna.
- Picazzi V. (2017). *Il progetto di telescopio a tasselli di Guido Horn d’Arturo: forefather of the new generation multi-mirror telescopes*, (Tesi di Laurea Magistrale in Astrofisica e Cosmologia. Relatore Bònoli F.). Alma Mater Studiorum-Università di Bologna.
- 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.
- Quarenzi C. (2019). “Guido Horn d’Arturo: le radici ebraiche di un astronomo italiano”. *Giornale di Astronomia*, 45 (2), pp. 57-62.
- Schiavone L. (2015). “Oltre l’astronomia, la vita: Giulio Bemporad e l’assistenza ai profughi ebrei”. *Giornale di Astronomia*, 41 (2), pp. 25-41.
- Sinicropi S.N. (2019). “Guido Horn d’Arturo: il mondo, le passioni e gli interessi di un umanista contemporaneo”. *Giornale di Astronomia*, 45 (2), pp. 63-69.
- 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), in *Giornale di Astronomia*, 45 (2).
- Zanini V. (2015). “Tullio Levi-Civita e Bruno Rossi. Due eccellenze ripudiate dall’Italia fascista”. *Giornale di Astronomia*, 41 (2), pp. 42-52.
- Zuccoli M. (2015). “Guido Horn d’Arturo e Luigi Jacchia: sguardi da lontano”. *Giornale di Astronomia*, 41 (2), pp. 10-15.

TEACHING HISTORY OF PHYSICS

Models of mechanisms for teaching and experimental activity

Marco Ceccarelli - Department of Industrial Engineering, University of Roma "Tor Vergata" - marco.ceccarelli@uniroma2.it

Abstract: This illustration-based paper is focused on mechanism models that were used and still can be used in design, teaching, and experimental activities not only on research and development of mechanical systems by analyzing the functioning they are based on. A conceptual procedure is outlined for the development and use of mechanism models mainly at reduced scaled size. Different types of models are discussed both from historical viewpoints and structure aspects through illustrative examples that are based on author's experience. Those examples are reported also to show the value of Cultural Heritage that mechanism models and corresponding developments may have as worthwhile for preservation and understanding of past achievements.

Keywords: History of Mechanical Engineering, History of Mechanisms, Mechanism Models.

1. Introduction

Why models of mechanisms for teaching and design validation? This paper presents a survey with historical evolution and practical issues with the aim to justify and motivate still today a use of models of mechanisms that can be useful for several activities. They can be used to explain concepts either in teaching for formation and education or in validating solutions in research and design. They can be produced as drawings, mechanical products, and today virtual designs for applications in many fields, not only for technological interests.

In the literature, models are considered part of an elaboration of a study or design and they are often not considered as a central topic. In fact, in the history of engineering and science, mechanism models are not addressed specifically but they are considered as part of the activities either in research, or design, or teaching. The history of science and technology is also explained by using them both in encyclopedic works, like for example in (Singer *et al.* 2012; Capocaccia 1973), and in specific works in conferences and journals, like for example in papers at the HHM symposia like (Zhang, Ceccarelli 2019), as well as in didactic activities, as for example with LEGO packages.¹

¹ See <https://education.lego.com/en-gb>.

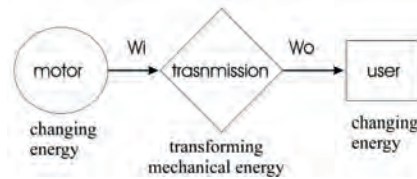


Fig. 1. A conceptual scheme of a mechanical system with transmission mechanisms.

This paper is an attempt to give proper specific considerations to mechanism models both in historical evaluations and technical developments with the awareness that the topic and model applications are much wider than in the proposed presentation in this paper.

2. History of mechanism models

A mechanism is a mechanical system whose aim is to transmit motion and force, (IFTToMM 2003). Fig. 1 shows a general application of a mechanism as a key component of a system converting energy to perform a user's task with a desired level of mechanical energy (Lopez-Cajun, Ceccarelli 2013). In such a scheme, it is also possible to recognize a modelling of a mechanism not only for design purposes but also for explaining the functioning of the whole machine and specifically the operation as intended task.

In general, mechanism models are aimed and included in a variety of activities for teaching, study, research, design, demonstrative illustrations and presentations, simulation, validation operation characterization, experimental check, and even promotion or market exhibition. They are used not only for developing mechanical systems, but even as means or part of systems in activities in other disciplines, with similar aims or complementary purposes as for example indicated in (Ceccarelli 2012).

Today, mechanism models can be developed as sketches or drawings (by hand or by computer-graphics tools), mechanical constructions either in scaled sizes or prototype structures, and virtual designs as based on different type of software and visualization with or without human interaction. Fig. 2 summarizes the evolution of mechanism models from historical viewpoints and technical constructions as linked to achievements and technological means.

The first level of a model can be recognized in a graphical representation that since in Antiquity it has been emphasized with drawings from schematic scratches up to schemes containing lot of details. Still today the first ideas are sketched with drawings (either by hand or by graphics software) that can be used as first step of an activity either in explaining or in designing mechanical systems or for activities in developing concepts and solutions. A graphical figure of a drawing model can have different formats as well as different levels of accuracy, not only in terms of graphical representation and it is used in many disciplines other than mechanical design.

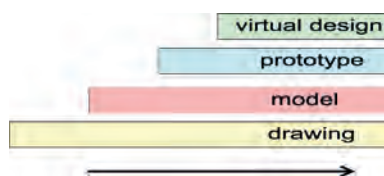


Fig. 2. A diagram of historical and conceptual evolution of mechanism models.

The second level as a mechanical model in Fig. 2 refers to a mechanical construction that can lead to a prototype solution for a machine design or an experiment whose phenomenon is to be investigated. Historically, model constructions were widely used before proceeding to further activities and today such a physical experience have regained significance, mainly with prototypes with full features that are used before final constructions.

A mechanical model can be developed from a drawing model to emphasize some aspects and features of a structure or operation even without attention to a full solution. A prototype can be understood as a third level when it is considered a full solution of a mechanical model and likewise it can be developed in reduced scale yet.

Since those constructions of mechanical models and prototypes require lot of efforts both in manufacturing and cost, the advent of Computer Science provide alternatives with virtual designs that can be developed, operated, and tested with different level of virtuality from simple CAD solutions up to haptic-sensed 3D systems. The virtual models are today extensively used but they can be still considered as developed after an activity which is based on previous levels of modelling. This level of modelling emphasizes not only the deepening of functionality analysis in models but also the aspects concerning with the durability and economic convenience of models for a multidisciplinary towards and integration of different purposes for study, design, and teaching.

As an example of the strict connections among the different levels of mechanism modelling, Fig. 3 (left) shows the classification of mechanisms not only as machine components but also as descriptors of motion categories, that have been developed in the 19th century with a drawing-based classification in a table, (Lanz, Betancourt 1808), and Fig. 3 (right) shows a collection of scaled mechanical models as specifically addressed as a synthesis of the gained knowledge in the field of Mechanism Science (Ceccarelli 2004). This example that today is represented also with virtual models even just duplicating what is in Fig. 3 (right), is also an example of the interesting content that those models may have in the Science and Technology as well in the History of Mechanical Engineering with a value of Cultural Heritage whose products are worthful to be preserved to show the historical evolution of knowledge and to be used as inspiration for further developments.

Mechanism models have been and are still developed in different formats for different aims and frames of applications. In general, they can be considered with one or more levels as summarized in Fig. 2 for activities in teaching, analysis, design, experimental activity and historical investigations.



Fig. 3. Classification of mechanism models. Left: table with drawings. Right: a catalogue with mechanical samples.



Fig. 4. Examples of developments of mechanism models. Left) reconstruction design. Center) research design. Right: scaled machine design.

Fig. 4 shows mechanism models corresponding to the levels in Fig. 3 as examples of their contents and aims. In particular, Fig. 4 (left) is an example of virtual model that is based on CAD elaboration for a virtuality design reconstruction showing the operation of a Roman stone sawing machine. Fig. 4 (center) is a physical mechanical model of the hyperboloid motion with theoretical aspects in representing the generator lines for identification of the axis of the instantaneous motion. Fig. 4 (right) is a scaled prototype of a crane for checking the operation feasibility of a real-scale design.

3. Procedures for mechanism models

Fig. 5 summarizes activities that can be recognized as necessary in the development of mechanism models for teaching or experimental activity, not only with today modern procedures.

While a general process can be outlined with common steps, as indicated in the central stream line of the flowchart in Fig.5, the peculiarities of the aims and uses may require specific attention to different aspects as indicated in the side blocks that are different for teaching or experimenting activities.

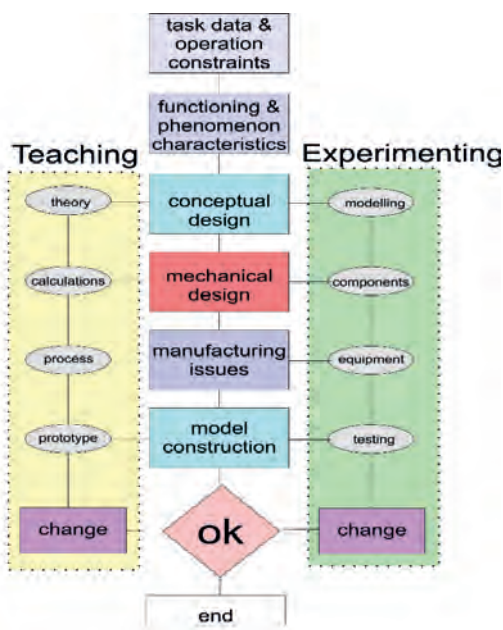


Fig. 5. A flowchart of procedures for design and construction of mechanism mechanical models.

A design procedure can show common steps as proceeding from a definition of design requirements in terms of constraints and task characteristics that can be expressed in the solution for the model construction and its final check after computations and developments from a conceptual design as characterized by details in the mechanical design and manufacturing plans. Significant difference can be recognized in models when they have content mainly for explanation purposes like in teaching or for physical experiences for demonstrations. Thus, in teaching necessary could be to consider theoretical aspects that a model should represent, and very likely calculations as based on mathematical formulation would be necessary to properly identify those characteristics that give a prototype solution with the expected teaching aims. Similarly, in experimenting activity a first step could be planned in a design model useful to identify the components and equipment that are necessary for testing activity.

In any case each step of the side activities in Fig. 5 can be influential in the process towards a solution for the model construction. Final check may require considering some aspects previously not included and it may require reiterate partially or the whole process.

Fig. 5 is reported with the above general considerations to indicate the fact that whatever type or level a model is planned, its design and construction require a complex procedure.

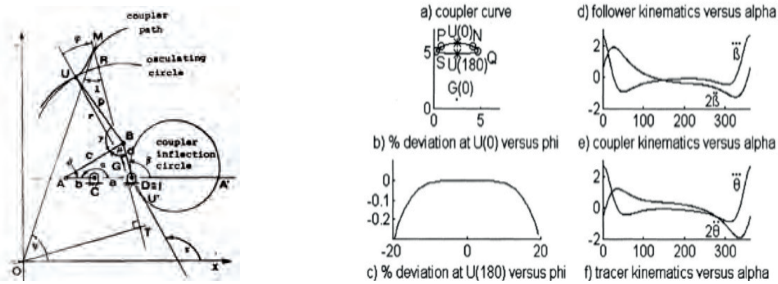


Fig. 6. An example of teaching model. Left: a four-bar linkage with its kinematic loci. Right: computational results of the coupler curve characteristics.

4. Examples of mechanism models

In this section examples are introduced and discussed from the direct experience of the author to illustrate the content and significance that mechanism models can have in different frames and with different formats as per the levels in Fig 2 and referring to the fields of teaching, design, research, experimental activity, and history investigations.

In Fig. 6 an example of drawing model of a four-bar linkage is illustrated together with kinematic properties both for analysis and design purposes. It can be used to explain and teach basic kinematic properties with theoretical contents and how to identify them in a mechanism as well as to formulate them in a design algorithm that is based on them.

The drawing model is completed and supported by the computation results that can be obtained from it, as it is shown in this example with the plots of numerical characterization of the linkage kinematics in term of coupler path and its evaluation (Ceccarelli, Vinciguerra 2000).

Figure 7 is an example of a mechanism model in design and research activity on a finger exoskeleton that starting from a conceptual kinematic scheme has been further developed in a CAD solution and then in a prototype for testing (Gerding *et al.* 2018). The model is designed by combining a drawing with a virtual CAD design that are used in research activity also through numerical simulation of the virtual prototype with the aim to characterize its design and operation before a final construction of a prototype model for experimental validation as per an application of finger motion assistance either in exercising of elderly people or in rehabilitation therapies for injured patients.

Fig. 8 shows mechanism models in the form of mechanical prototypes in research activity for a humanoid robot with new structures as based on parallel manipulator architecture (Ceccarelli *et al.* 2017). The models are used to investigate and to prove the feasibility and advantages of those parallel mechanisms in this challenging area of Robotics.

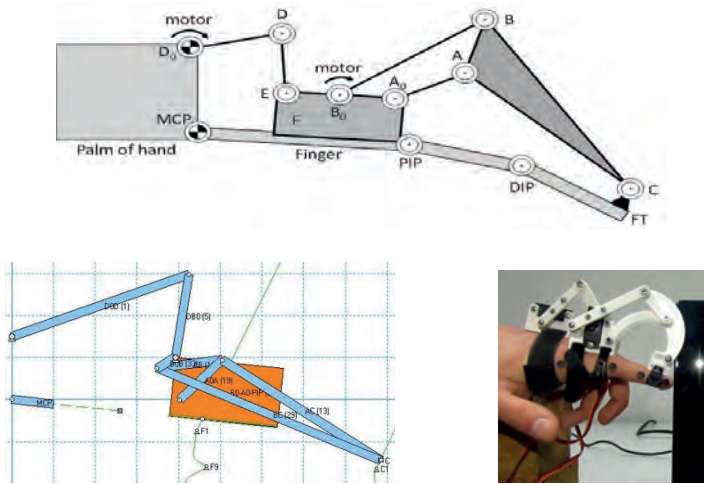


Fig. 7. An example of mechanism model for design purposes. Top: a drawing of a finger exoskeleton. Bottom, left: a CAD design for simulation. Bottom, right: a prototype for testing.

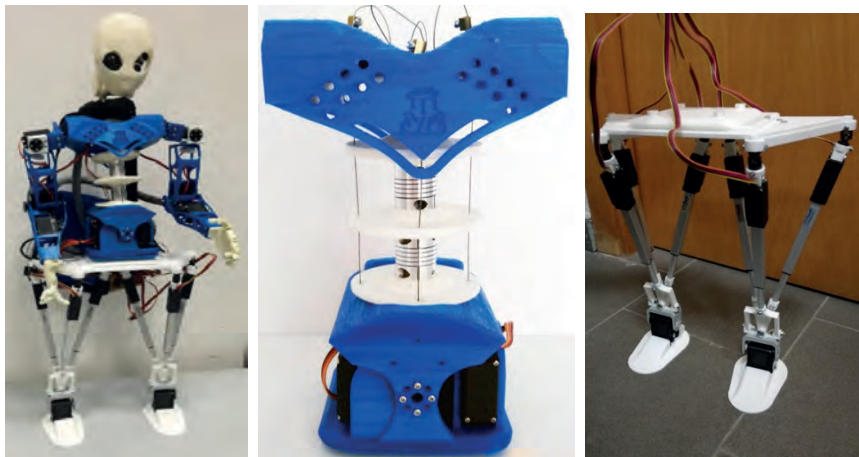


Fig. 8. An example of mechanism designs used in research. Left: LARMbot humanoid prototype. Center: a trunk design. Right: a leg system.

The built prototypes models in LARMbot humanoid are constructed as the kinematic models to emphasize the peculiarities of the conceptual designs in the models also in practical implementations.

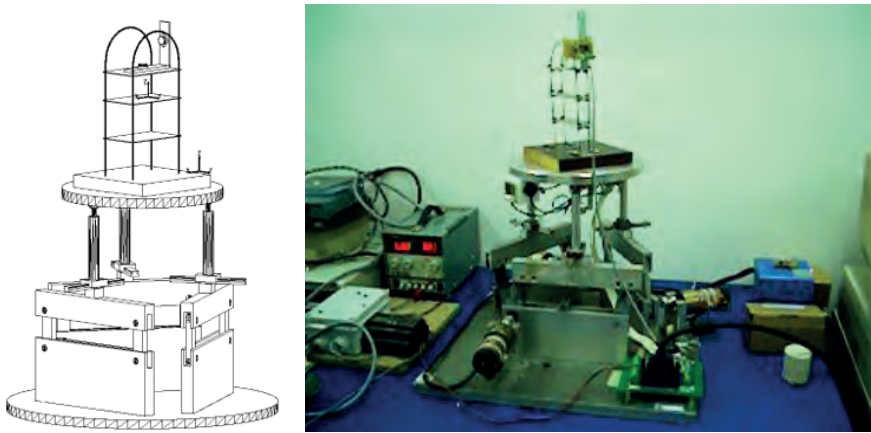


Fig. 9. An example of mechanism model in experimental activity. Left: a drawing design of a building structure in attesting platform. Right: the prototype for experimental activity.

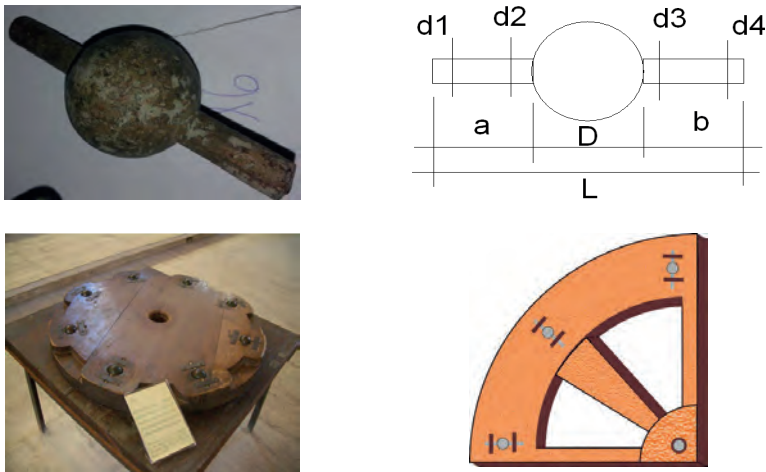


Fig. 10. An example of mechanism design used in study of history of machines. Top, left: Roman bronze ball bearing of 1st century A.D. Top, right: a drawing model. Bottom, left: a reconstruction model of a circular platform with ball bearings. Bottom, right: a CAD design model of a circular module of a guide with ball bearings.

A direct use of mechanism models with their schematic structures is shown in Fig. 9 where the model of a civil structure of a building in concrete is made of small-beam model with the essential geometry of the concrete structure in order to investigate its response to seismic motion that is simulated by a movable platform of a parallel manipulator prototype (Ceccarelli *et al.* 2002).

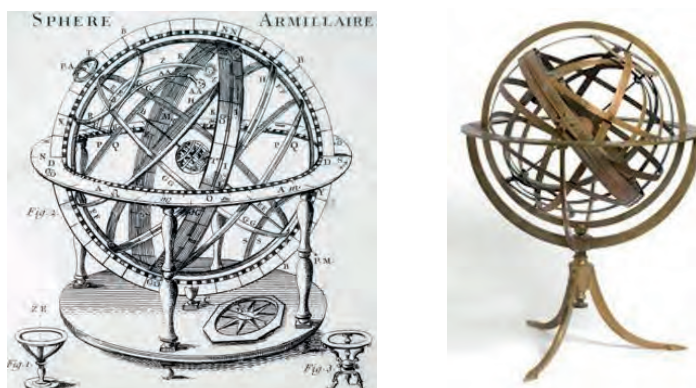


Fig. 11. An example of armillary mechanism design used in study of history of astronomy. Left: a drawing model. Right: a prototype.

Figs 7 to 9 are examples of how much the models in their different formats and levels can be useful in research and design activities in very different areas with or without the today overestimated virtual models.

Models are also used extensively in studies of history of machines both to describe and understand the structures and their contents as historical achievements in evolution of machine technology. Examples are reported in Figs. 10 to 12 referring to different periodical periods and different machine applications.

In Fig. 10 the models of drawing and reconstruction prototype are used to explain the technical value and machine application of the archeological remains of Roman ball bearings of 1st century A.D. from Roman imperial ships discovered in the lake of Nemi, (Ceccarelli *et al.* 2019)

Fig. 11 shows examples of armillary mechanisms that were used in Ancient and past time with very similar design with respect to each other with the aim to study astronomy and to represent planet motion in the solar systems both in research activity and exhibitions. The models were made by drawings and mechanical prototypes. A drawing of those systems is a model representation of a mathematical model and the mechanical design was used as practical application both for illustrations and entertainment purposes and explanation of the planet motions for calculation of astronomical time (Aterini 2019).

Fig. 12 refers to models that have been developed to reconstruct the structure and to explain the operation of the archaeological remains of the Antikytera mechanism that after several studies with several graphical and mechanical models like the ones in Fig.12 has been recognized to be a gearing system for astronomic calculation (Koetsier 2012). The drawing models is the theoretical basis of the interpretation with a sort of design that have completed the machine structure from the remained few parts that were discovered with unclear geometry. The reconstruction prototype is a model to show the feasibility of the interpretation and a means to further study the level of mechanical knowledge at the Antiquity both for manufacturing and theoretical mechanics of gears.

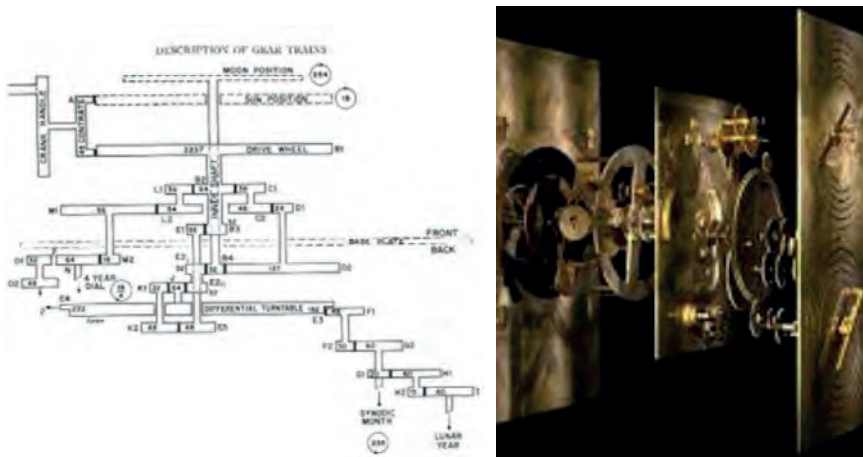


Fig. 12. An example of mechanism design used in study of history of machines. Left: a drawing model of Antikythera machine. Right: a reconstruction via a prototype.

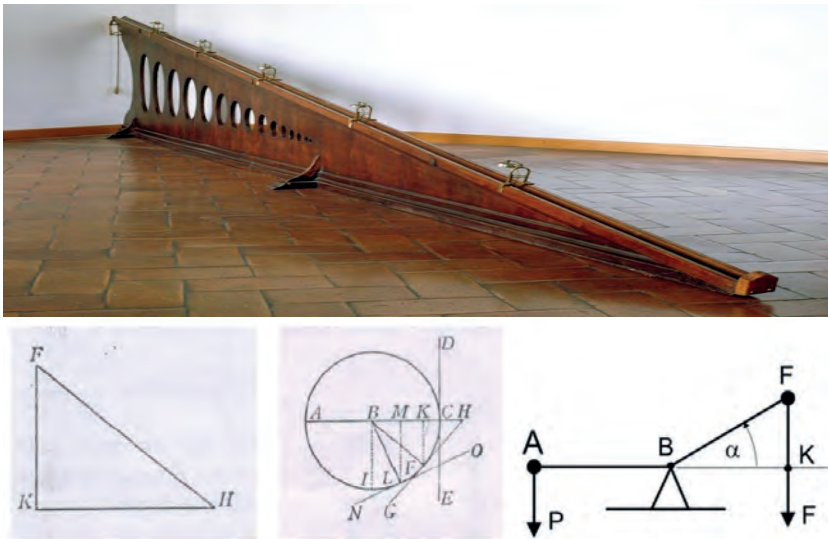


Fig. 13. An example of mechanism design used in study of history of machines- Top: the wood model by Galilei for inclined plan. Bottom: graphical schemes of its mechanics.

Fig.13 and 14 are examples of the value of Cultural Heritage that models of mechanisms may have. Fig 13 (top) refers to the wood model that Galilei built for his experiments to prove the effect of gravity by using his modelling of the inclined plane (Ceccarelli 2006). The wood model is of museum value as tangible product of Cultural Her-

itage that is exhibited at Galilei Museum in Florence, while the graphical models in Fig.13 (bottom) refer to the corresponding mechanics both in the book of the Galilei's lecture notes and a modern interpretation of them.

Models are developed also today in such a solution that can have values of tangible products of Cultural Heritage. Fig.14 shows examples of recent models of machine mechanism for tracking the machine evolution and teaching purposes including the explanation for a large public. The examples in Fig. 14 (left) refer to wood models of 1960s that is preserved at University of Rome "La Sapienza" and to a collection of metal models, including 19th century construction and recent one, that is exhibited at "Politecnico di Torino" (Ceccarelli 2004).

The reported examples in Figs. 7-14 give a sample window of a very rich variety of models with different levels and aims as summarized in Fig. 2, also as an attempt to stimulate a better consideration of mechanism models form perspectives other than the ones from technical engineering viewpoints.

5. Conclusions

This paper shows that mechanism models can be recognized of interest for design and analysis purposes but also for experiences in teaching and experimental activities not only in the fields of mechanical engineering. Since Antiquity mechanism models were used to check and to explain concepts in understanding systems and phenomena as well as in designing machines. Still today they are used to clarify research and innovation as based on concepts and achievements that can clearly represent. In addition, when considering the historical evolution, mechanism models can be also considered of Cultural Heritage value with the content of tangible and intangible products that track the science and technology developments.



Fig. 14. An example of mechanism models as Cultural Heritage tangible products. Left: a wood model of 1960s. Right: a collection of iron made models of 19th and 20th centuries.

References

- Aterini B. (2019). The Astrolabe: A Mechanism for Reading the Stars, in Zhang B., Ceccarelli M. (eds.), *Explorations in the History and Heritage of Machines and Mechanisms*. Cham: Springer Nature.
- Capocaccia A. (ed.) (1973). *Storia della Tecnica – Dalla preistoria all’anno Mille*. Turin: UTET.
- Ceccarelli M. (2004). *Classifications of mechanisms over time*, in *Proceedings of International Symposium on History of Machines and Mechanisms HMM2004*. Dordrecht: Kluwer.
- Ceccarelli M. (2006). “Early TMM in *Le Mecaniche* by Galileo Galilei in 1593”. *Mechanisms and Machine Theory*, 41 (12), pp 1401-1406.
- Ceccarelli M. (2012). *An Outline of History of Mechanism Design in servicing Science, in Physics, Astronomy and Engineering: critical problems in the History of Science and Society*, Siauliai: Scientia Socialis.
- Ceccarelli M. et al. (2019). *Analysis and reconstruction of a platform with ball bearings in Roman ships of Nemi lake*, in Zhang B., Ceccarelli M. (eds.), *Explorations in the History and Heritage of Machines and Mechanisms*. Cham: Springer Nature.
- Ceccarelli M., Cafolla D., Russo M., Carbone G. (2017). “LARMBot Humanoid Design Towards a Prototype”. *International Journal of Applied Bionics and Biomechanics*, 1 (2), p. 00008.
- Ceccarelli M., Ottaviano E., Galvagno M. (2002). *A 3-DOF Parallel Manipulator as Earthquake Motion Simulator*, in *Proceedings of the 7th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision – ICARCV 2002*. Singapore: IEEE.
- Ceccarelli M., Vinciguerra A. (2000). “Approximate Four-Bar Circle-Tracing Mechanisms: Classical and New Synthesis”. *Mechanism and Machine Theory*, 35 (11), pp.1579-1599.
- Gerding E.C. et al. (2019). *Design of a Finger Exoskeleton for Motion Guidance*, in B. Corves B. et al. (eds.), *Proceedings of the EuCoMeS 2018 Conference*. Cham: Springer.
- IFTToMM (2003). “Standardization and Terminology”. *Mechanism and Machine Theory*, 38.
- Koessier T. (2009). *Phases in the Unraveling of the Secrets of the Gear System of the Antikythera Mechanism*, in Yan H.S., Ceccarelli M. (eds.), *Proceedings of the International Symposium on History of Machines and Mechanisms*. Dordrecht: Springer.
- Lanz J.M., Betancourt A. (1808). *Essai sur la composition des machines*. Paris: Baichelier.
- Lopez-Cajun C.S., Ceccarelli M. (2013). *Mecanismos: Fundamentos cinematicos para el diseno y la optimizacion de la maquinaria*. Ciudad de Mexico: Trillas.
- Singer C. et al. (eds.) (2012). *Storia della Tecnologia*, Volume 2. Turin: Bollati Boringhieri.
- Zhang B., Ceccarelli M. (eds.) (2019). *Explorations in the History and Heritage of Machines and Mechanisms*. Cham: Springer Nature.

HistorY and Physics Experience.

The students' contribution in the great debate

Mattia Ivaldi - Università degli Studi di Torino; International Association of Physics Students; Associazione Italiana Studenti di Fisica - mattia.ivaldi@edu.unito.it

Abstract: The first HYPE–HistorY and Physics Experience–was held in Bologna, Italy, on 25th-27th May 2018, jointly organised by the International Students of History Association (ISHA) and the Italian Association of Physics Students (AISF), National Committee for Italy of the International Association of Physics Students (IAPS). The event gathered 33 international university students from the fields of History and Physics, with the aim of deepen the historical role played by Nuclear Physics, and Physics in general, over the past two hundred years. In this article we review the event, presenting the background in which it has been designed, its structure and implementation, and we give a final remark about the interaction between the students, and the possible future developments.

Keywords: Student Associations: ISHA, AISF, IAPS, Nuclear Physics, History and Teaching of Science.

1. Introduction

The leaders of more than twenty student organizations gather twice a year at the Informal Forum for International Student Organisations (IFISO) to share ideas, best practices and network. On the occasion of the IFISO Fall 2017 edition, the representatives of the International Students of History Association (ISHA) and the International Association of Physics Students (IAPS) expressed their strong will to build a concrete and original collaboration. Although the link between Science and History is deeply-rooted in our society, no real interaction between the two student communities has ever been attempted. This was therefore the goal the first HYPE–HistorY and Physics Experience–was organised with. HYPE took place in Bologna, Italy, on 25th-27th May 2018, jointly organised by ISHA and the Italian Association of Physics Students (AISF), IAPS National Committee for Italy. The event gathered 33 international university students from the fields of History and Physics, with the aim of facilitating the study and analysis of the historical role played by Nuclear Physics, and Physics in general, over the past two hundred years, covering the socio-political, economic and cultural changes that took place in parallel to and as a result of scientific progress in this area.

From the very first studies about atomic structure, Nuclear and Particle Physics have played a particularly prominent role in modern society, conditioning, often in a profound and dramatic way, many aspects of human life. The two nuclear bombs

dropped over Japan at the end of the World War II marked a point of no return in terms of awareness of the potential and responsibility of Science. Today, physicists are assuming key roles in the application of their knowledge to new, peaceful revolutions, for instance by developing the basis for Nuclear Magnetic Resonance and hadron therapy. The time is thus ripe to make History and Physics students debate about the impact of Physics on society, honours and obligations of Science, the two respective methodologies and approaches on this topic. As the research area is shared by historians of Science and physicists working on the History of Physics field, the participants were divided in students of History of Science, students of History and Didactics of Physics, and even pure physicists with a personal interest towards History. What is Science? How to efficiently teach Physics? What are the real responsibilities of Fermi regarding nuclear weapons? When Physics went modern? These are just some of the questions the students argued about, making emerge a plethora of fascinating and intriguing perspectives.

2. Organising Associations

Born in 1990, the International Students of History Association (ISHA) is an international NGO. Its goals are to facilitate communication and provide a platform of exchange for students of History and related sciences on an international level. ISHA believes that international perspectives constitute an important part of every student's education. Membership is open to undergraduate through Ph.D. students from all disciplines and backgrounds with an interest in History and the Historical Sciences. Throughout the academic year, ISHA's various member sections take turns organizing several seminars and an annual conference. These events usually last several days, accommodating up to a hundred student participants from around Europe, and comprise of workshops, discussions and presentations on various topics. In addition, a cultural programme consisting of historic city tours, museum visits and excursions is offered to participants. ISHA's journal, *Carnival*, is published annually and is open to contributions from all students of history and related sciences, not only members of the Association.

Born in 1987, the International Association of Physics Students (IAPS) is an umbrella NGO and not-for-profit that gathers undergraduate through Ph.D. Physics students and societies from all over the world. Today, IAPS counts 16 National Committees and 26 Local Committees for a total of over 60,000 members globally. The aims of IAPS are to introduce its members to an international and peaceful community, encourage them in their academic and professional careers, foster a collaborative attitude, and organise conferences and events run entirely by students for students. IAPS' flagship event is the International Conference of Physics Students that takes place every year in a different country from 1986. The Italian Association of Physics Students (AISF) is the IAPS National Committee for Italy and comprises of more than 1,300 Italian students and 17 Local Committees across the country. AISF was funded in 2014 and today is one of the more active IAPS NCs, and annually organises a wide pro-

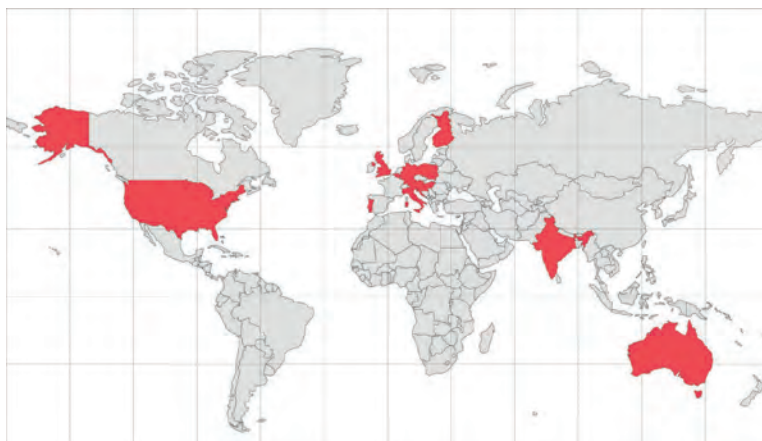


Fig. 1. Map of countries represented at HYPE: Australia 1, Austria 1, Belgium 1, Croatia 1, Finland 1, Germany 7, Hungary 1, India 1, Italy 14, Poland 1, Portugal 1, Slovenia 1, UK 1, USA 1.

gramme of national and international events. It collaborates with the most important and prestigious Italian universities, societies and scientific institutions, such as SIF, SISFA, INFN, INAF, ASI and CNR, among others.

The basic goal of both Associations is to go beyond the standard way History and Physics are presented in a degree course, providing their members with a truly open platform where to share ideas, experiences, and personal and academic growth. It is important to stress again that ISHA, IAPS, and AISF are entirely run by students.

3. HYPE

Before reviewing the event implementation, it is meaningful to have a glimpse of the general framework in which HYPE took place. The event hosted 14 different nationalities as showed in Fig. 1, with a M/F overall ratio of 1.06. The participants were divided in 30.3% Bachelor's degree students, 66.7% Master's degree students, and 3% (1 participant) Ph.D. students. This ensured a rich variety of cultural and academic backgrounds as well as intense and exciting discussions.

HYPE applied a well-rounded cultural approach: beside lectures from celebrated guests, thematic workshops to deepen a specific topic, and a scientific excursion to Villa Griffone, the Italian residence of Guglielmo Marconi, participants had the chance to get to know the strong historical and student identity of Bologna, thanks to a night city-tour focused on the discovery of the local area.

Eminent speakers contributed in the event. Luisa Cifarelli, former President of the European Physical Society, current President of the Italian Physical Society, and Full Professor in Physics at the Bologna University presented the figure of Enrico Fermi and

the scientific heritage of the Panisperna group. Giuliano Pancaldi, Professor in History of Science and Technology at the Bologna University, taking the electricity as a case study presented how pure science can have unintended – and most of the time beneficial – consequences. Luciano Maiani, former CERN Director-General, and former President of the Italian National Institute of Nuclear Physics (INFN) and the National Research Council, known to the scientific community for his contribution to the GIM mechanism and the char quark discovery, gave an overview of Particle Physics from an historical perspective. Antonio Zoccoli, Vice-President of INFN and Full Professor in Physics at the Bologna University, introduced the participants to the emerging but already all-consuming concept of Big Science. Giorgio Dragoni, Professor in History of Physics at the Bologna University, presented the history of nuclear fission with a specific highlight on the role of Ida Tacke Noddack and Lise Meitner. Dragoni's contribution was hosted at Villa Griffone, where the participants had an immersive visit to Marconi's very first laboratory, having the chance to see the exact spot where the wireless communication era began.

The most bracing activity has been with no doubt the workshop session. Participants were split in four different sub-themes: *Old Science*, *Dr. Strangelove*, *Science-History-Education*, *Physics and Modernity*. Each workshop was managed by two leaders, a History and a Physics student respectively. The goal was to provide and integrate the two different points of view and the two different research methodologies in a complementary and informative manner. The workshop leaders introduced the themes with a general presentation. Beside that, two different workshop styles have been implemented. *Old Science* and *Science-History-Education* applied a round-table approach where participants built the discussion without a pre-defined agenda. *Dr. Strangelove* and *Physics and Modernity* included a first section of participants' talks and a following discussion triggered by the different introduced topics.

3.1. *Dr. Strangelove*

This workshop highlighted the significant role that Nuclear Physics has played in global politics and conflicts since the World War II, from the very first classified studies on nuclear devices, to the 2017 Nobel Peace Prize awarded to the International Campaign to Abolish Nuclear Weapons. After a presentation about the logistics and politics behind the development of nuclear technologies in Europe the 1930s and 40s, a discussion took place about the legacies of Cold War “nuclear culture” across the globe today. Participants have been encouraged to discuss nuclear culture within their own countries of residence, origin, or study, looking to movies, TV shows, public service announcements, comic books, and more to illustrate how the public's relationship with nuclear technologies continues to shape societies across the globe. As participants came face to face with Cold War rationality, we asked: Do we still love the bomb?

3.2. Old Science

Science and the study of physical phenomena have always played a pivotal role in the growth and development of civilisations, leading to discoveries that have significantly altered societies. From observations of natural phenomena, to the development of Astronomy and ancient Mathematics, to the “discoveries” made by pre-modern medical scientists, any method or “science” prevalent before the establishment of contemporary scientific practice have been an object of analysis and discussed in this workshop. A key aspect of the workshop was to look at these topics from a global perspective where possible, critically analysing the various “euro-centric” narratives which continue to surround and complicate our understandings of the History of Science and Physics today.

3.3. Science-History-Education

Scientific outreach and education play a prominent role in shaping popular scientific discourse, having the power to raise citizens’ awareness to the many contemporary social and scientific challenges and topics faced by humanity today. The discussion tackled the two biggest issues facing future teachers today: new technologies and changing political sensibilities. Never before has the world been this interconnected and never before has such a body of information been so accessible. These two factors change how teachers can and must interact with their students and challenge traditional school/teaching settings. At the same time, the rise of #fakenews has made the teacher as an intermediary between students, who are still developing their adult sensibilities, and a progressively polarised global society indispensable. This workshop not only explored future teachers’ responsibility to teach relevant media literacy for their field, but also talked about how to teach students to take charge of their education and make use of what they are taught to shape their future. In doing so, participants discussed how the Sciences as well as the Humanities struggle with the dogma of objectivity, while also needing to defend the pursuit of knowledge to an increasingly belligerent public.

3.4. Physics and Modernity

The workshop aimed to deepen the participants’ understanding of the significant role that scientific inquiry and technological innovation have played in our everyday lives, and provided a platform to analyse the contributions that Physics has made to the development of technologies which have revolutionised how we live and interact with each other today. From the development of the internet, to the breakthroughs which are constantly being made in fields of medical science, participants have been asked to consider how the past can inform the future, and if the teleological narrative of knowledge accumulation within the Sciences should be questioned.

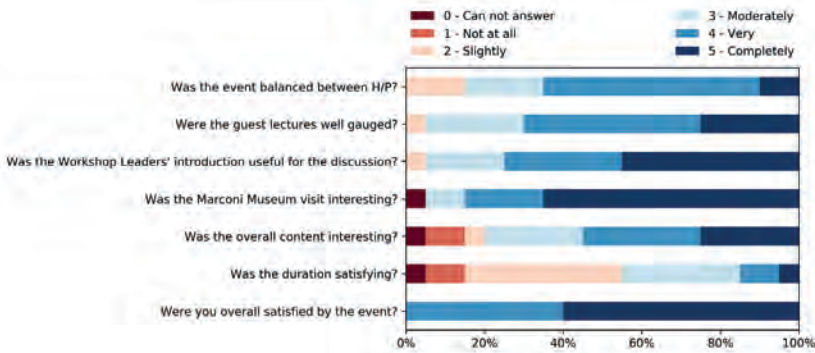


Fig. 2. HYPE satisfaction survey (20 answers).

4. Event analysis

A detailed feedback survey has been distributed to all participants – the most substantial outcome is presented in this section. Fig. 2 shows the satisfaction outcome as a result of 20 answers.

First of all, the event resulted very balanced between History and Physics and the guest lectures resulted well gauged. Being HYPE the first event of its kind – at least within ISHA and IAPS communities – this represents an important achievement. The workshop leaders' introduction resulted highly useful for the start and the progression of the workshops. The 25% found the round-table approach more engaging than the talk-triggered workshop style, that has been preferred by the 75%. It is indeed probable that offering some defined discussion paths could lead to a more effective and in-depth debate.

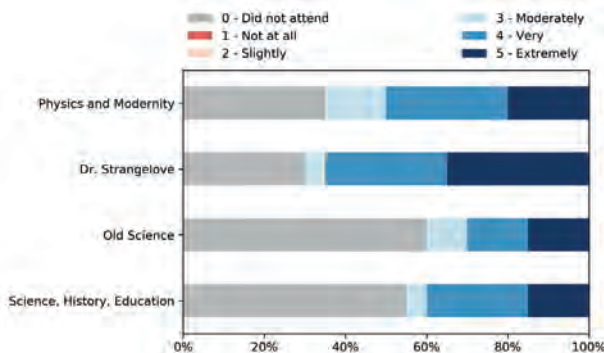


Fig. 3. HYPE workshop survey (20 answers).

The Marconi Museum visit resulted highly interesting. The opinion concerning the academic content was more heterogeneous. The theme of Nuclear Physics and History was chosen especially broad to allow a greater participation, but probably included topics of little interest to some participants. A sharper theme will be considered for the next editions. The duration has been slightly satisfying, in particular more workshop time has been highly recommended. In general, the participants have been highly satisfied by the event. The workshops' appreciation is shown in Fig. 3 – the most attended and liked workshop has been *Dr. Strangelove*. The less attended as well as less appreciated has been *Old Science*, probably because of the difficulty of providing a true scientific contribution by Physics students.

5. Final remarks

HYPE was originally conceived as an academic experiment with the goal of making History and Physics students interact. Nevertheless, it obtained a very positive outcome and stimulated the two communities with interesting and useful sparks. Regarding the approaches to the topic, History students showed a slightly approximate knowledge of Physics, but a much more open attitude to debate. Having a correct and full understanding of the scientific panorama is though an essential requirement to assume the historical point of view. Physics students, on the contrary, showed bit of a dogmatic approach, probably the result of a university teaching still too much information-based and without a real openness to discussion. Regarding the event structure, we understood that the workshop is the most engaging activity, and it is worth to increase the workshop-time. The scientific excursion is also a very appreciated part of HYPE, being a truly multicultural and dynamic activity. In general, a more specific theme could guarantee a more detailed development of the debate.

The idea of intentionally organise a conference of History *and* Physics, intended as an organic exchange of knowledge, paid off. The final conclusion of the first edition has been that Physicists and Historians have different but complementary approaches towards the common goal of delving into the historical role of Nuclear Physics, and students can definitely give their contribution. Moreover, we felt an increasing interest from academic institutions towards this kind of initiatives, and we hope that HYPE can pave the way to new events, not only within ISHA and IAPS. The compass is now pointing towards the second edition, scheduled in May 2019 in Rome.

The Schools of History of Physics as a tool for cultural development and dissemination

Edoardo Piparo - Gruppo Storia della Fisica, "A.I.F."; Liceo scientifico statale "Archimede", Messina - edoardo.piparo@istruzione.it

Abstract: The Group of History of Physics (GSdF) of the Association for the Teaching of Physics (A.I.F.) annually organizes, since 2001, a formation school mainly addressed to the teachers of physics and of mathematics and physics in the secondary schools and to the interested university and PhD students. It aims to promote a better awareness of the interaction between the physics knowledge and the socio-economical sphere, according to the belief that on the basis of ignorance and superficiality it is impossible to build and preserve a solid and widespread scientific culture. The history of physics helps to highlight the relationships of physics with the most different cultural areas, in particular with history, mathematics, philosophy and biology, in order to promote an idea of physics as an integral part of the mankind culture and as a developing science and not as a dogmatic, unchangeable structure. Presenting the historical development of a concept, besides, helps the teacher to better understand the difficulties encountered by the students, so tracing a path for a possible their overcoming. Finally, the schools of history of physics represent a useful opportunity for the teachers to resume and deepen disciplinary contents without losing the link with the didactics.

Keywords: History of physics, Formation, Didactics.

1. Introduction

The Group of History of Physics (GSdF) of the Association for the Teaching of Physics (AIF) annually organizes, since 2001, a formation school mainly addressed to the teachers of physics and of mathematics and physics in the secondary schools and to the interested university and PhD students.

The schools of history of physics are carried out during the scholastic year and are mainly devoted to teacher formation and only secondarily to didactics.

For a whole week, a group of teachers works, under the guidance of experts and tutors, to improve their teaching and disciplinary skills. The speakers and coordinators, belonging to the university and the secondary high school, take care of the scientific activities, lending their work for free, except for the refund of travel and accommodation expenses. The costs are mainly covered by the AIF, with a variable contribution from the authorities and structures of the place in which the school is held.

The schools aim to improve physics knowledge and to promote culture in general, according to the belief that on the basis of ignorance and superficiality it is impossible to build and preserve a solid and widespread scientific culture and therefore the progress and the welfare of the mankind.

2. The history of physics as a useful opportunity

Only a teacher well-aware of the complex interactions among the knowledge of physics and the socio-economical and cultural spheres may be able to promote in his students the idea of a physics as an integral part of the cultural heritage of Humanity (Dibattista 2004, pp. 116-119).

A historical approach to the study of physics is also important from an educational point of view (Romagnino 2002). Supplying elements of history of physics, it may be useful to suggest a dynamical picture of physics, as a developing science and not as a dogmatic and unchangeable structure. Presenting the historical development of a concept, helps the teacher to better understand the difficulties encountered by the students, so tracing a path for a possible their overcoming. Finally, the history of physics can help to consolidate the critical spirit and prepare for flexibility, showing how the physicists of the past have often had to face, even in a dramatic way, the changes.

The historical approach is useful for researchers too, since the analysis of past arguments may also suggest ideas, keys of interpretation of the “reality”, useful for the comprehension and the eventual development or overcoming of the actual theories. The historical route of a concept or a theory problematizes and deepens its meaning and therefore improves its understanding. Paths abandoned before and then resumed in other form, suggest that nothing can be taken for granted but everything must be analyzed and discussed without prejudice.

This has been well understood already in the ‘70s, when the Project Physics Course, of which Gerald Holton was an outstanding figure, proposed a teaching based on the understanding of how science develops and on what is its impact on culture and society, as to be preferred to the simple training of the future physicists.

The history of physics helps also to highlight the relationships of physics with the most different cultural areas. In particular, in the various editions of the school, it was outlined the centrality of the relationships with history, mathematics, philosophy and biology.

The schools, that are characterized by a wise connection among the history of physics, disciplinary contents and didactics, represent finally a useful opportunity for the teachers to rethink and deepen their professional competences.

3. Articulation of the schools

The duration of the schools is of five days and they are residential.

The seminars are preferably held in the morning. They, for the different personalities and interests of the speakers, integrate with each other, ranging from the “internal history” of the discipline, which shows how the cognitive models of reality are modified with the development of scientific laws, to the historical evolution of science, inserted in the local cultural and social context.

Trainees are divided into three or four groups that, through afternoon meetings, discuss, under the supervision of GSdF coordinators, on subjects relevant to the school and indicated in advance in the program of the same. Each group develops a specific theme related to the general theme of the school to be carried out throughout the week with the intent to become aware of how to conduct historical research, how to deal with some conceptual issues and how to organize activities that can be transferred to the teaching.

In what above, the reading of original memories is central:

[...] allo scopo di far comprendere che, così come la letteratura si studia attraverso le opere degli autori che si sono distinti nei vari generi letterari, anche la scienza, essendo un prodotto della mente umana, deve essere studiata attraverso la lettura delle opere degli scienziati per capire come essi siano arrivati alle loro scoperte (Romagnino 2014, p. 152)

The fact that the course is residential promotes the exchange of experiences and the development of a climate of cultural community among the trainees, the speakers and the organizers of the school. It is a qualifying element of the school that distinguishes it from other training courses. Being together from morning to night, having to manage “collegial” times and ways of life, allows, in fact, trainees an educational and cultural exchange that goes well beyond the simple transmission of contents and techniques, allowing a deeper reflection on the concepts and on the role and functions of the transmission of Culture in general and of the teaching profession in particular.

The list of the titles of the schools from 2001 to 2018 is reported below:

- *La storia della scienza come base per la formazione dell'intellettuale scientifico*, Laboratori Nazionali del Gran Sasso - Assergi (AQ), 2001
- *L'immagine fisica dell'universo da Copernico ad Einstein*, Laboratori Nazionali del Gran Sasso - Assergi (AQ), 2002
- *La storia della Teoria dei Quanti*, Domus Galileiana - Pisa, 2003
- *Aspetti di Storia della Fisica dagli anni Trenta al secondo dopoguerra*, Salice Terme (PV), 2004
- *Nuclei e Particelle: aspetti di Storia della Fisica*, Castello Pasquino-Castiglione (LI), 2005
- *L'evoluzione del concetto di Campo dall'Ottocento ai giorni nostri*, Modena, 2006
- *Contesti teorici e scoperte sperimentali immagini della natura e modellizzazione in fisica*, Laboratori del Gran Sasso – Assergi (AQ), 2007
- *Per l'unità della scienza: fisica e biologia*, Brescia, 2008
- *Fisica e matematica: due storie intrecciate*, Ferrara, 2009

- *Figure e storie della fisica del Novecento*, Aosta, 2010
- *La dialettica continuo-discreto nella storia della fisica*, Terni, 2011
- *I principi di conservazione e le simmetrie nella storia della fisica*, Piacenza, 2013
- *Dal Germanio al Grafene: sulla storia della fisica della materia condensata*, Pisa, 2014
- *Fisica e probabilità, una lunga storia*, Messina, 2015
- *Sulla Storia dell'astronomia: il Novecento. Gli strumenti, le scoperte, le teorie*, Asiago (VI), 2016
- *Relatività e fisica quantistica: un matrimonio lungo un secolo*, Cagliari, 2017
- *Il nucleo: da Rutherford ai quark, via Los Alamos*, Policoro (MT), 2018

The next school will take place in Ferrara from February 25 to March 1 2019 and will have as its title: *La luce, una storia infinita*.

4. Documentation of the activities carried out

The proceedings of the schools are published on a supplement to *La Fisica nella Scuola* (LFNS), the quarterly review of the AIF, under the name of “*Quaderno*”. To date, seven of them (numbers: 27, 25, 22, 21, 19, 17, 14) have been published concerning the schools of the history of physics.

Materials and information related to all of the schools of history of physics are published on the website of the GSdF (<http://www.lfns.it/STORIA/index.php/it/>).

References

- Antiseri D. (2007). *La storia come filosofia della didattica delle scienze*, in *Antidoti alla tecnicizzazione*, *La Fisica nella Scuola*, XL, 1st supplement, Quaderno 18 (2007), pp. 4-13.
- Dibattista L. (2004). *Storia della scienza e didattica delle discipline scientifiche*. Roma: Armando Editore.
- Bergia S. (2010). *La matematica come potente suggestione analogica*, in *Fisica e matematica: due storie intrecciate*, *La Fisica nella Scuola*, XLIII, 3rd supplement, Quaderno 21 (2010), pp. 37-51.
- Fabri E. (2010). *Matematica e fisica – un rapporto complesso*, in *Fisica e matematica: due storie intrecciate*, *La Fisica nella Scuola*, XLIII, 3rd supplement, Quaderno 21 (2010), pp. 68-80.
- Minni F. (2017). *Presentazione in Dal germanio al grafene: sulla storia della fisica della materia condensata*, *La Fisica nella Scuola*, L, 3rd supplement, Quaderno 27 (2017), pp. 3-5.

- Romagnino C. (2002). *La storia della fisica nel curriculum di fisica* in *La storia della scienza come base per la formazione dell'intellettuale scientifico*, *La Fisica nella Scuola*, XXXV, 4th supplement, Quaderno 14 (2002), pp. 77-89.
- Romagnino C. (2014). *Riflessioni sulle Scuole di Storia della Fisica* in *I principi di conservazione e le simmetrie nella Storia della fisica*, *La Fisica nella Scuola*, XLVII, 1st supplement, Quaderno 25 (2014), pp. 151-154.
- Vailati G. (1897). *Sull'importanza delle ricerche relative alla storia delle scienze. Prolusione a un corso sulla Storia della Meccanica*. Torino: Roux Frassati & C.

Galileo's Free Fall into History of Physics & Nature of Science Teaching

Raffaele Pisano - IEMN, Lille University, France; Associate to CPNSS, LSE, United Kingdom - raffaele.pisano@univ-lille.fr

Vincenzo Cioci - PhD Student, Lille University, France - vincenzocioci@gmail.com

Abstract: In *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche su Due Nuove Scienze*, Galileo Galilei (1564-1642) described in detail his experiments about free fall motion, the motion along an inclined plane and the parabolic motion. By notes on the subject Stillman Drake (1910-1993) suggested its historical account. Recent works proposed that the notion of time received a mathematical treatment and a physical measurement entering into the equations of the fall of the bodies. Our paper aims to describe an historical and *Nature of Science*/experimental path on Galilean physics and mathematics. One of us (VC) is currently working at a high school in Naples (Italy) with the following educational aspects of the present research: analysing Galilean sources (about free fall) and secondary literature on the subject. The main idea is starting from the analysis of the pendulum motion and of the water clock essential to perform the measurement of time – right in the historical context.

Keywords: Galileo, Free fall, Nature of Science Teaching, History of Physics.

1. Introduction

The overall aim of this work is to address the Nature of Science (NoS)-teaching of science (physics, physics-mathematics) and educational aspects of the teaching-learning of physics in high school and University, studying both didactic and pedagogical questions within/by means of history of science/Nos (physics, mathematics): priority to situate the learning difficulties experienced by pupils at the core of educational activity; understanding how historical foundations of science can be used for teaching or pedagogical purposes; proposing to the students an appropriate educational path in a physics measurement workshop while respecting the didactics of science (physics-mathematical modelling) by means of a historical interdisciplinary approach to the disciplines of science education.

2. Galilean sources: *De Motu* and the Ms. 71 of Galileo's Manuscripts (Gal71)

De Motu Antiquiora is the title of six Latin documents concerning the movement of bo-

dies subject to gravity (considered only as a quality) and some of its applications including the fall in a medium, along an inclined plane and his first investigations into the motion of projectiles (still linked to medieval tradition). These writings are contained almost entirely in the Gal71 manuscript conserved at the *Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze* (BNCF). They were approximately written by Galileo in Pisa between 1589 and 1592 and were published for the first time only in the second half of the 1800s. Favaro collected them together in his first volume of the National Edition of the Works of Galileo (Favaro 1890-1909, I, pp. 251-419). They consist of a treaty of 23 chapters (pp. 251-340), a reworking of the first two chaps (pp. 341-343), an essay in ten chapters (pp. 344-366), a dialogue (incomplete) concerning the themes of the treaty (pp. 367-408), some notes not included in Gal71 manuscript (pp. 409-417) and the work plan (pp. 418-419). At that time, the motion could be supposed to be natural or violent, according to the Aristotelian school. The natural motion consists of bodies spontaneously moving towards a natural place; the violent motion is determined by a force (Ross 1930, *De Caelo*, 276a). Galileo – after criticizing Aristotelian approach – tried this conceptualisation, arguing Archimedes' hydrodynamics (Chalmers 2017). Galilean approach consisted of a speed of a moving body – upwards or downward – by natural motion (uniform) that is proportional to the difference between the specific weight of the body and that of the surrounding medium (Favaro 1890-1909, I, pp. 271-273);¹ rejecting the idea of Aristotle who believed that the falling speed is proportional to the weight of the body (Ross 1930, *Physica*, 216a 13-16); inversely proportional to the density of the medium (Ross 1930, *Physica*, 215a 31- 215b 12) when comparing with *Discorsi* (Favaro 1890-1909, VIII, pp. 105-117). Galileo, by means of his Archimedean approach, considered as possible the motion of a body in vacuum, with a maximum but–not–infinite speed as Aristotle's theory had predicted. In *Discorsi*, Galileo renounced to any explanation of a dynamic type but further developed his considerations on the fall of bodies of the same form but of different nature in fluids of different resistance, arriving at a correct description of the motion (as accelerated in a first phase and then at constant speed in the second one) arguing by decreasing the resistance of the medium – accordingly with the vacuum, the fall times do not depend on the mass of the bodies (Favaro 1890-1909, VIII, pp. 117-119). In NoS, this is a very interesting example of preliminary analysis of a phenomenon and quantities. It helps to understand what are the fundamental procedures followed by scientists in the formulation of a physical law.² The criticism shared by Galileo of the Aristotelian theory concerning the active role of the medium, to justify violent motion (Ross 1930, *Physica*, 215a 16-18) must also be attributed to Benedetti. Both scientists resorted to the notion of *vis impressa*, very close to the medieval one of *impetus* (and to the modern one of *momentum*) that did not require the application of any additional force to keep a body in motion. The Archimedean approach also helped to determine the right expression of the upward force necessary to balance the effect of gravity; see Fig. 1 (left).

¹ Hardly was the calculation between two non-homogenous quantities like space and time. In fact, in the period of time, they were commented as non-possible to do.

² The Archimedean approach and the conclusion that bodies of different masses but of the same type fall with the same speed can be found in the years immediately preceding even in the work of Giambattista Benedetti (1530-1590); see (Benedetti 1953).



Fig. 1. Left: proofing of the upward force necessary to balance the effect of gravity along an inclined plane. Manuscript Gal 71. Detail of folio 95r. Right: by decreasing the slope of the plane ad until the horizon, the sphere e , if subject only to its weight f and to no resistance, can be moved by a force less than any given force. Manuscript Gal 71. Detail of folio 97r (with kind permission of *Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze*).

In fact, it has to be observed that “the same weight can be drawn up an inclined plane with less force than vertically, in proportion as the vertical ascent is smaller than the oblique” (Favaro 1890-1909, I, p. 298; Galilei 1960, p. 65).³ Galileo considers bent levers moving along a circumference and assumes the motion of a body in a point of the lower quadrant of the circle to be equivalent to that of a body descending on a sloping plane tangent to the circle in that point.

A consequence of the theorem is an earliest formulation of the inertia principle. Indeed, a spherical body “that does not resist motion [...] on a plane parallel to the horizon will be moved by the very smallest force, indeed, by a force less than any given force” (Favaro 1890-1909, I, pp. 298-299; Galilei 1960 pp. 65-66); see Fig. 1 (right). Therefore, while the spontaneous downward motion along an inclined plane must be considered to be natural and the upward movement to be forced, the motion along a horizontal plane is neither one nor the other but what Galileo called “neutral motion” (Galilei 1960, p. 67, ft. 9). Galileo gave another example of “neutral motion” as that of a body that moves undisturbed with uniform circular motion (circular inertia⁴) around the centre of the Universe as the skies and the stars do – in a still geocentric vision – along a concentric sphere with the Earth without moving away or approaching its centre (Favaro 1890-1909, I, p 305). In Galileo’s opinion, a uniform rectilinear motion, on the other hand, occurring in a plane tangent to this sphere, had the problem of not being

³ Galileo gives another proof of the same theorem in *Le Meccaniche* (Favaro 1890-1909, II, pp. 181-183). This paper, devoted to the science of weights (i.e. equilibrium), is also relevant for the study of motion. See for example the introduction of the concept of *momento* which has both static (Favaro 1890-1909, II, pp. 17-28, 159) and dynamic (Favaro 1890-1909, II, p.68) connotations (Pisano, Gatto 2021, pre-print).

⁴ Galileo returned to the concept of circular inertia in *Le Meccaniche* (Favaro 1890-1909, II, pp 179-180), more explicitly in *Seconda Lettera sulle Macchie Solari* of 1612 (Favaro 1890-1909, V, pp. 134-135) and in *Dialogo sui Due Massimi Sistemi del Mondo* (Favaro 1890-1909, VII, pp. 56-57). In his maturity, in *Discorsi* we find that the terms of principle of inertia are very similar to the modern ones: “[...] any velocity once imparted to a moving body will be rigidly maintained as long as the external causes of acceleration or retardation are removed, a condition which is found only on horizontal planes” (Favaro 1890-1909, VIII, p. 243; Galilei 1914, p. 215). However, lacking the theory of gravitation, the Pisan scientist would never be able to solve the problem of uniform circular motion (Favaro 1890-1909, VIII, pp. 283-284; Galilei 1914, pp.261-262).

able to preserve for a long time its steady speed because its points were not equidistant from the centre of the Earth (Favaro 1890-1909, I, p. 301).

3. Time and its measure. The Law of Quadratic Proportionality

A great innovation at the origins of the modern science of mechanics is the emphasis given by Galileo to the notion of time achieved through two complementary approaches – mathematical and measuring (Abattouy 1992, p. 119; on Galileo see also Palmerino 2018).⁵ In order to prove that the naturally descending bodies follow a uniformly accelerated motion, Galileo claims to have made a bronze ball for a clean and smooth canal, measuring time by a water clock (Favaro 1890-1909, VIII, pp. 212-213). The constant-flow chronograph, coupled with a fairly sensitive weight scale, was a particularly useful tool for Galileo because it can measure short intervals of time in a continuous manner in which the uncertainty of the measure is essentially due to the investigator's reflexes (Vergara Caffarelli 2009, pp. 211-212). In the letter to Giovan Battista Baliani dated 1 August 1639, Galileo emphasises the importance of this measuring instrument, but also that of using the pendulum for time measurements (Favaro 1890-1909, XVIII, p. 76-77). Galileo announced his discovery of the pendulum isochronism in the letter to Guidobaldo del Monte dated 29 November 1602 (Favaro 1890-1909, X, pp. 97-100) and described, first in the *Dialogo* (Favaro 1890-1909, VII, pp. 475-477) but, above all, in the *Discorsi* (Favaro 1890-1909, VIII, pp. 128-130, 139-140), some simple experiments about the pendulum that have great educational value.⁶ So we can suppose that Galileo would use the pendulum to get time intervals all equal to each other in order to experimentally verify the so-called law of odd numbers,⁷ stating that a naturally descending body starting from rest, during equal intervals of time, traverses distances which are related to each other as the odd numbers beginning with unity (1, 3, 5, ...), that is, measuring the spaces all from the quiet position and the corresponding time intervals, the spaces traversed are in the ratio of the squares of the times.

⁵ We find the concept of time in the description of motion only in the formulation of Kepler's third law and in the mathematical description of the spiral as a function of time by Archimedes (Abattouy 1992, p. 130; Pisano, Bussotti 2017; Pisano, Agassi, Drozdova 2017) as the composition of a uniform rectilinear motion and a uniform circular one (Heath [1987] 2002), p. 154).

⁶ Pendulum properties can be studied as was done by Galileo through three simple experiments: two pendulums – of different masses, with different amplitudes or different lengths – are made to oscillate together. The oscillation time changes only in the last case (Galileo suggests a length of four times that of the other one, obtaining an oscillation time that is twice of the other).

⁷ Drake (1975, pp. 100-101) suggested that on folio 107v calculations and diagrams are linked to experimental data, in order to confirm the law of odd numbers: “the figures listed in the third column at the top left represent very nearly the distances from rest of a ball rolling down an inclined plane at the ends of eight equal times. The distances were actual, not theoretical, since they differ slightly from the products of the first number, 33, by the square numbers 1, 4, 9, ..., 64”. See Fig. 2 (left). Doubts about this interpretation were expressed in (Renn *et al.* 2000) and (Damerow *et al.* 2004, p. 167, ft. 83).



Fig. 2. Left: data about the odd numbers law. Gal72. Detail of folio 107v. Right: the measures of the ranges of the projectile motion with horizontal initial velocity. Manuscript Gal 72. Detail of folio 116v (with kind permission of *Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze*).

4. The Galilean Manuscript 72

The Galilean Ms. 72 is conserved at the *Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze*. It includes his handwritten notes on motion, almost all in the original hand of Galileo (1602-1637, ff. 33r-194r) and some other sheets concerning with other topics such as an incomplete copy of *Le Meccaniche* (Galilei 1602-1637, ff. 9-26). They range from 1602 to the publication of the *Discorsi*. Favaro published most documents in the footnotes to *Discorsi* or in the Fragments relating to the manuscript (Favaro 1890-1909, VIII, pp. 363-448). Drake published them entirely in a probable order in 1979 (Drake 1979). Among the most significant folios for educational purposes we can certainly include the previously quoted folio 107v relating to the study of naturally accelerated motion and the folio 152r where the conceptual change is attested by a falling speed proportional to space to a speed proportional to time (Damerow *et al.* 2004, 180-197). His experimental notes on the parabolic motion of the projectiles are of particular interest. It is already in Tartaglia's view that the launch angle for the maximum range of the projectile is 45° (Pisano, Capecchi 2015, p. 39; Pisano 2020). The first studies on the parabolic trajectory are due to Galileo and Guidobaldo del Monte (Renn *et al.* 2000). Accordingly to Drake and MacLachlan (1975), the most significant Galileo's experiment can be considered an indirect test of the principle of inertia. The top of folio 116v (see Fig. 2, right) represents the trajectories of a ball that, after falling from an inclined plane, is deflected to move initially in the horizontal direction. The horizontal motion, ignoring the air resistance, obeys the Galilean inertia principle that, in the absence of forces, the ball must continue to move with a straight-line motion at constant speed. The ball in the vertical direction is subject to the weight force. The result of this composition of movements is a parabolic motion. Along a vertical line Galileo recorded the numbers 300, 600, 800, and 1000. They are the heights from which a ball is descending along an inclined plane (that has not been drawn). The unit of measure taken by Galileo is the point, which is equivalent to 0.9 mm. The table is placed at a height of 828 points. Along the horizontal axis are reported the distances, in points from the vertical, to which the ball touches the ground for the different heights of the inclined

plane. The expected values of such distances (with the deviations from the experimental values) cal-

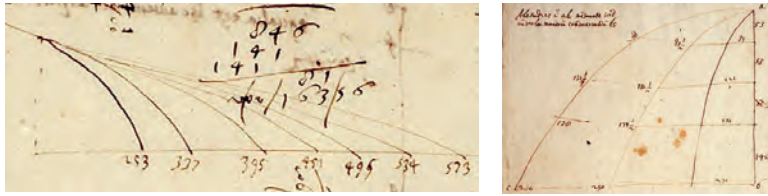


Fig. 3. Left: measured ranges of a falling motion with initial velocity in oblique direction. Manuscript Gal 72. Detail of folio 114v. Right: reconstruction of the trajectories by a horizontally launched ball. Manuscript Gal 72. Detail of folio 81r (with kind permission of *Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze*).

culated by Galileo are also indicated, assuming the conservation of velocity in the horizontal direction, proportional to the square root of the height of the inclined plane.

In order to visualize the whole trajectories (not just the impact point with the ground), Galileo recorded the intersections of these with multiple parallel planes placed at different heights. As shown in folio 81r (see Fig. 3, right), he examined the behaviour of a ball that, after falling down along the inclined plane, describes a curved trajectory until it strikes with a plane surface. Galileo recorded the impact points with the utmost precision possible for different planes, in order to obtain a set of points in the space whose interpolation assumes the shape of a curve, corresponding geometrically to a parabola and nowadays described analytically by a second-degree equation (Hill 1988). On this issue, the analysis of folio 117r is also very attractive (Naylor 1976; Hill 1979).

5. A NoS approach

Other researchers performed, with different purposes, the experiments based on Galileo's writings and laboratory notes (Settle 1961; Vergara Caffarelli 2009; Cerreta 2014). At the *Liceo Scientifico "Sbordone"* in Naples a comprehensive experimental educational path was identified by one of us (VC) as synthetized in Table 1.

Acknowledgments

We express our sincere thankfulness and appreciation to Madame Susanna Pelle, who, on behalf of *Settore Manoscritti - Servizio Riproduzioni e Diritti* of *Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze*, gave us the permission to use images of Ms Gal. 71 and Ms. Gal. 72. We thank the Staff, particularly Mme Maria Rosaria Bellavita, of the *Biblioteca "Roberto Stroppolini"*, Department of Physics "*Ettore Pancini*" at the University

of Naples “Federico II”. Finally, we are grateful to *Liceo Scientifico Sbordone*’s Principal, Maria Antonella Caggiano, for supporting our project and allowing its further experimentation.

Misconceptions of the students	<ul style="list-style-type: none"> a. Dependence of pendulum swing time on mass and amplitude. b. Dependence on the mass of the time of fall of a body in the void. c. Direct proportionality between the oscillation period of the pendulum and the length of the string. d. Direct proportionality between the speed in a free fall motion and the distance travelled. e. The force must continue to act to keep a body in motion. f. Direct proportionality between the space travelled along an inclined plane and the time interval spent. g. Trajectory of the motion of the projectile consisting of a straight line until the initial thrust is exhausted and an almost vertical line due to the weight effect. h. Straight trajectory of the projectile falling motion with oblique downward velocity.
Problem-posing	<ul style="list-style-type: none"> a. How could we measure time if we were Galileo? b. Does the free fall of bodies in a vacuum depend on the mass? c. In the free fall motion, how does the distance travelled depend on the time? d. How is it possible to obtain a motion at constant velocity when a body is not subject to forces? e. What are the trajectories of a projectile?
Problem-solving: the units of the learning path	<ul style="list-style-type: none"> a. Let us swing simultaneously two pendulums of different masses, with different amplitude or with wires of different lengths. It is observed that the period of one oscillation depends only on the length of the wire. The fact that it does not depend on the amplitude of the pendulum oscillation during the motion allows us to use the period of oscillation as unit of time measurement (a pendulum length of 25 cm is chosen). To obtain a continuous measurement of time we build a water clock. b. We drop small balls of different masses first in oil, then in water, then in air by extrapolating their behaviour in vacuum. As a further study suggested by Galileo’s writings, we can verify if the terminal velocities of objects as they fall through a fluid are proportional to the differences between the specific weight of the body and that of the surrounding medium. c. We slow the free fall movement by using a 6.75 meters long inclined plane so that we can study motion. We do two experiments: we fix the times that are marked by the pendulum and measure the spaces travelled; we fix the spaces that must be travelled and measure the corresponding time intervals using the water clock. d. We drop a little ball on an inclined plane, varying the height and thus its final speed; then the fall motion continues in air preserving a uniform movement in the horizontal direction. If the initial velocity of the ball in air is horizontally directed, we can verify the direct proportional link between the range and the square root of the launch pad height. We check whether it is possible to extend this study to the case of a initial velocity directed in an oblique direction. e. We can measure the range of the ball at different heights of the impact point so as to reconstruct the trajectory that it is a parabola.

Table 1. The historical experimental learning path.

References

- Abattouy M. (1992). *Deux aspects de la notion du temps dans l'École Galiléenne: Mathématisation et mesure*, in Bucciattini M., Torrini M. (eds.), *Geometria e atomismo nella scuola galileiana*. Firenze: Olschki, pp. 119-145.
- Benedetti G.B. (1553). *Resolutio omnium Euclidis problematum aliorumque ad hoc necessario inventorum*. Venice: Bartholomaeum Caesatum.
- Cerreta P. (2014). “La radice quadrata, un algoritmo nascosto nella gravità”. *Giornale di Fisica*, 55 (1), pp. 45-60.
- Chalmers A.F. (2017). *One hundred years of pressure*. New York: Springer.
- Damerow P., Freudenthal G., McLaughlin P., Renn J. (2004). *Exploring the limits of preclassical mechanics*. Second edition. New York: Springer.

- Drake S. (1979). *Galileo's Notes on motion*. Firenze: Istituto e Museo di Storia della scienza.
- Drake S., MacLachlan J. (1975). "Galileo's discovery of the parabolic trajectory". *Scientific American*, 232 (3), pp. 102-111.
- Favaro A. (ed.) (1890-1909). *Le opere di Galileo Galilei: Edizione nazionale sotto gli auspicci di sua maestà il re d'Italia*. Firenze: Barbera.
- Galilei G. (1602-1637). *Opere di Galileo Galilei. Meccanica. Parte 5. Tomo 2. Manoscritto Gal. 72. Fondo galileiano: Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze*. URL: <http://www.bncf.firenze.sbn.it> [access date: 30/06/2019].
- Galilei G. (1914). *Dialogues concerning two new sciences*. Translated by Crew H, de Salvio A. With an Introduction by Favaro A. New York: Macmillan.
- Galilei G. (1960). *On Motion and On Mechanics*. Edited by I.E. Drabkin and S. Drake. Madison: The University of Wisconsin Press.
- Heath T. (ed.) ([1987] 2002). *The Works of Archimedes*. New York: Dover.
- Hill D.K. (1979). "A Note on a Galilean worksheet". *Isis*, 70, pp. 269-271.
- Hill D.K. (1988). "Dissecting trajectories: Galileo's early experiments on projectile motion and the Law of Fall". *Isis*, 79, pp. 646-668.
- Naylor R.H. (1976). "Galileo: The search for the parabolic trajectory". *Annals of Science*, 33, pp. 153-172.
- Palmerino C.R. (2018). "Discussing what would happen: The role of thought experiments in Galileo's Dialogues". *Philosophy of Science*, 85 (5), pp. 906-918.
- Pisano R. (2017). *On the conceptualization of force in Johannes Kepler's corpus: an interplay between physics/mathematics and metaphysics*, in Pisano R., Agassi J., Drozdova D. (eds.). *Hypothesis and perspective in history and philosophy of science. Homage to Alexandre Koyré 1892-1964*. Dordrecht: Springer.
- Pisano R. (2020). "A Tale of Tartaglia's Libro Sesto & Gionta in *Quesiti et Inventioni diverse* (1546-1554). Exploring the Historical and Cultural Foundations". *Foundations of Science*, 25 (2), pp. 477-505.
- Pisano R., Gatto R. (2021). Galileo's *Le mecaniche*. English translation and critical commentaries. Dordrecht: Springer, preprint.
- Pisano R., Bussotti P. (eds.) (2017). "Homage to Galileo Galilei 1564-2014. Reading iuvenilia Galilean works within history and historical epistemology of science". *Philosophia Scientiae*, 21 (1).
- Pisano R., Capecchi D. (2015). *Tartaglia's Science of Weights and Mechanics in the Sixteenth Century*. Dordrecht: Springer.
- Renn J., Damerow P., Rieger S. (2000). "Hunting the white elephant: When and how did Galileo discover the Law of Fall". *Science in Context*, 13, pp. 299-419.
- Ross W.D. (ed.). (1930). *The Works of Aristotle*. Vol. II. *Physica, De Caelo, De Generatione et Corruptione*. Oxford: Clarendon Press.
- Settle T.B. (1961). "An experiment in the history of science". *Science*, 133, pp. 19-23.
- Vergara Caffarelli R. (2009). *Galileo Galilei and Motion*. Bologna: Società Italiana di Fisica.

Notes on discoveries of gravitational waves as new History of Physics frontier research programme

Raffaele Pisano - IEMN, Lille University, France; Associate to London School of Economics - raffaele.pisano@univ-lille.fr
Philippe Vincent - PhD Student, Lille University - philippe.vincent@etu.univ-lille.fr

Abstract: The detection on September 14, 2015 at 09:50:45 UTC of the LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration opened a scientific era towards a new cosmology. The physics of waves is one of the main current frontier fields of physics, although these detections happened 100 years after their predicted existence by Albert Einstein's (1879-1955) *Theory of Relativity*. Recent roots reach as far back as to Sir William Kingdon Clifford (1845–1879). The latter proposed that the nature of space was non-Euclidean, and worked on the shift in light polarization during an eclipse. However, an early mention of gravitational waves *per se* seems belong to Henri Poincaré's (1854-1912) *Sur la dynamique de l'électron* (1905) in which he talks about the existence of "onde gravifique". We briefly present historical notes on the discovery of gravitational waves as currently object of doctoral research by one of us.

Keywords: Astronomy, History and Epistemology of Physics, Nature of Science Teaching, Gravitational waves, Physics–Mathematics Relationship, Intellectual History

1. What is the story?

1.1. On gravitational waves (1920; 1937; 2015-present)

The LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) and Virgo (Virgo Cluster) Scientific Collaborations addressed to the direct¹ detection of gravitational waves in the emerging field of gravitational waves; science as a tool for astronomy and cosmology research, upgrading and exploitation of detectors, in order to inquire the fundamental physics of gravity.

Albert Einstein's theory of General Relativity made predictions, for instance, about the perihelion precession of Mercury, the Universe as dynamic structure, problems with trajectory of light (Einstein 1920, pp. 148-159), to name a few, and of course, gravita-

¹ As in <https://www.ligo.caltech.edu/> through the use of interferometers and by opposition of the indirect proof of the existence of gravitational waves made by observing the orbital decay of the Hulse-Taylor binary pulsar that lead to the Nobel Prize in Physics of 1993.

tional waves (Einstein 1937). Generally speaking, the *Relativity*, space and time magnitudes are no longer separate entities: they are unified as one unique entity: *spacetime*. In this new – at that time – conceptual framework, the gravity has a geometrical structure (Einstein 1920); different from Keplerian–Newtonian paradigm (Pisano, Bussotti 2017; 2012; see also Newton 1729, III, Pr. VIII, Th. VIII, p. 226). The gravity arises from a topology inquiring and included *ad hoc* geometrical properties of *spacetime*.

In this context, “*spacetime* tells matter how to move, and matter tells *spacetime* how to curve” (Wheeler, Ford 2000, p. 235). In other words, gravity is conceptualised as a field; a gravitational field, co-dependent with (the presence of) matter and/or energy. In this new structure, the more mass-energy in a region of *spacetime*, the more the associated region of *spacetime* is curved as a result (Einstein 1920, pp. 135-137).

Let us now consider two extremely massive objects orbiting around one another like a pair of neutron stars or a pair black holes. According to Einstein’s theory (Weisberg, Taylor 2005), this binary system should be spiralling closer and closer, more and more rapidly our two celestial bodies get. In this case, two black holes may be slowly spiralling for billions of years and end up coalescing together in an instant, progressively rotating faster and faster until reaching relativistic speeds some moments before the merge. Such catastrophic events involving very massive objects exert extreme constraints on the surrounding regions of space and produce very intense disturbances in *spacetime*, and these disturbances then propagate at the speed of light in all directions, through the entire universe, passing through matter almost unaffected but decaying in power following an inverse square law with distance. Because of this last fact, when gravitational waves reach us after having travelled for billions of years, they are minuscule. Einstein himself doubted (Einstein 2005, p. 122) that we could ever manage to measure them if they existed as the scales involved are preposterous.

Recently, on September 14th 2015, about 100 years after their existence had been predicted (LIGO 2016, p. 6), a first direct detection of gravitational waves was made by the Advanced LIGO detectors, which are part of the LIGO-Virgo collaboration. The two LIGO detectors are located far from one another in order to minimize the risk of detecting a signal unrelated to gravitational waves due to environmental noise. The event that generated the gravitational waves detected was the collision of two black holes, and took place about 400 Mparsecs or 1.3 billion light-years from Earth, which is equivalent to say that this incredible event took place 1.3 billion years ago. This binary black hole merger involved a pair of black holes of estimated 36_{-4}^{+6} and 32_{-5}^{+4} solar masses (LIGO 2016, p. 6).

1.2. On History of Physics research program (2017-present)

Historically, we perform a re-thinking about the role played by physics-mathematics relationship and the measurements-procedures for inquiring gravitational waves, also examining correlated scientific and NoS-historical-epistemologically items. Particularly, part one of Vincent Ph.D. thesis is focused on the *Physics of Waves* also for non-

physicist readers (Vincent 2017). The second part of that thesis is on the history of waves and the case of gravitation: gravitational waves theoretical methods, experimental observations and data, how gravitational wave signal detection has evolved to the interferometers methods. The last two final parts are focusing on the *Analysis of Teaching-Learning as Nature of Science Inquiry* and *Didactic and Epistemological Inquiring* with sections on the *Nature of Science Teaching*.

2. On Sir William Kingdon Clifford (1867; 1870)

William Kingdom Clifford was an English mathematician who worked with Bernhard Riemann (1826-1866). As his follower, Clifford was interested in Riemann's mathematical-geometrical work and ideas about his theories regarding curved spaces. He translated some of Riemann's works from German to English (Riemann 1854; Clifford 1867).

A few years later, in 1870, Clifford gave a lecture entitled "On the Space-Theory of Matter" (Clifford 1976) to the Cambridge Philosophical Society, where he referred to Riemann's research:

Riemann has shewn that as there are different kinds of lines and surfaces, so there are different kinds of space of three dimensions; and that we can only find out by experience to which of these kinds the space in which we live belongs (Clifford 1870, pp. 157-158).

In this lecture, he focussed on the results on the relations between physical space and the geometric axioms of three-dimensional spaces of constant curvature and presented some of the ideas he developed. For instance, he postulated that the intrinsic nature of physical space is non-Euclidean and therefore that the axioms of Euclidean geometry are not valid in them. He then proceeded to explain their apparent validity being a question of an averaged deceptive flatness due to the scale considered by using a sheet of paper as an example:

In particular, the axioms of plane geometry are true within the limits of experiment on the surface of a sheet of paper, and yet we know that the sheet is really covered with a number of small ridges and furrows, upon which (the total curvature not being zero) these axioms are not true. Similarly, he [Riemann] says, although the axioms of solid geometry are true within the limits of experiment for finite portions of our space, yet we have no reason to conclude that they are true for very small portions; and if any help can be got thereby for the explanation of physical phenomena, we may have reason to conclude that they are not true for very small portions of space (Clifford 1870, pp. 157-158).

Particularly important in above example is what conclusions an observer would draw depending on the chosen scale. When looking at the sheet of paper, one could see it as flat and representing a Euclidean two-dimensional space – not counting its thickness – in which "the ordinary laws of geometry" are true. However, when changing scale and

looking closer at the constituents of the paper, one would observe a completely different kind of space. Still ignoring the thickness of the sheet of paper, the observer, if looking close enough, would notice that this space is clearly not flat, but a collection of intertwined fibres. Clifford continues by also stating that “the motion of matter” – gravitation – could be formally represented by this underlying geometry:

I hold in fact (1) That small portions of space *are* in fact of a nature analogous to little hills on a surface which is on the average flat; namely, that the ordinary laws of geometry are not valid in them. (2) That this property of being curved or distorted is continually being passed on from one portion of space to another after the manner of a wave. (3) That this variation of the curvature of space is what really happens in that phenomenon which we call the *motion of matter*, whether ponderable or ethereal. (4) That in the physical world nothing else takes place but this variation, subject (possibly) to the law of continuity (Clifford 1870, p. 158).

Regarding these statements, and in particular his points “(2)” and “(3)”, Clifford was onto something when talking about the property of space to be curved or distorted after the manner of a wave and that this variation is influencing the *motion of matter*.

3. On Henri Poincaré’s (1905)

As good as the intuition of Clifford was, and despite using the keyword “wave” when saying “after the manner of a wave” to describe the propagation of a variation in the geometry of space almost a decade before Einstein was even born and almost three decades before Einstein’s theories, the first mention of gravitational waves *per se* could be attributed to Henri Poincaré.

In Poincaré’s paper *On the dynamics of the electron* (Poincaré 1905), talking about “determining the absolute motion of the Earth” with respect to the ether, as opposed to its motion “with respect to other celestial bodies” thanks to “the aberration of light and related optical and electrical phenomena”, Poincaré discusses Lorentz’s postulate of the contraction of all bodies in the direction of the motion of the Earth as an explanation for Michelson’s experiment results:

But Michelson, who conceived an experiment sensitive to terms depending on the square of the aberration, failed in turn. It appears that this impossibility to detect the absolute motion of the Earth by experiment may be a general law of nature [...]. An explanation was proposed by Lorentz, who introduced the hypothesis of a contraction of all bodies in the direction of the Earth’s motion (Poincaré 1905, p.77).

From this postulate and, according to Poincaré, as Lorentz judged necessary to extend his hypothesis for all forces and not just electromagnetic forces, Poincaré reflected on what modifications could be applied to the laws of gravitation in order for them to follow Lorentz postulate.

In order to do so, Poincaré thus had to make the assumption that the transmission of gravity is done at the speed of light even if “Laplace demonstrated that this cannot be the case”:

It was important to examine this hypothesis closely, and in particular to ascertain the modifications we would have to apply to the laws of gravitation. We find first of all that it requires us to assume that gravitational propagation is not instantaneous, but occurs with the speed of light (Poincaré 1905, p.80).

Poincaré then continued his reflexion about the transmission of gravity done at the speed of light between different bodies and finally coined the term “gravitational wave”:

Remember that when we speak of the position or velocity of the attracting body, this refers to its position or velocity at the instant the gravitational wave [*onde gravifique*] takes off; for the attracted body, on the contrary, this refers to the position or velocity at the instant the gravitational wave arrives (Poincaré 1905, p. 80).

Unfortunately, Poincaré refrained from continuing his analysis further and concluded his paper with a few remarks regarding the deviation with the ordinary law of gravitation and the precision of astronomical observations.

4. Concluding Remarks

Following Riemann’s researches, Clifford postulated that the geometry of physical space was influencing the “motion of matter” which can be understood as gravitation.

According to Poincaré, Laplace postulated that the transmission of gravity was not instantaneous but done at a speed much faster than that of light; however, Poincaré set it to the speed of light and coined the term “gravitational wave” during his analysis.

The roots of our “history of the discovery of gravitational waves” try to detail on less known specific research-contributors to the scientific breakthroughs and innovative ideas in physics-mathematics.

References

- Clifford W.K. (1867). “On the Hypothesis which lie at the Bases of Geometry”. *Nature*, 8, pp.14-17, pp.36-37.
- Clifford W.K. (1870). Lecture delivered to the Cambridge Philosophical Society, reproduced in Petic P. (2007), *Beyond Geometry*. New York: Dover.
- Clifford W.K. (1976). *On the Space-Theory of Matter*, in Čapek M. (ed.), *The Concepts of Space and Time*. Dordrecht: Springer (Boston Studies in the Philosophy of Science, n. 22).

- Einstein A. (1916). "Näherungsweise Integration der Feldgleichungen der Gravitation". *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften Berlin (Math. Phys.)*, 22, pp. 688-696.
- Einstein A. (1920). *Relativity. The Special and General Theory*. New York: Henry Holt and Company.
- Einstein A. (2005). *The Born–Einstein Letters: Friendship, Politics, and Physics in Uncertain Times*. New York: MacMillan.
- LIGO Scientific Collaboration (2016). "Tests of General Relativity with GW150914". *Physical Review Letters*, 116, p. 221101.
- Newton I. ([1713] 1729). *The Mathematical principles of natural philosophy*. Translated by Motte A. London: Motte.
- Pisano R., Bussotti P. (2017). *On the Conceptualization of Force in Johannes Kepler's Corpus: an Interplay between Physics/Mathematics and Metaphysics*, in Pisano R., Agassi J., Drozdova D. (eds.), *Hypothesis and Perspective in History and Philosophy of Science. Homage to Alexandre Koyré 1892-1964*. Dordrecht: Springer.
- Pisano R., Bussotti P. (2012). "Galileo and Kepler. On *Theoremata circa centrum gravitatis solidorum* and *Mysterium cosmographicum*". *History Research*, 2 (2), pp. 110-145.
- Poincaré H. (1905). *Sur la dynamique de l'électron*, in Poincaré H. (1924), *La mécanique nouvelle, conférence, mémoire et note sur la théorie de la relativité*. Paris: Gauthier-Villars.
- Rahman S., Symons J., Gabbay D.M., van Bendegem J.P. (2009) (eds.). *Logic, Epistemology, and the Unity of Science*. Dordrecht: Springer.
- Riemann B. (1854). "Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen". *Abhandlungen der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*, 13.
- Vincent P. (2017). *A role played by the history in the discovery of gravitational waves, Hypotheses and perspectives* (Ph.D. Thesis). University of Lille.
- Walter S. (2011). "Henri Poincaré. Sur la dynamique de l'électron". *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* 21, pp. 129-176.
- Weisberg J.M., Taylor J.H. (2005). *Relativistic binary pulsar B1913+16: Thirty years of observations and analysis*, in Rasio F.A., Stairs I.H. (eds.), *Proceedings of the Conference on Binary Radio Pulsars* (Aspen, January 11-17, 2004). San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, pp. 25-31.
- Wheeler J.A., Ford K.W. (2000). *Geons, Black Holes and Quantum Foam – A life in Physics*. New York: Norton & Co.

**SISFA – Società Italiana degli Storici della Fisica e dell’Astronomia
Proceedings of the 38th Annual Conference – Messina, Reggio Calabria 2018**

Edited by Salvatore Esposito, Lucio Fregonese, Roberto Mantovani

Abstract

The 38th annual SISFA Congress (2018) developed through various sessions addressing a variety of themes in the history of physics and astronomy from antiquity to the 20th century. Historical collections and the role of instruments in the development of physics and astronomy were among the subjects addressed. The results and potentialities of the history of physics and astronomy were also explored in connection with applications in education and outreach activities.

The year 2018 was particularly dense of important anniversaries, among which the disappearance of Ettore Majorana (1938), the promulgation of the racial laws in Italy (1938), with – among other things – their negative impact on national science, and the birth (1818) of Angelo Secchi, one of the founders of modern astrophysics. Specific topical sessions considered these important figures and events on the basis of up-to-date scholarly research.

A talk presenting the 2018 HYPE initiative, organized jointly by the Italian and the International Physics and History Students Associations, witnessed the remarkable cultural interest of the younger generations for the history of physics and offered their points of view to the audience.

This volume collects the numerous articles presented for the congress proceedings on the various general and topical themes.

Salvatore Esposito, former member of the Board and Secretary of the Italian Society of the Historians of Physics and Astronomy, is Full Professor (qualification) in Didactics and History of Physics and Associate Professor (qualification) in Theoretical Physics of Fundamental Interactions. His research interests range from theoretical physics, to science and museum popularization, to history of physics. He is considered one of the world experts on Ettore Majorana’s work.

E-mail: Salvatore.Esposito@na.infn.it

Lucio Fregonese teaches History of Physics at the Physics Department of the University of Pavia. He focuses on the history of physics in the 18th and 19th centuries and on the cultural and educational applications of scientific heritage. From 2012 to 2018 he has served as President of SISFA.

E-mail: lucio.fregonese@unipv.it

Roberto Mantovani since 2004 teaches History of Scientific Instruments at the Department of Pure and Applied Sciences (DiSPeA) of the University of Urbino Carlo Bo. In the same university he is also scientific Curator of the Physics Laboratory: Urbino Museum of Science and Technology. His research is mainly focused on History of Scientific Instruments and more generally on the History of Physics for the Eighteenth and Nineteenth Centuries. He was a member of the Board of the Italian Society of the Historians of Physics and Astronomy (SISFA) from 2006 to 2012 and Secretary of the same Society from 2015 to 2020.

E-mail: roberto.mantovani@uniurb.it

SISFA – Società Italiana degli Storici della Fisica e dell’Astronomia
Atti del XXXVIII Convegno annuale – Messina, Reggio Calabria 2018

A cura di Salvatore Esposito, Lucio Fregonese, Roberto Mantovani

Abstract

Il XXXVIII Congresso annuale SISFA (2018) si è articolato in varie sessioni che hanno affrontato una varietà di temi di storia della fisica e dell’astronomia dall’antichità fino al XX secolo. Le raccolte storiche e il ruolo degli strumenti nello sviluppo della fisica e dell’astronomia sono stati tra i temi affrontati. I risultati e le potenzialità della storia della fisica e dell’astronomia sono stati esplorati anche in relazione alle applicazioni nell’insegnamento e nelle attività di divulgazione.

L’anno 2018 è stato particolarmente denso di importanti anniversari, tra cui la scomparsa di Ettore Majorana (1938), la promulgazione delle leggi razziali in Italia (1938), con – tra le varie cose – il loro impatto negativo sulla scienza nazionale, e la nascita (1818) di Angelo Secchi, uno dei fondatori della moderna astrofisica. Sessioni tematiche specifiche hanno preso in considerazione questi importanti eventi e figure sulla base di ricerche accademiche aggiornate.

Una presentazione dedicata all’iniziativa HYPE 2018, organizzata congiuntamente dalle associazioni italiana e internazionale degli studenti di fisica e di storia, ha testimoniato il notevole interesse culturale delle giovani generazioni per la storia della fisica e offerto i loro punti di vista ai partecipanti.

Questo volume raccoglie i numerosi articoli presentati per gli atti del congresso sui vari argomenti generali e tematici.

Salvatore Esposito, già membro del Consiglio Direttivo e Segretario della SISFA, è Professore Ordinario abilitato di Didattica e Storia della Fisica (02B2 – FIS/08) e Professore Associato abilitato di Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali.

Le sue ricerche spaziano dalla fisica teorica, alla didattica museale e scientifica, alla storia della fisica. È considerato uno dei massimi esperti mondiali dell’opera di Ettore Majorana.

E-mail: Salvatore.Esposito@na.infn.it

Lucio Fregonese insegna Storia della Fisica nel Dipartimento di Fisica dell’Università di Pavia. Concentra le ricerche sulla fisica del Settecento e dell’Ottocento ed è parallelamente attivo sul versante della valorizzazione culturale e didattica del patrimonio storico-scientifico. Dal 2012 al 2018 è stato Presidente della SISFA.

E-mail: lucio.fregonese@unipv.it

Roberto Mantovani insegna dal 2004 Storia della Strumentazione Scientifica presso il Dipartimento di Scienze Pure ed Applicate (DiSPeA) dell’Università di Urbino Carlo Bo. In questa Università è anche Curatore scientifico del Gabinetto di Fisica: Museo urbinato della Scienza e della Tecnica. Le sue ricerche si focalizzano principalmente nel campo della Storia della Strumentazione Scientifica e più in generale della Storia della Fisica per il Settecento e l’Ottocento. È stato membro del Direttivo della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell’Astronomia (SISFA) dal 2006 al 2012 e Segretario della medesima Società dal 2015 al 2020.

E-mail: roberto.mantovani@uniurb.it

