

Volume 13

IL COLLE
di
GALILEO

2 · 2024

IL COLLE di GALILEO



ISSN
2281-7727

fi
FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS

Il Colle di Galileo

Volume 13, 2, 2024



Il Colle di Galileo

Direttore

Oscar Adriani, *Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università degli Studi di Firenze*

email: oscar.adriani@unifi.it

Comitato di Redazione

Alessandro Farini, *CNR Istituto Nazionale di Ottica*

email: alessandro.farini@cnr.it

Massimo Lenti, *Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università degli Studi di Firenze*

email: massimo.lenti@unifi.it

Nicoletta Sanna, *INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri*

email: nicoletta.sanna@inaf.it

Andrea Tesi, *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze*

email: tesi@fi.infn.it

Comitato Scientifico

Oscar Adriani, *Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università degli Studi di Firenze*

email: oscar.adriani@unifi.it

Elisabetta Baldanzi, *CNR Istituto Nazionale di Ottica*

email: elisabetta.baldanzi@cnr.it

Marco Benvenuti, *Presidente del Sistema Museale d'Ateneo, Università degli Studi di Firenze*

email: m.benvenuti@unifi.it

Francesco Saverio Cataliotti, *CNR Istituto Nazionale di Ottica, Direttore*

email: francescosaverio.cataliotti@unifi.it

Stefania De Curtis, *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze*

email: decurtis@fi.infn.it

Simone Esposito, *INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Direttore*

email: simone.esposito@inaf.it

Duccio Fanelli, *Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università degli Studi di Firenze, Direttore*

email: duccio.fanelli@unifi.it

Alessandro Farini, *CNR Istituto Nazionale di Ottica*

email: alessandro.farini@cnr.it

Mariaelena Fedi, *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze*

email: fedi@fi.infn.it

Daniele Galli, *INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri*

email: daniele.galli@inaf.it

Antonella Gasperini, *INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri*

email: antonella.gasperini@inaf.it

Giovanni Passaleva, *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze, Direttore*

email: giovanni.passaleva@fi.infn.it

Samuele Straulino, *Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università degli Studi di Firenze*

email: samuele.straulino@unifi.it



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare



CNR-INO
ISTITUTO NAZIONALE DI OTTICA
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE



INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

OSSERVATORIO ASTROFISICO DI ARCETRI

Versione elettronica / Online version:

<https://www.fupress.com/cdg>

ISSN (print) 2281-7727; ISSN (online) 2281-9711

© 2024 Author(s)

Content license: except where otherwise noted, the present work is released under Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>). This license allows you to share any part of the work by any means and format, modify it for any purpose, including commercial, as long as appropriate credit is given to the author, any changes made to the work are indicated and a URL link is provided to the license.

Metadata license: all the metadata are released under the Public Domain Dedication license (CC0 1.0 Universal: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>).

Published by Firenze University Press

Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
via Cittadella, 7, 50144 Firenze, Italy
www.fupress.com

Printed in Italy



Sommario

Table of contents

PILLOLE DI STORIA / HISTORICAL PILLS

- 5 Firenze ricorda Margherita Hack nel centenario della nascita
Florence remembers Margherita Hack on the 100th anniversary of her birth
Antonella Gasperini, Giorgio Strano
- 17 Enrico Betti: l'impegno scientifico e civile di un matematico
Enrico Betti: the scientific and civil commitment of a mathematician
Giampaolo Perugi
- 29 Firenze e la storia degli occhiali: tra fake news e progressi tecnologici
Florence and the history of glasses: between fake news and technological progress
Elisabetta Baldanzi, Alessandro Farini

RAPPORTI DI ATTIVITÀ / ACTIVITY REPORTS

- 43 From star clusters to field populations: survived, destroyed and migrated
clusters
- 45 Illuminating the Dusty Universe: A Tribute to the Work of Bruce Draine
- 49 Enlighting Mind
- 53 Dire l'indicibile, a quantum exhibition
- 61 Axions Across Boundaries between Particle Physics, Astrophysics, Cosmo-
logy and forefront Detection Technologies



Il Colle di
Galileo

Firenze ricorda Margherita Hack nel centenario della nascita

*Florence remembers Margherita Hack on the 100th
anniversary of her birth*

Antonella Gasperini¹, Giorgio Strano²

¹INAF Osservatorio astrofisico di Arcetri

²Museo Galileo

Riassunto. Nel giugno 2022, in occasione del centenario della nascita di Margherita Hack, l'Osservatorio di Arcetri e il Museo Galileo hanno organizzato un duplice evento per ricordare la scienziata fiorentina. Diversi studiosi provenienti da diversi ambiti disciplinari si sono interrogati sulle molte sfaccettature della vita e della carriera di Margherita Hack e sulla sua eredità culturale.

Parole chiave: Margherita Hack, donne e scienza, divulgazione astronomica, astrofisica.

Nella realtà come nell'immaginario Margherita Hack è stata, e continua ad essere, nella completezza e complessità della sua persona, un'icona dell'astronomia e dei media: ricercatrice e comunicatrice, appassionata sostenitrice dei diritti civili e paladina instancabile di cause sociali a vasto spettro.

L'identificazione di Margherita Hack come "astronoma per eccellenza" è ancora, a oltre dieci anni dalla morte (29 giugno 2013), tanto radicata nell'opinione pubblica da suscitare un desiderio di appropriazione del personaggio, evidenziato dall'impulso irresistibile di scriverne – e talora riscriverne – la storia.

Abstract. In June 2022, to mark the 100th anniversary of Margherita Hack's birth, Arcetri Observatory and the Museo Galileo organised a dual event to commemorate the Florentine scientist. Scholars from different disciplinary backgrounds questioned the many facets of Margherita Hack's life and career, along with her cultural legacy.

Keywords. Margherita Hack, women and science, astronomical outreach, astrophysics.

In both reality and in the image that we have of her, Margherita Hack was and continues to be, in the completeness and complexity of her person, an icon of astronomy and the media: researcher and communicator, passionate supporter of civil rights and tireless champion of social causes on a broad spectrum.

More than ten years after her death (29 June 2013), the identification of Margherita Hack as the "astronomer par excellence" is still so deeply rooted in public opinion as to arouse a

Molte sono le biografie a lei dedicate, supportate anche dalle testimonianze autobiografiche che, nell'arco della sua lunga parabola esistenziale, la celebre astronoma ha disseminato in articoli, interviste e manifestazioni pubbliche, senza mai lesinare episodi e dettagli della sua vita pubblica e privata.

Nel giugno del 2022, in occasione del centenario dalla nascita (19 giugno 1922), l'INAF – Osservatorio Astrofisico di Arcetri e il Museo Galileo – Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze, insieme all'Università degli Studi e al Comune di Firenze, hanno organizzato un evento in ricordo di Margherita Hack.

Le due giornate in cui si è articolato l'evento hanno avuto tagli diversi: un incontro di approfondimento fra studiosi la prima (al Museo Galileo), e una serata più orientata verso la divulgazione scientifica la seconda (inserita nel ciclo "Notti d'estate ad Arcetri"). Entrambe le giornate sono state seguite da un pubblico attento e partecipe, affascinato dal connubio di passione scientifica e impegno sociale che, con rara immediatezza, Margherita Hack riesce tuttora a trasmettere. L'entusiasmo del pubblico ha contagiato i relatori, che hanno tutti accolto con convinzione la proposta di riunire i loro interventi in un volume.

Il volume in questione, *Firenze ricorda Margherita Hack nel centenario della nascita* (Angelo Pontecorboli Editore, 2023), non ambisce a presentare un profilo biografico e scientifico esaustivo, ma punta a fare emergere momenti e aspetti della vita privata e professionale dell'astronoma fiorentina. Che si parli della formazione, dell'impegno sociale, delle ricerche sulle stelle variabili, della guida dell'Osservatorio Astronomico di Trieste, e via dicendo, alcuni elementi biografici tornano ostinatamente. Anche se ripetitivi, i curatori del volume hanno tro-

desire for the appropriation of her character, highlighted by the irresistible urge to write – and sometimes rewrite – her story.

There are many biographies dedicated to her, some supported by autobiographical accounts scattered in articles, interviews and public events throughout her long existential parabola, without ever skimping on episodes and details of her public and private life.

In June 2022, on the occasion of the centenary of Margherita Hack's birth (19 June 1922), the INAF – Osservatorio Astrofisico di Arcetri and the Museo Galileo – Institute and Museum of the History of Science of Florence, together with the University of Florence and the Municipality of Florence, organised an event in her memory.

Each of the two days of the event had a different slant: the first (at the Museo Galileo) was an in-depth meeting between scholars, and the second (part of the "Notti d'estate ad Arcetri / Summer Nights at Arcetri" cycle) was an evening more focused on popularising science. Both days were attended by an attentive and enthusiastic audience, fascinated by the combination of scientific passion and social commitment that Margherita Hack still manages to convey with rare immediacy. The public's enthusiasm infected the speakers, who all wholeheartedly welcomed the proposal to bring their speeches together in a volume.

The volume in question, *Firenze ricorda Margherita Hack nel centenario della nascita* (Angelo Pontecorboli Editore, 2023, in Italian only), does not aspire to present an exhaustive biographical and scientific profile, but aims to bring out moments and aspects of the Florentine astronomer's private and professional life. Whether we talk about her education, her social

vato arduo stralciarli: questi elementi fanno parte del “personaggio Hack” così come è stato interiorizzato dai singoli autori, alcuni dei quali possono vantarsi di averne avuta conoscenza diretta.

Per esempio, Paolo Molaro è stato collaboratore stretto della Hack. Il suo contributo al volume, dal suggestivo titolo *Margherita Hack: astronoma per caso*, offre uno sguardo sulla scienziata che, appunto, nasce da vicino. La collaborazione fra i due risale alla discussione della tesi di Molaro in *Magister Philosophiae* alla SISSA di Trieste e continuò fino alla morte dell’astronoma. Una collaborazione fatta anche di quotidianità, come testimoniano le belle fotografie mostrate nella presentazione al Teatro del Cielo di Arcetri. Nel 1964, con la nomina a direttrice dell’Osservatorio di Trieste (la prima donna in Italia ad assurgere a una tale funzione), Margherita Hack dette non solo slancio e competitività scientifica all’istituzione, ma riuscì a creare un ambiente di lavoro a dimensione “umana” (le cene in giardino, le partite di pallavolo, eccetera). Il connubio di autorevolezza scientifica e schiettezza è sempre stato la cifra principale del suo modo di essere.

Hack approdò a Trieste dopo gli esordi professionali prima a Arcetri, dove rimase fino al 1954, e poi a Merate, dove restò per quasi dieci anni. Ella percepì l’ambiente lombardo come molto ostile nei suoi confronti; perciò in quegli anni viaggiò molto e attivò collaborazioni all’estero. Per tutta la vita ricordò invece con favore il periodo fiorentino: la preparazione della tesi di laurea durante i bombardamenti del 1944 e i primi anni del suo lavoro di astronoma sotto la guida di Giorgio Abetti, per lei un punto di riferimento, un vero e proprio maestro. Con lui aveva discusso la tesi di laurea nel gennaio del 1945 e con lui si confrontò

commitment, her research into variable stars, her leadership of the Astronomical Observatory of Trieste, and so on, some biographical elements persistently return. Even if they could appear as repetitive, the editors of the volume found it hard to leave them out: these elements are part of the “Hack character” as internalised by the individual authors, some of whom can boast having known her personally.

Paolo Molaro, for example, was a close collaborator of Hack. His contribution to this volume, with the evocative title *Margherita Hack: astronoma per caso* (astronomer by chance), offers a close up insight into the scientist. The collaboration between the two dates back to the discussion of Molaro’s thesis in *Magister Philosophiae* at SISSA in Trieste and continued until the astronomer’s death. Their collaboration was also made up of their day-to-day lives, as can be seen in the beautiful photographs shown in the presentation at the Teatro del Cielo in Arcetri. In 1964, with her appointment as director of Trieste Observatory (the first woman in Italy to rise to such a position), Margherita Hack not only gave the institution momentum and scientific competitiveness, but also succeeded in creating a working environment with a “human” dimension (dinners in the garden, volleyball games, etc.). The combination of scientific authority and candour was always the hallmark of her personality.

Hack arrived in Trieste after making her professional debut first in Arcetri, where she remained until 1954, and then in Merate, where she stayed for almost ten years. She perceived the environment in Lombardy as very hostile towards her and, as a result, travelled extensively during those years, setting up collaborations abroad. She fondly remembered her time in Flor-

sempre sulle scelte scientifiche, come ben testimonia la corrispondenza conservata nell'Archivio storico dell'Osservatorio di Arcetri, di cui alcuni stralci sono pubblicati per la prima volta nel volume.

Altri frammenti di vita emergono dall'incontro di Margherita Hack con Massimo Mazzoni, che riflette su una video-intervista realizzata nell'agosto del 2009, rimasta inedita, di cui sono state presentate per la prima volta alcune sequenze in apertura dell'evento fiorentino. L'intervistata Marga (il nomignolo con cui il marito Aldo De Rosa la chiamava affettuosamente) ripercorre con la consueta vivacità e verve polemica i momenti salienti della propria vita, con sguardo sempre attento alla ricerca astronomica contemporanea, al contesto sociale e politico. Mazzoni la ricorda: "con vestiti sportivi sprofondata in un'ampia poltrona, a volte rilassata, a volte un po' protesa verso di me, con un'attenzione quasi felina, sempre con occhi molto attenti, quasi pungenti, ed un incancellabile sorriso che le dava un'aria di amichevole ironia" [p. 15].

Il contributo di Emiliano Ricci al volume, ricco di ricordi personali, è incentrato sulla divulgazione astronomica, un carattere centrale nel percorso professionale della Hack. In questo ambito la sua produzione editoriale è stata prolificissima, portandola a fondare, insieme a Corrado Lamberti, due riviste rivolte al grande pubblico: *l'Astronomia* nel 1979 e *Le Stelle* nel 2002. Ambedue le riviste hanno goduto per anni di lettori fedeli e appassionati in numero considerevole.

Ricci ricorda le parole della Hack in un'intervista nel 2005: "la divulgazione, se in parte si apprende, in parte è anche innata, nel senso che ci sono tanti scienziati anche bravissimi che però quando parlano sono oscuri quanto mai. Quindi

ence however her whole life long: the preparation of her degree thesis during the bombings in 1944 and the early years of her work as an astronomer under the guidance of Giorgio Abetti, whom she considered a point of reference, a veritable maestro. She had presented her thesis with him in January 1945 and always discussed her scientific choices with him, as is well testified by the correspondence preserved in the Historical Archives of the Osservatorio di Arcetri, excerpts of which are published for the first time in this volume.

Other fragments of life emerge from Margherita Hack's meeting with Massimo Mazzoni, who reflects on a video-interview filmed in August 2009, which has remained unpublished and of which some sequences were presented for the first time at the opening of the Florentine event. The interviewee Marga (the nickname by which she was affectionately known by her husband Aldo De Rosa) retraces the highlights of her life with her usual vivacity and polemical verve, always with an eye on contemporary astronomical research and the social and political context. Mazzoni remembers her: "in casual clothes slumped in a big armchair, sometimes relaxed, sometimes leaning slightly towards me, with an almost feline attention, always with very attentive, almost piercing eyes, and an indelible smile that gave her an air of friendly irony" [p. 15].

Emiliano Ricci's contribution to the volume, full of personal memories, focuses on astronomical popularisation, a central aspect of Hack's professional career. Her editorial production was prolific in this field, leading her to found, together with Corrado Lamberti, two magazines aimed at the general public: *l'Astronomia*, in 1979, and *Le Stelle*, in 2002. Both magazines enjoyed loyal and passionate readerships in considerable numbers for years.



Figura 1. Margherita Hack ad Arcetri, 1954.
Figure 1. Margherita Hack in Arcetri, 1954.

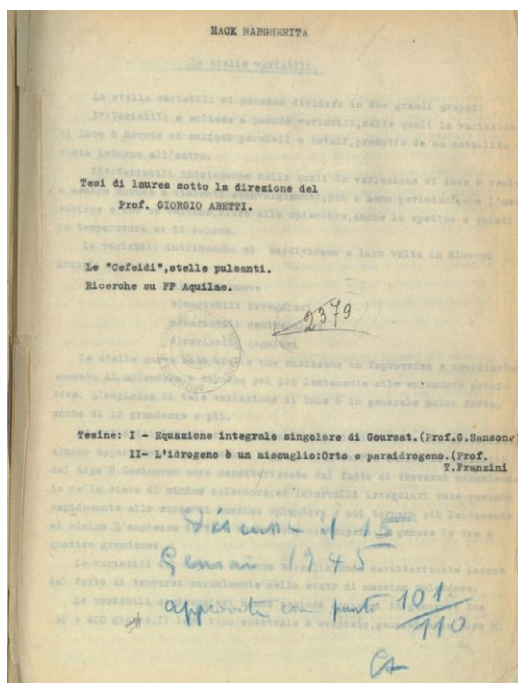


Figura 2. Il frontespizio della tesi di laurea di M. Hack conservata presso la Biblioteca dell'Osservatorio di Arcetri.
Figure 2. The title page of M. Hack's degree thesis preserved in the Library of the Osservatorio di Arcetri.

ci vuole sia la capacità di trovare esempi semplici, sia la voglia di cercarli, cioè la divulgazione deve piacere, perché se non piace uno non la fa” [p. 85]. Questo approccio è stato per Ricci di stimolo e di guida per la propria attività di divulgatore: “la sua passione per il cielo stellato era diventata, grazie a lei, la mia passione. La sua voglia di raccontarlo era diventata, grazie al suo esempio, la mia voglia. Le sue parole (comprese quelle in vernacolo fiorentino) erano diventate, grazie alla loro leggerezza e semplicità, le mie parole” [p. 86]. La forza di Margherita Hack stava probabilmente proprio nell’immediatezza comunicativa: ella non ha mai lasciato indifferente nessuno di coloro che si sono trovati sul suo cammino.

La ricostruzione del contesto storico in cui Hack si è formata e ha vissuto è stata un’esigenza imprescindibile nel tentativo di darne un quadro il più ampio possibile. Il contributo di Simonetta Soldani ha indagato gli anni di formazione: la “vita giovane” di Margherita, quella “prima delle stelle”. Infanzia, adolescenza e prima gioventù si sono svolte nella Firenze fascista e in un *milieu* familiare anticonformista, ispirato da curiose teorie teosofiche che tanto hanno influito nello scolpire la personalità dell’astronoma.

Sulla stessa linea si pone il contributo di Paolo Ciampi, incentrato su Enrica Calabresi, promessa della scienza italiana, costretta a insegnare nella scuola superiore e perseguitata perché ebrea. Negli anni del liceo, Margherita la ebbe come professoressa di scienze. L’incontro, dagli sviluppi drammatici, lasciò un’impronta indelebile nella memoria e nel cuore della futura astronoma che, nel 2013, dichiarerà in un’intervista: “l’ho vista cacciare dalla scuola da un giorno all’altro a causa delle leggi razziali. Questo mi ha aperto gli occhi su cosa può

Ricci remembers Hack’s words in an interview in 2005: “popularisation, if it can be partly learnt, is also partly innate, in the sense that there are many scientists, even very good ones, who are unclear when they speak. So you need both the ability to find simple examples and the desire to look for them, i.e. you have to like popularisation, because if you don’t like it you don’t do it” [p. 85]. This approach stimulated and guided Ricci in his own work as a populariser: “her passion for the starry sky had become, thanks to her, my passion. Her desire to tell its story had become, thanks to her example, my desire. Her words (including those in the Florentine vernacular) had become, thanks to their lightness and simplicity, my words” [p. 86]. Margherita Hack’s strength probably lay precisely in her communicative straightforwardness: she never left anyone in her path indifferent.

Reconstructing the historical context in which Hack was educated and lived was an essential requirement in an attempt to provide as broad a picture as possible. Simonetta Soldani’s contribution investigated the formative years: Margaret’s “young life”, her life “before the stars”. Her childhood, adolescence and early youth were spent in fascist Florence and in a non-conformist family milieu, inspired by curious theosophical theories that had a great influence on shaping the astronomer’s personality.

Paolo Ciampi’s contribution, which focuses on Enrica Calabresi, a promising Italian scientist who was forced to teach in high school and persecuted because she was Jewish, is in the same vein. During her high school years, Margherita had her as a science teacher. Their encounter, which had dramatic developments, left an indelible mark on the memory and heart

fare una dittatura e ha segnato in me una frattura: è allora che sono diventata antifascista” [p. 48].

Il capitolo di Natacha Fabbri si focalizza sul tema più ampio del contributo che le donne hanno dato alla ricerca astronomica, vale a dire sulle cosiddette “antenate” di Margherita. Chiamata più volte a pronunciarsi sull’argomento, Hack ha sempre ricondotto “le rivendicazioni sulla parità di genere entro la più ampia battaglia contro ogni forma di pregiudizio e stereotipo culturale e sociale” [p. 23], ribadendo come questo principio sia tutelato, auspicabilmente non solo a parole, anche dalla Costituzione italiana.

Un altro capitolo si sofferma invece su una peculiare operazione editoriale: la *Storia dell’astronomia dalle origini al Duemila e oltre* (Edizioni dell’Altana, 2002), che vede come co-autore di Margherita Hack nientemeno che Giacomo Leopardi. In gioventù, il recanatese aveva scritto una *Storia della Astronomia dalle origini fino al 1811* che, a due secoli di distanza, l’astronoma fiorentina completò fino al “Duemila e oltre”. Al di là della sospetta strategia di botteghino, il libro ha il merito di evidenziare alcuni temi condivisi da Leopardi e da Hack: il ruolo sociale della scienza, una positiva visione del progresso e, in particolare, l’utilità dell’astronomia nel combattere le superstizioni. Di fatto, “la conoscenza delle cause dei fenomeni celesti libera dallo spavento, che di regola colpisce gli ignoranti” [p. 93]. Anche la storia della scienza può essere uno strumento per affermare la responsabilità sociale dello scienziato.

Alcuni capitoli del volume si soffermano specificamente sul contributo che Margherita Hack ha dato alla ricerca astrofisica, a partire dalla tesi di laurea

of the future astronomer who, in 2013, would declare in an interview: “I saw her kicked out of school overnight because of the racial laws. This opened my eyes to what dictatorship can do and created a fracture in me: that is when I became an anti-fascist” [p. 48].

The chapter by Natacha Fabbri focuses on the broader theme of the contribution made by women, the so-called “ancestors” of Margherita, to astronomical research. Called upon several times to speak on the subject, Hack always traced “the claims on gender equality back to the broader battle against all forms of prejudice and cultural and social stereotypes” [p. 23], reiterating how this principle is protected, hopefully not only in words, by the Italian Constitution.

Another chapter dwells on a peculiar publishing operation: the *Storia dell’astronomia dalle origini al Duemila e oltre* (Edizioni dell’Altana, 2002), co-authored, together with Margherita Hack, by none other than Giacomo Leopardi. In his youth, the writer from Recanati had written a History of Astronomy from its origins to 1811, which, two centuries later, the Florentine astronomer completed up to 2000 and beyond. Besides the dubious box-office strategy, the book has the merit of having drawn attention to certain themes shared by Leopardi and Hack: the social role of science, a positive vision of progress and, in particular, the usefulness of astronomy in combating superstition. Indeed, “knowledge of the causes of celestial phenomena frees one from the fear that usually affects the ignorant” [p. 93]. The history of science can also be a tool to assert the social responsibility of the scientist.

Some chapters in the volume focus specifically on Margherita Hack’s contribution to as-

(tuttora conservata nella Biblioteca dell'Osservatorio di Arcetri). La tesi riguardava una classe particolare di stelle variabili, le Cefeidi, che si riveleranno strumento fondamentale per sviluppare il concetto di galassia e per definire la scala di distanze dell'Universo. Lusso e Magrini espongono un caso particolare della ricerca di Hack sulle variabili: in un articolo del 1961, l'astronoma propose un modello della stella Epsilon Aurigae basato esclusivamente su dati spettroscopici nell'intervallo della radiazione visibile. Parecchi anni dopo, il satellite International Ultraviolet Explorer (IUE) le offrì la conferma del modello. Come la stessa Hack ricordò nel 2009:

È vero, ho un debito di riconoscenza con l'IUE. Nel 1957 avevo studiato la stella Epsilon Aurigae, dal cui spettro di luce avevo dedotto l'esistenza d'una stella compagna, molto più debole e più calda, che avrebbe eccitato la luce emessa dalla stella visibile emettendo nell'ultravioletto. Dalla stazione di Villafranca del Castillo, presso Madrid, puntammo allora il satellite verso Epsilon Aurigae e rimasi in attesa. Dopo qualche istante, sullo schermo cominciò ad apparire una strisciolina bianca nell'ultravioletto: era lo spettro della compagna invisibile. A ventuno anni dalla mia ipotesi, era la conferma che avevo ragione. È stata la soddisfazione più bella della mia carriera scientifica [pp. 118-119].

Francesca Matteucci espone invece il contributo di Hack all'archeologia galattica. Per sintetizzare l'importanza di questi studi, Matteucci sottolinea come la Hack amasse ripetere che “siamo figli delle stelle”: gli elementi della vita e dei nostri corpi sono stati tutti forgiati dalle stelle.

trophysical research, starting with her degree thesis (still preserved in the Library of the Osservatorio di Arcetri).

The thesis concerned a particular class of variable stars, the Cepheids, which would prove to be a fundamental tool for developing the concept of galaxies and for defining the scale of distances in the Universe. Lusso and Magrini present a particular case of Hack's research on variables: in an article published in 1961, the astronomer proposed a model of the star Epsilon Aurigae, based exclusively on spectroscopic data in the visible radiation range. Many years later, the International Ultraviolet Explorer (IUE) satellite offered her confirmation of the model. As Hack herself recalled in 2009:

It is true, I have a debt of gratitude to the IUE. In 1957, I had studied the star Epsilon Aurigae, from whose light spectrum I had deduced the existence of a much fainter and hotter companion star, which would excite the light emitted by the visible star, emitting it in the ultraviolet. From the station at Villafranca del Castillo, near Madrid, we then aimed the satellite at Epsilon Aurigae and waited. After a few moments, a small white strip in the ultraviolet began to appear on the screen: it was the spectrum of the invisible companion. Twenty-one years after my hypothesis, this was confirmation that I was right. It was the greatest satisfaction of my scientific career [pp. 118-119].

Francesca Matteucci on the other hand expounds on Hack's contribution to galactic archaeology. To summarise the importance of these studies, Matteucci points out how Hack

Margherita Hack aveva cominciato la sua attività osservativa nell'estate del 1944, in preparazione della tesi, utilizzando un telescopio newtoniano con un primario di 30 cm di diametro corredato di prismi obiettivi. Uno strumento piccolo e obsoleto in confronto a quanto a disposizione degli astronomi americani in quegli stessi anni. Nel dopoguerra crebbe la consapevolezza che la mancanza di grandi telescopi in grado di effettuare analisi spettroscopiche era una delle difficoltà principali per gli astronomi europei. Come sottolinea Leonardo Testi nel suo contributo al volume, la carriera professionale della Hack si sviluppò proprio nell'arco temporale in cui si compì l'evoluzione verso un'astronomia osservativa fatta di collaborazioni internazionali. Ed è anche all'interno dell'Osservatorio di Trieste che Margherita Hack promosse e sostenne lo sviluppo di competenze nell'ambito delle nuove tecnologie per l'astrofisica.

L'Osservatorio di Trieste ebbe infatti un ruolo chiave sia nella progettazione che nella fase osservativa dell'IUE, nato dalla collaborazione tra la NASA, il Science Research Council e l'Agenzia spaziale Europea (ESA). Margherita Hack fu non solo rappresentante dell'ESA nell'Astronomy Working Group, ma anche membro del gruppo di selezione dei programmi di ricerca per l'IUE.

Fra le molte iniziative con cui Firenze ha ricordato i cento anni dalla nascita della sua illustre cittadina – targhe e incontri organizzati coinvolgendo studiosi, divulgatori, insegnanti, pubblico non specialistico e scuole – l'evento organizzato da due importanti istituzioni scientifico-culturali come il Museo Galileo e l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri non si è fortunatamente esaurito in sé. Il volume *Firenze ricorda Margherita Hack nel centenario della nascita* offre la possibilità

liked to repeat that “we are children of the stars”: the elements of life and of our bodies were all forged by the stars.

Margherita Hack had begun her observing activities in the summer of 1944, in preparation for her thesis, using a Newtonian telescope with a 30 cm diameter primary mirror equipped with objective prisms. A small and obsolete instrument compared to what was available to American astronomers in those same years. In the post-war period, awareness that the lack of large telescopes capable of spectroscopic analysis was one of the main difficulties for European astronomers, began to grow. As pointed out by Leonardo Testi in his contribution to the volume, Hack's professional career developed precisely in the time frame in which the evolution towards an observational astronomy made up of international collaborations took place. And it was also at Trieste Observatory that Margherita Hack promoted and supported the development of expertise in the field of new technologies for astrophysics.

Indeed, Trieste Observatory played a key role in both the design and observational phase of the IUE, which was a collaboration between NASA, the Science Research Council and the European Space Agency (ESA). Margherita Hack was not only the ESA's representative in the Astronomy Working Group, but also a member of the research programme selection group for the IUE.

Among the many initiatives with which Florence commemorated the 100th anniversary of the birth of its illustrious citizen – plaques and meetings organised with the involvement of scholars, popularisers, teachers, a non-specialist public and schools – the event organised by

di ripercorrere quanto avvenuto nelle due giornate fiorentine. In più, vuole stuzzicare la curiosità su Marga componendo, grazie alla pluralità dei punti di vista, un quadro unitario di una donna dalle molteplici sfaccettature.

In *Qualcosa di inaspettato: I miei affetti, i miei valori, le mie passioni* (Laterza, 2007), Margherita Hack parlò così della città che amava:

Sono molto legata a Firenze. È la città dove sono nata, dove ho studiato e vissuto per trentadue anni. Là ogni angolo di strada, ogni pietra mi ricorda qualcosa della mia infanzia, dello sport, dei giochi ai giardini pubblici, del mio incontro col bambino Aldo, dell'inizio della carriera scientifica. Forse è proprio per questo affetto per Firenze che non ho mai cercato di attenuare il mio forte accento toscano.

Paradossalmente quel suo accento toscano è stato il viatico per arrivare alle intelligenze e alle coscienze del grande pubblico. L'augurio dei due curatori del volume, è che possa continuare ad esserlo anche per le generazioni future.

Antonella Gasperini è responsabile del Servizio Biblioteche, Musei e Terza missione dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) ed è autrice di pubblicazioni sulla storia dell'astronomia. Collabora attivamente alle attività di diffusione della cultura scientifica e di valorizzazione del patrimonio storico dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

Giorgio Strano, Dottore di ricerca in Storia dell'astronomia, è Responsabile delle collezioni presso il Museo Galileo: Istituto e Museo di Storia della Scien-

two important scientific-cultural institutions such as the Museo Galileo and the Osservatorio Astrofisico di Arcetri fortunately did not end there. The book *Firenze ricorda Margherita Hack nel centenario della nascita* offers the possibility to retrace the events of the two days in Florence. It also wants to arouse curiosity with regard to Marga, putting together a unified picture of a multifaceted woman, looking to her from a variety of perspectives.

In *Qualcosa di inaspettato: I miei affetti, i miei valori, le mie passioni* (Laterza, 2007), Margherita Hack spoke about the things she loved like this:

I am very attached to Florence. It is the city where I was born, where I studied and lived for thirty-two years. Every street corner, every stone reminds me of something of my childhood, of sport, of games in the public gardens, of my meeting with Aldo when we were children, of the beginning of my scientific career. Perhaps it is precisely because of this affection for Florence that I have never tried to mitigate my strong Tuscan accent.

Paradoxically, that Tuscan accent was the way to reach the intelligence and conscience of the general public. The two editors of this volume hope that it will continue to be so for the generations to come.

Antonella Gasperini is head of the Libraries, Museums and Third Mission Service of the Italian National Institute of Astrophysics (INAF) and author of publications on the history of

za di Firenze. Svolge attività di ricerca e di divulgazione soprattutto nel campo della storia dell'astronomia. Ha all'attivo più di cento articoli su riviste italiane e straniere, e ha curato o collaborato alla realizzazione di mostre sulla storia della scienza e dell'astronomia. È membro della Scientific Instrument Society e della Scientific Instrument Commission della IUHPST. Dal 2007 al 2020 è stato general editor della collana *Scientific Instrument and Collections*, edita da Brill.

astronomy. She actively collaborates in activities for the dissemination of scientific culture and the enhancement of the historical heritage of the Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

Giorgio Strano, PhD in History of Astronomy, is Head of Collections at the Museo Galileo: Istituto e Museo di Storia della Scienza in Florence. He carries out research and popularisation activities mainly in the field of the history of astronomy. He has more than one hundred articles in Italian and foreign journals to his credit and has curated or collaborated on exhibitions on the history of science and astronomy. He is a member of the Scientific Instrument Society and the Scientific Instrument Commission of the IUHPST. From 2007 to 2020 he was general editor of the Scientific Instrument and Collections series, published by Brill.



Il Colle di
Galileo

Enrico Betti: l'impegno scientifico e civile di un matematico

Enrico Betti: the scientific and civil commitment of a mathematician

Giampaolo Perugi

Sommario. Nell'ottobre del 2023 è stato commemorato a Pistoia e a Pisa il bicentenario della nascita del matematico Enrico Betti, pistoiese di natali e pisano di adozione¹. Betti fu un matematico importante² e i "numeri di Betti" sono citati e utilizzati dai matematici di tutto il mondo. Ma questo articolo tratterà soprattutto del suo contributo al risorgimento nazionale³.

Parole chiave: Enrico Betti, matematica, Risorgimento, Scuola Normale Superiore.

Enrico Betti nacque a Pistoia il 21 ottobre 1823 e qui compì i suoi studi al Liceo Forteguerra per poi iscriversi all'Università di Pisa, dove nel 1846 conseguì la laurea in matematica⁴. Incitato dai professori a darsi alla ricerca e all'insegnamento piuttosto che ad applicazioni professionali, fu aggregato alla cattedra di Geometria. Nel 1848 fece parte del battaglione universitario toscano e combatté a Curtatone nella prima guerra di indipendenza.

L'anno dopo entrò come insegnante al Liceo Forteguerra, ma, come risulta dalla corrispondenza con Mossotti⁵, era questa una sistemazione che lo amareggiava perché lo condannava ad una sorta di isolamento scientifico. In questi anni si occupò di risolvibilità delle equazioni⁶ ed entrò in rapporto con alcuni dei mag-

Abstract. In October 2023, Pistoia and Pisa commemorated the bicentenary of the birth of mathematician Enrico Betti, Pistoiese by birth and Pisan by adoption¹. Betti was an important mathematician² and "Betti's numbers" are mentioned and used by mathematicians all over the world. But this article is going to focus mainly on his contribution to the Italian national Risorgimento³.

Keywords: Enrico Betti, mathematics, Risorgimento, Scuola Normale Superiore.

Enrico Betti was born in Pistoia on 21 October 1823. He completed his studies at the town's Forteguerra High School and then enrolled at the University of Pisa, where he obtained a degree in mathematics in 1846⁴. Encouraged by his professors to devote his energies to research and teaching rather than to professional applications, he became part of the chair of Geometry. In 1848 he was part of the Tuscan university battalion and fought at Curtatone in the First War of Independence.

giori matematici italiani, come Libri, Tardy, Novi, Tortolini. Nel 1854, grazie a raccomandazioni di Mossotti e su sollecitazioni di Novi⁷, ottenne il trasferimento al prestigioso Liceo Dante di Firenze⁸.

Betti però aspirava all'insegnamento universitario e nel 1857, in virtù della notorietà acquisita coi suoi lavori e grazie all'interessamento del professor Luigi Pacinotti, fu chiamato all'università di Pisa, dove insegnò per oltre trent'anni: all'inizio Algebra superiore e, in seguito, dal 1859 Analisi e Geometria superiore, dal 1863 e fino alla morte Fisica matematica, infine, dal 1870, Astronomia e meccanica celeste. Col proprio insegnamento tenne a battesimo quella scuola matematica pisana da cui sarebbero usciti alcuni dei nomi più importanti della matematica non solo italiana, come Dini, Volterra, Ricci Curbastro, Bianchi, Enriques, Padova, Ascoli, Arzelà, Pincherle. A Pisa, oltre a svolgere attività di ricercatore e di docente all'università, fu dal 1864 sino alla morte direttore della Scuola Normale Superiore.

Già in vita Betti ebbe calorosi attestati di stima e di affetto, ricevette prestigiose onorificenze, fu anche deputato al Parlamento, come rappresentante di Pistoia, e senatore.

Morì l'11 agosto 1892 a Soiana, sulle colline pisane, dove era solito trascorrere in compagnia della famiglia del nipote i periodi di riposo. È sepolto, con una semplice lapide a terra, nel Camposanto monumentale di Pisa⁹.

Ulisse Dini, che era stato suo allievo, così scrisse di lui: «I suoi 34 anni d'insegnamento universitario misero in chiara luce sempre più quale alto ingegno matematico egli si fosse, perocché in ogni parte dei vari rami della scienza dei

The following year, he entered the Liceo Forteguerra as a teacher but, as his correspondence with Mossotti shows⁵, this was an arrangement that embittered him because it condemned him to a sort of scientific isolation. During these years he worked on the solvability of equations⁶ and came into contact with some of the greatest Italian mathematicians, such as Libri, Tardy, Novi and Tortolini. In 1854, thanks to Mossotti's recommendations and at Novi's urging⁷, he obtained a transfer to the prestigious Liceo Dante in Florence⁸.

However, Betti aspired to becoming a university professor and in 1857, by virtue of the notoriety he had acquired through his work and thanks to the interest of Professor Luigi Pacinotti, he was called to the University of Pisa, where he taught for over thirty years: initially Higher Algebra, then, from 1859, Analysis and Higher Geometry, from 1863 until his death, Mathematical Physics, and finally, from 1870, Astronomy and Celestial Mechanics. With his teaching, he baptised that Pisan school of mathematics which was to produce some of the most important names in mathematics not only in Italy, such as Dini, Volterra, Ricci Curbastro, Bianchi, Enriques, Padova, Ascoli, Arzelà and Pincherle. In addition to his work as a researcher and lecturer at the university he was also director of the Scuola Normale Superiore in Pisa from 1864 until his death.

During his lifetime, Betti was warmly acknowledged with esteem and affection, receiving prestigious honours, and he was also Member of Parliament for Pistoia and Senator.

He died on 11 August 1892 in Soiana, in the Pisan hills, where he used to spend his leisure time in the company of his nephew's family. He is buried, with a simple plaque on the ground, in the Monumental Cemetery in Pisa⁹.

quali ebbe ad occuparsi per l'insegnamento si trovano tracce di lui, del suo alto sapere, delle sue profonde investigazioni. I suoi lavori sulle equazioni per l'algebra; quelli sulle funzioni ellittiche, sulle funzioni algebriche di una variabile complessa, sugli spazii a più dimensioni ecc. per l'analisi e per le applicazioni di questa alla geometria; i tanti lavori di fisica matematica e di meccanica celeste sulla teorica delle forze newtoniane, sul calore, sulla elettricità, sul magnetismo, sulla elasticità, sulla capillarità, sulla idrodinamica, sui moti di sistemi di punti, sulla estensione dei principii della dinamica ecc. mostrano tutti come, sol che si dedicasse allo studio di una parte qualsiasi delle scienze matematiche, egli rinveniva o un nuovo vero da scoprire o una nuova via da aprire al progresso scientifico»¹⁰.

Gli anni della vita di Betti furono quelli del Risorgimento e poi della costruzione dello Stato unitario.

Al Risorgimento, inteso anche come risollevarimento culturale della nazione, il nostro matematico contribuì con due importanti iniziative.

La prima fu la pubblicazione, insieme a Tortolini, Brioschi e Genocchi, degli «Annali di matematica pura ed applicata», la prima rivista italiana dedicata esclusivamente alla matematica. Essa avrebbe presentato nella prima parte di ogni fascicolo articoli originali di matematici sia italiani che stranieri e nella seconda parte rassegne bibliografiche e critiche di quanto si faceva all'estero¹¹. Nel 1859 vi fu pubblicata, tradotta da Betti, la dissertazione di Riemann del 1851 sui *Fondamenti di una teoria generale delle funzioni di una variabile complessa* che introdusse nuove idee che avrebbero segnato la storia della matematica.

Ulisse Dini, who had been his pupil, wrote of him: "His 34 years of university teaching showed more and more clearly what a brilliant mathematician he was, because in every part of the various branches of science he engaged in teaching, one finds traces of him, of his superior knowledge, of his profound investigations. His work on equations for algebra; his work on elliptic functions, on algebraic functions of a complex variable, on multi-dimensional spaces, etc., for analysis and its application to geometry; his many works in mathematical physics and celestial mechanics on Newtonian force theory, on heat, electricity, magnetism, elasticity, capillarity, hydrodynamics, the motions of systems of points, the extension of the principles of dynamics, etc., all show how, whenever he devoted himself to the study of any part of the mathematical sciences, he found either a new truth to be discovered or a new way to open up scientific progress"¹⁰.

Betti lived during the years of the Risorgimento and then the construction of the unified state of Italy.

Our mathematician contributed to the Risorgimento, also understood as the nation's cultural revival, with two important initiatives.

The first was the publication, together with Tortolini, Brioschi and Genocchi, of the "*Annali di matematica pura ed applicata*", the first Italian journal dedicated exclusively to mathematics. It would present original articles by both Italian and foreign mathematicians in the first part of each issue and bibliographic and critical reviews of what was being done abroad in the second part¹¹. In 1859, it published Betti's translation of Riemann's 1851 dissertation on the

Il primo numero degli «Annali», all'inizio del 1858, si apriva con la memoria di Betti *Sopra l'equazioni algebriche con più incognite*, ma la vera anima della rivista fu Brioschi e gli altri compilatori più prolifici, oltre a Betti, furono Genocchi e Cremona, ma vi pubblicarono loro ricerche anche Tardy, Bertrand, Lavagna, Mossotti, Casorati, Faà di Bruno, Bellavitis, Novi.

La seconda iniziativa, parallela alla pubblicazione degli «Annali», fu il viaggio di studio all'estero realizzato nel primo autunno del 1858.

Prima dell'Unità i contatti degli scienziati italiani coi colleghi stranieri presentavano difficoltà quasi insormontabili cosicché la permanenza o, almeno, un viaggio all'estero erano praticamente il solo modo per aggiornarsi su quanto avveniva al di fuori delle piccole patrie di residenza.

Questa situazione che toccava anche i matematici spinse Brioschi, Betti, Genocchi e Tardy¹² a progettare un viaggio nei principali centri di ricerca matematica d'Europa. Al posto di Genocchi e Tardy, che alla fine dovettero rinunciare, partì il giovane Casorati che era assistente di Brioschi a Pavia. Negli incontri avuti coi colleghi stranieri a Zurigo, Monaco, Lipsia, Dresda, Berlino, Göttinga, Heidelberg, Karlsruhe, Strasbourg e Parigi i tre studiosi italiani raccolsero stimoli e strinsero contatti personali che si sarebbero rivelati utilissimi negli anni successivi.

Fu in questa occasione che Betti conobbe a Göttinga Bernhard Riemann, che in seguito avrebbe soggiornato a Pisa per motivi di salute per quasi due anni (dall'ottobre del '63 al luglio del '65). I rapporti tra i due divennero di strettissima ed affettuosa amicizia, come documentato dalla folta corrispondenza che inter-

Foundations of a General Theory of Functions of a Complex Variable, which introduced new ideas that would have marked the history of mathematics.

The first issue of the "Annali", at the beginning of 1858, opened with Betti's memoir *Sopra l'equazioni algebriche con più incognite*, but the real soul of the journal was Brioschi and the other most prolific contributors, in addition to Betti, were Genocchi and Cremona, but Tardy, Bertrand, Lavagna, Mossotti, Casorati, Faà di Bruno, Bellavitis and Novi also published their research.

The second initiative, parallel to the publication of the "Annali", was the foreign study trip in the early autumn of 1858.

Before Unification, contacts between Italian scientists and their foreign colleagues presented almost insurmountable difficulties which meant that a stay or, at least, a trip abroad was practically the only way to keep abreast of what was happening outside their small homelands.

This situation, which affected mathematicians too, encouraged Brioschi, Betti, Genocchi and Tardy¹² to plan a trip to the main European centres of mathematical research. Genocchi and Tardy, who were eventually forced to give up, were replaced by the young Casorati, Brioschi's assistant in Pavia. In the meetings with foreign colleagues in Zurich, Munich, Leipzig, Dresden, Berlin, Göttingen, Heidelberg, Karlsruhe, Strasbourg and Paris, the three Italian scholars gathered stimuli and forged personal relationships that would prove extremely useful in the years that followed.

It was on this occasion that, in Göttingen, Betti met Bernhard Riemann, who would later spend almost two years in Pisa (from October '63 to July '65) for health reasons. The relation-

corse tra loro¹³, ed ebbero un peso determinante sulle ricerche di Betti e quindi sullo sviluppo della scuola matematica che stava creando a Pisa¹⁴.

Si può dire, insomma, che quel viaggio segnò il ricongiungimento della matematica italiana con la comunità scientifica europea¹⁵.

Il raggiungimento dell'Unità dischiuse agli uomini di cultura amplissimi orizzonti d'intervento. Occorreva passare dagli entusiasmi e dalle illusioni risorgimentali alla paziente fatica di dare ordinamenti uniformi ad una nazione che serbava i segni di vecchie divisioni e di nuove contrapposizioni, prima fra tutte tra il nuovo Stato e la Chiesa.

Fu un percorso difficile, soprattutto nel campo della scuola, dove l'introduzione dei cambiamenti è per un verso oggettivamente più difficile che altrove, per un altro più necessaria. Lo aveva scritto già Quintino Sella: «Il miglior mezzo per far risorgere l'Italia, e di renderla virtuosa e grande, è senza dubbio quello d'educarne bene i figli. A questo si devono dedicare tutti quelli che possono fare qualcosa»¹⁶.

Betti fu tra questi¹⁷.

- Betti sedette alla Camera come deputato di Pistoia nell'ottava, nona e dodicesima Legislatura e venne nominato senatore nel 1884¹⁸. Nel febbraio del 1862, quando l'*establishment* moderato pistoiese propose il suo nome per la successione al defunto Didaco Macciò, Betti accettò la candidatura come un dovere. Ad un amico scriveva d'essere consapevole di quanto l'impegno nelle agitazioni della vita politica lo avrebbe distratto dalle predilette serene meditazioni matematiche; aggiungeva però d'essere convinto che in una nazione come era

ship between the two became one of very close and affectionate friendship, as documented by the intense correspondence between them¹³, and had a decisive influence on Betti's research and consequently on the development of the mathematical school he was creating in Pisa¹⁴.

We could say, in short, that that journey marked the reconnection of Italian mathematics with the European scientific community¹⁵.

The Italian Unification opened up very broad horizons for men of culture. It was necessary to move on from the enthusiasm and illusions of the Risorgimento to the patient effort of bringing uniform order to a nation that bore the scars of old divisions and new contrasts, first and foremost that between the new State and the Church.

It was a difficult path, especially with regard to education, where the introduction of change was objectively harder than elsewhere, but also more necessary. Quintino Sella had already written: "The best way to resurrect Italy, and to make it virtuous and great, is undoubtedly to educate its children well. All those who can do something must dedicate themselves to this"¹⁶.

Betti was among these¹⁷.

- Betti was Member of Parliament for Pistoia in the eighth, ninth and tenth Governments and was appointed senator in 1884¹⁸. In February 1862, when Pistoia's moderate *establishment* put forward his name as successor to the late Didaco Macciò, Betti accepted the candidacy as a matter of duty. He wrote to a friend of his, telling him that he was aware of how commitment to the turmoil of political life would distract him from his favourite serene

in quel momento l'Italia, ancora da costituire, non ci si dovesse sottrarre al dovere di impegnarsi anche politicamente¹⁹. La politica, tuttavia, non fu mai il suo interesse primario: ad appassionarlo davvero erano l'insegnamento e la ricerca scientifica, sia come attività da condurre personalmente, sia come settore da sviluppare e organizzare nell'interesse del paese.

- Betti venne sin da subito coinvolto nei percorsi di formazione delle strutture scolastiche italiane: nel 1861 fece parte della commissione per il codice scolastico unico da applicare in tutta Italia e nel 1862 fu incaricato di ispezioni nelle scuole secondarie.
- Fu consigliere ascoltato con diversi ministri per l'assegnazione di cattedre universitarie, membro di commissioni d'esame in concorsi o per lo studio di regolamenti e riforme scolastiche.
- Diresse la Scuola Normale Superiore di Pisa dal 1864 al 1874 e dal 1876 sino alla morte, dandole il carattere non solo di scuola di formazione per futuri docenti delle scuole secondarie, ma anche di centro di eccellenza nella ricerca nelle due sezioni Lettere e Filosofia e Fisico-matematica.
- Nella convinzione che ci fosse bisogno anche di buoni libri di testo, Betti tradusse e pubblicò nel 1862 il *Trattato di Algebra elementare* di Joseph Bertrand e nel 1868 insieme a Brioschi (e a Cremona, che però preferì non essere indicato) *Gli Elementi di Euclide con note aggiunte ed esercizi ad uso de' ginnasi e de' licei*²⁰.
- Dal 1867 e fino alla morte fu membro a vario titolo del Consiglio superiore della pubblica istruzione (CSPI), l'organo di governo della scuola italiana²¹.

mathematical meditations; he added, however, that he was convinced that in a nation such as Italy was at that time, a country still to be formed, it was not possible to shirk political commitment¹⁹. Politics, however, was never his primary interest: what really fascinated him were teaching and scientific research, both as activities to be conducted personally and as fields to be developed and organised in the interests of the country.

- Betti became immediately involved in the shaping of Italian school structures: in 1861 he was part of the commission for the single school code to be applied throughout Italy and, in 1862, was in charge of inspections in secondary schools.
- He was an advisor to various ministers for the allocation of university chairs, a member of examination commissions in competitions or for the study of regulations and school reforms.
- He directed the Scuola Normale Superiore in Pisa from 1864 to 1874 and from 1876 until his death, making it not only a training school for future secondary school teachers, but also of a centre of excellence in research in two sections, Humanities and Philosophy and Physics and Mathematics.
- Convinced that there was also a need for good textbooks, Betti translated and published Joseph Bertrand's *Treatise on Elementary Algebra* in 1862 and, in 1868, together with Brioschi (and Cremona, who preferred not to be named), *Gli Elementi di Euclide con note aggiunte ed esercizi ad uso de' ginnasi e de' licei*²⁰.
- From 1867 until his death he was a member, in various capacities, of the Consiglio superiore della pubblica istruzione (CSPI), the governing body of Italian schools²¹.

- Dal 14 ottobre 1874 al 31 marzo 1876 ricoprì per volontà del ministro Bonghi l'incarico di segretario generale del Ministero della pubblica istruzione e qui si occupò, tra le altre cose, della pubblicazione di un bollettino mensile che desse maggior trasparenza all'amministrazione scolastica, della progettata e non riuscita fusione tra la Società dei Quaranta e la risorta Accademia dei Lincei, della creazione del Museo d'istruzione e di educazione, dell'efficientamento delle biblioteche e in particolare del riordino della Biblioteca Nazionale di Roma.

Betti fu un liberale, convinto sostenitore dei valori della scuola laica e della necessità di contrastare l'influenza ecclesiastica in campo educativo, ma di fronte alle tematiche della religione tenne un prudente riserbo e si astenne da esibizioni di anticlericalismo. Ciononostante, di fronte a certe pretese cattoliche, agì con fermezza, come quando da segretario del ministero operò per la soppressione della Università Vaticana.

Conservatore prudente, scettico di fronte a grandi progetti di riforma e non indulgente nei confronti di proteste studentesche o di quanti si atteggiavano a rivoluzionari²², Betti seppe però cogliere quanto di nuovo andava maturando a proposito, ad esempio, dei diritti delle donne nel campo dell'istruzione. Fu il regolamento del 1875, emanato quando lui era segretario del ministero, che concesse in Italia prima che altrove l'accesso delle donne all'Università. E fu con Betti direttore che una donna venne ammessa per la prima volta alla Scuola Normale di Pisa nell'anno accademico 1889-1890.

- From 14 October 1874 to 31 March 1876, he held the position of Secretary General of the Ministry of Education at the behest of Minister Bonghi, responsible, among other things, for the publication of a monthly bulletin that would give greater transparency to the school administration, the planned and unsuccessful merger between the Società dei Quaranta and the revived Accademia dei Lincei, the creation of the Museum of Education and Instruction, the improvement of library efficiency and in particular the reorganisation of the National Library in Rome.

Betti was a liberal, a convinced supporter of the values of the secular school and of the need to counter ecclesiastical influence in education, but when faced with issues of religion he was prudently reserved and refrained from displays of anticlericalism. Nevertheless, when faced with certain Catholic pretensions, he acted firmly, as when, as secretary to the ministry, he worked for the suppression of the Vatican University.

A cautious conservative, sceptical of major reform projects and not indulgent towards student protests or those who claimed to be revolutionaries²², Betti was, however, able to grasp what was new in terms of women's rights in education, for example. It was the 1875 regulation, issued when he was secretary to the ministry, that granted women access to university in Italy earlier than elsewhere. And it was with Betti as director that a woman was admitted to the Scuola Normale di Pisa for the first time in academic year 1889-1890.

Giampaolo Perugi, insegnante per molti anni di storia e filosofia nei licei, autore di manuali di storia per le scuole secondarie superiori, attualmente socio di “Storia e città ODV - Pistoia “ e membro della redazione della rivista “Storialocale”, dove sono apparsi diversi suoi articoli.

Note

¹ Le *Opere matematiche di Enrico Betti* furono pubblicate per cura della R. Accademia de' Lincei, in due volumi, Hoepli, Milano 1903-1913. Su di lui si veda P. Frosini, *Enrico Betti di Pistoia: matematico umanista dell'800*, Brigata del Leoncino, Pistoia 1998.

² Si veda ad esempio U. Bottazzini, *Il flauto di Hilbert. Storia della matematica*, Utet, Torino 2003.

³ Sull'argomento sono da vedere *Europa matematica e Risorgimento italiano* a cura di L. Pepe, Clueb, Bologna 2012 (e qui in particolare M. T. Borgato, *Ricerca matematica e impegno politico nella corrispondenza Brioschi Betti*) e U. Bottazzini, *La patria ci vuole eroi. Matematici e vita politica nell'Italia del Risorgimento*, Zanichelli, Bologna 2013.

⁴ Molte di queste notizie in A. Brunialti, *ad vocem*, in A. De Gubernatis, *Dizionario biografico degli scrittori contemporanei*, Le Monnier, Firenze 1879.

⁵ I. Nagliati, *Le prime ricerche di Enrico Betti nel carteggio con Mossotti*, in «Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche», 2000, pp. 3-86. Sul personaggio di Ottaviano Fabrizio Mossotti si veda M. Nagari. *Ottaviano Fabrizio Mossotti: scienziato-patriota*, Istituto per la Storia del Risorgimento, Novara 1989.

⁶ I. Nagliati, *Lettere di Mossotti a Enrico Betti*, in *Europa matematica...*, cit., p. 429.

⁷ Sui rapporti di Betti con Giovanni Novi, che furono assidui sino alla prematura morte di questi, ha scritto N. Palladino, *Giovanni Novi (1826-1866): dalla corrispondenza con Enrico Betti al suo contributo matematico*, in *Europa matematica...*, cit., pp. 189-198.

Giampaolo Perugi, a teacher of history and philosophy in high schools for many years, author of history textbooks for upper secondary schools, currently a member of “Storia e città ODV - Pistoia “ and member of the editing team of the journal “Storialocale”, which has published several of his articles.

Notes

¹ The *Opere matematiche di Enrico Betti* were edited by the R. Accademia de' Lincei, in two volumes, and published by Hoepli, Milan 1903-1913. In relation to Betti, see P. Frosini, *Enrico Betti di Pistoia: matematico umanista dell'800*, Brigata del Leoncino, Pistoia 1998.

² See, for example U. Bottazzini, *Il flauto di Hilbert. Storia della matematica*, Utet, Turin 2003.

³ On this matter, *Europa matematica e Risorgimento italiano* edited by L. Pepe, Clueb, Bologna 2012 (and particularly M. T. Borgato, *Ricerca matematica e impegno politico nella corrispondenza Brioschi Betti*) and U. Bottazzini, *La patria ci vuole eroi. Matematici e vita politica nell'Italia del Risorgimento*, Zanichelli, Bologna 2013.

⁴ Much of this information is in A. Brunialti, *ad vocem*, in A. De Gubernatis, *Dizionario biografico degli scrittori contemporanei*, Le Monnier, Florence 1879.

⁵ I. Nagliati, *Le prime ricerche di Enrico Betti nel carteggio con Mossotti*, in “Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche”, 2000, pp. 3-86. On Ottaviano Fabrizio Mossotti, see M. Nagari. *Ottaviano Fabrizio Mossotti: scienziato-patriota*, Istituto per la Storia del Risorgimento, Novara 1989.

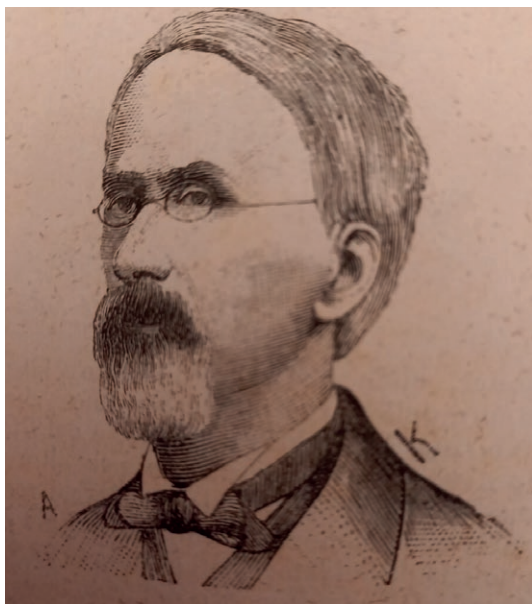


Figura 1. Immagine di Betti in A. De Gubernatis, *Dizionario biografico degli scrittori contemporanei*, Le Monnier, Firenze 1879.

Figure 1. Betti in A. De Gubernatis, *Dizionario biografico degli scrittori contemporanei*, Le Monnier, Florence 1879.



Figura 2. Inaugurazione della mostra *Enrico Betti, il matematico pistoiese che guardò all'Europa*, presso la Biblioteca Forteguerriana di Pistoia, 3 ottobre 2023.

Figure 2. Inauguration of the exhibition *Enrico Betti, il matematico pistoiese che guardò all'Europa*, at the Forteguerriana Library in Pistoia, 3 October 2023.

⁸ Si veda S. Cingari, *Un'ideologia per il ceto dirigente dell'Italia unita. Pensiero e politica al liceo Dante di Firenze (1853-1945)*, Olschki, Firenze 2012.

⁹ Inizialmente era stato previsto di erigergli, nel cimitero, un monumento funebre, così come era stato fatto per Mossotti qualche anno prima. Nel frattempo, però, era stato deciso che monumenti di quel genere non se ne erigessero più all'interno del cimitero monumentale. Avvenne così che quello di Betti venne sì realizzato, nel 1903, ma collocato altrove, nel cimitero suburbano di Pisa in via Pietrasantina.

¹⁰ In «Annuario della R. Università di Pisa per l'anno accademico 1891-1892».

¹¹ Nell'«*Avviso dei compilatori*» posto in apertura del primo fascicolo, gennaio-febbraio 1858.

¹² E. Betti, P. Tardy, *Il carteggio Betti-Tardy (1850-1891)*, a cura di C. Cerroni e L. Martini, Mimesis, Milano 2009.

¹³ Un esempio quasi commovente dell'amicizia che Riemann, di solito assai riservato, ebbe con Betti è la lettera che gli scriveva il 2 marzo 1864. Ho saputo, scriveva il matematico di Gottinga che in quel momento soggiornava a Pisa, che nonostante il dolore al piede avete intenzione di recarvi a Torino e siccome il freddo potrebbe esservi dannoso «mi è venuto in testa di offrirvi per questo viaggio i miei stivali di pelliccia. Li ho trovati molto comodi in viaggio, perché si può camminare con essi senza verun disagio. Mi permetto di mandarveli affinché possiate provarli e mi fareste gran piacere facendone uso» (Lettera n. 2441 nell'«*Epistolario*» di Betti conservato presso la Scuola Normale di Pisa).

¹⁴ Si veda U. Bottazzini, *La formazione della Scuola pisana*, in Id., *Va' pensiero: immagini della matematica nell'Italia dell'Ottocento*, il Mulino, Bologna 1994.

¹⁵ Si vedano I. Nagliati, *L'internalizzazione degli studi matematici in Italia a metà Ottocento*, Tesi laurea, Università di Ferrara, a. 2011-2013, relatore M. T. Borgato, e V. Volterra, *Betti, Brioschi, Casorati – tre analisti e tre modi di considerare le questioni d'analisi*, in Id., *Saggi scientifici*, Zanichelli, Bologna 1920.

¹⁶ G. Quazza, *L'utopia di Quintino Sella. La politica della scienza*, Comitato di Torino dell'Istituto per la Storia del Risorgimento Italiano, Torino, 1992, p. 268.

⁶ I. Nagliati, *Lettere di Mossotti a Enrico Betti*, in *Europa matematica...*, cit., p. 429.

⁷ Betti's relationship with Giovanni Novi, which was assiduous until the latter's untimely death, was described by I. Nagliati, *Giovanni Novi (1826-1866): dalla corrispondenza con Enrico Betti al suo contributo matematico*, in *Europa matematica...*, cit., pp. 189-198.

⁸ See S. Cingari, *Un'ideologia per il ceto dirigente dell'Italia unita. Pensiero e politica al liceo Dante di Firenze (1853-1945)*, Olschki, Florence 2012.

⁹ Initially there were plans to erect a memorial to him in the cemetery, as had been done for Mossotti a few years earlier. In the meantime, however, it had been decided that monuments of this kind should no longer be erected in the monumental cemetery. As a result, a monument to Betti was erected, but elsewhere, in Pisa's suburban cemetery in Via Pietrasantina, in 1903.

¹⁰ In «Annuario della R. Università di Pisa per l'anno accademico 1891-1892».

¹¹ In *Avviso dei compilatori* which opens the first file, January-February 1858.

¹² E. Betti, P. Tardy, *Il carteggio Betti-Tardy (1850-1891)*, edited by C. Cerroni and L. Martini, Mimesis, Milan 2009.

¹³ An almost moving example of the friendship between Riemann, who was usually very reserved, and Betti is the letter he wrote to him on 2 March 1864. "I have heard", wrote the mathematician from Göttingen, who was staying in Pisa at the time, "that, despite the pain in your foot, you intend to travel to Turin and, as the cold weather could be harmful to you 'it has occurred to me to offer you my fur boots for this trip. I have found them very comfortable when travelling, as you can walk in them without any discomfort. I take the liberty of sending them to you so that you can try them on and you

¹⁷ Si veda *Per la costruzione dell'Unità d'Italia: le corrispondenze epistolari Brioschi Cremona Betti e Genocchi*, a cura di N. Palladino, A. M. Mercurio, F. Palladino, Olschki, Firenze 2009.

¹⁸ La nomina di Betti a senatore fu abbastanza tardiva a confronto con quelle di altri matematici. Beltrami gli scriveva così: «Finalmente posso congratularmi sinceramente con te d'una onorificenza che, sebbene tardi, viene a soddisfare il voto di tutti ed a riparare a una lunga, troppo lunga, dimenticanza» (in *Le lettere di Eugenio Beltrami a Betti, Tardy e Gherardi: pel lustro della scienza italiana e pel progresso dell'alto insegnamento*, a cura di L. Giacardi e R. Tazzioli, Mimesis, Milano 2012, p. 147).

¹⁹ La lettera indirizzata al "Caro Cesare" si trova in Biblioteca Forteguerriana Pistoia, *Carte Chiappelli*, 40.I.

²⁰ Si veda L. Giacardi, *Gli Elementi di Euclide come libro di testo. Il dibattito di metà Ottocento in Italia*, in *Conferenze e seminari, 1994-1995*, Associazione Subalpina Mathesis e Seminario T. Viola, Torino 1995, pp. 175-188 ed Ead., *I manuali per l'insegnamento della geometria elementare in Italia fra Otto e Novecento*, in *Teseo: tipografi e editori scolastico-educativi dell'Ottocento*, a cura di G. Chiosso, Bibliografica, Milano 2003.

²¹ Sul CSPI, previsto agli art. 6-16 della legge Casati, è da vedere G. Ciampi, *Il governo della scuola nello Stato postunitario. Il Consiglio superiore della pubblica istruzione dalle origini all'ultimo governo Depretis (1847-1887)*, Ed. di Comunità, Milano 1983.

²² Nel caso dei professori bolognesi (tra cui Carducci) sospesi nel 1868 dall'insegnamento per aver manifestato simpatie mazziniane, Betti approvò senz'altro il parere espresso dal CSPI, secondo cui un professore aveva sì, come ogni altro cittadino, tutti i diritti garantiti dallo Statuto, ma era tenuto, proprio per l'autorevolezza dell'ufficio conferitogli, ad esercitare sulla gioventù «un'influenza sana e moderatrice, per ciò adatta a confermare le fondamenta stesse dello Stato» (in S. Polenghi, *La politica universitaria italiana nell'età della Destra storica*, La Scuola, Brescia 1993, p. 359).

would give me great pleasure if you were to make use of them" (Letter no. 2441 in Betti's *Epistolario* conserved at the Scuola Normale di Pisa).

¹⁴ See U. Bottazzini, *La formazione della Scuola pisana*, in Id., *Va' pensiero: immagini della matematica nell'Italia dell'Ottocento*, il Mulino, Bologna 1994.

¹⁵ See I. Nagliati, *L'internalizzazione degli studi matematici in Italia a metà Ottocento*, Degree Thesis, University of Ferrara, 2011-2013, supervisor M. T. Borgato, and V. Volterra, *Betti, Brioschi, Casorati – tre analisti e tre modi di considerare le questioni d'analisi*, in Id., *Saggi scientifici*, Zanichelli, Bologna 1920.

¹⁶ G. Quazza, *L'utopia di Quintino Sella. La politica della scienza*, Turin Committee of the Istituto per la Storia del Risorgimento Italiano, Turin, 1992, p. 268.

¹⁷ See *Per la costruzione dell'Unità d'Italia: le corrispondenze epistolari Brioschi Cremona Betti e Genocchi*, edited by N. Palladino, A. M. Mercurio, F. Palladino, Olschki, Florence 2009.

¹⁸ Betti's appointment to the office of senator was rather late in comparison with those of other mathematicians. Beltrami wrote to him: "At last I can sincerely congratulate you on an honour that, although late, comes to satisfy everyone's vote and to make up for a long oversight, too long" (in *Le lettere di Eugenio Beltrami a Betti, Tardy e Gherardi: pel lustro della scienza italiana e pel progresso dell'alto insegnamento*, edited by L. Giacardi and R. Tazzioli, Mimesis, Milan 2012, p. 147).

¹⁹ The letter addressed to "Caro Cesare" is found in the Forteguerriana Library in Pistoia, *Carte Chiappelli*, 40.I.

²⁰ See L. Giacardi, *Gli Elementi di Euclide come libro di testo. Il dibattito di metà Ottocento in Italia*,

in *Conferenze e seminari, 1994-1995*, Associazione Subalpina Mathesis and Seminario T. Viola, Turin 1995, pp. 175-188 ed Ead., *I manuali per l'insegnamento della geometria elementare in Italia fra Otto e Novecento*, in *Teseo: tipografi e editori scolastico-educativi dell'Ottocento*, edited by G. Chiosso, Bibliografica, Milan 2003.

²¹ On the CSPI, envisaged in articles 6-16 of the Casati law, see G. Ciampi, *Il governo della scuola nello Stato postunitario. Il Consiglio superiore della pubblica istruzione dalle origini all'ultimo governo Depretis (1847-1887)*, Ed. di Comunità, Milan 1983.

²² In the case of the Bolognese professors (including Carducci) suspended from teaching in 1868 for expressing sympathies with Mazzini, Betti certainly approved of the opinion expressed by the CSPI, according to which a professor, like every other citizen, possessed all the rights guaranteed by the Statute, but was obliged, precisely because of the authority of the office assigned to him, to exercise on young people "a healthy and moderating influence, suitable for this purpose to confirm the very foundations of the State" (in S. Polenghi, *La politica universitaria italiana nell'età della Destra storica*, La Scuola, Brescia 1993, p. 359).



Il Colle di
Galileo

Firenze e la storia degli occhiali: tra fake news e progressi tecnologici

*Florence and the history of glasses: between fake news
and technological progress*

Elisabetta Baldanzi, Alessandro Farini
CNR Istituto Nazionale di Ottica
Università degli Studi di Firenze

Introduzione

Gli occhiali sono sicuramente una delle applicazioni dell'ottica più importanti. Eppure, anche se le lenti esistevano già da molto tempo, si dovette attendere la fine del 1200 per utilizzarle per migliorare la visione umana. Vasco Ronchi, fondatore dell'Istituto Nazionale di Ottica, spiega questo ritardo con, tra le altre cause, la scarsa conoscenza della teoria dell'ottica e la sfiducia in ciò che si vedeva attraverso strumenti che potevano interferire con la realtà. Quello che per Ronchi è certo è che le lenti nacquero in ambiente «modesto, incolto, contro il parere della scienza» ed anche il loro nome (lenti, che deriva dalle lenticchie di cui avevano la forma) ne testimonia l'origine popolare.

L'invenzione degli occhiali ci permette di entrare in contatto con un caso di *fake news* costruito assai prima dell'esistenza dei social network e che qui ricostruiamo anche grazie agli studi di Frugoni (Frugoni 2019), Rosen (Rosen 1956) e Ilardi (Ilardi 2007).

Introduction

Glasses are definitely one of the most important applications of optics. Yet, although lenses had already existed for a long time, it was not until the late 13th century that they were used to improve human vision. Vasco Ronchi, founder of the Italian National Institute of Optics, explains this delay by, among other things, a lack of knowledge of the theory of optics and a distrust of what was seen through instruments that could interfere with reality. What Ronchi is convinced of is that lenses were born in a 'modest, uncultivated environment, against the advice of science' and even their name (lenses, derived from the lentils they were shaped like) testifies to their popular origin.

The invention of glasses brings us into contact with a case of fake news long before the existence of social networks, which we also reconstruct here thanks to the studies of Frugoni (Frugoni 2019), Rosen (Rosen 1956) and Ilardi (Ilardi 2007).

Nel 1305 Giordano da Pisa, domenicano, durante una predica in Santa Maria Novella, annunciava una scoperta così riportata da chi trascriveva i suoi discorsi: «Non è ancora venti anni che si trovò l'arte di fare gli occhiali, che fanno vedere bene, ch'è una delle migliori arti e delle più necessarie che 'l mondo abbia, e è così poco che ssi trovò: arte novella che mmai non fu. E disse il lettore: io vidi colui che prima la trovò e fece, e favellaigli» (Giordano da Pisa, 1974). Dunque negli ultimi anni del 1200 gli occhiali (il nome era già quello che usiamo ancora oggi) iniziavano a essere utilizzati, ma non sappiamo chi «trovò l'arte» di farli. Un nome però ci è stato tramandato, grazie alla *Chronica Antiqua* del convento di Santa Caterina a Pisa, di cui riportiamo un passo nella traduzione di Chiara Frugoni: «Frate Alessandro della Spina, uomo buono e modesto, era in grado di rifare tutto quello che vedeva. Egli stesso fabbricò gli occhiali, che un altro aveva ideato per primo, non volendo però comunicare il segreto. Alessandro invece, ben lieto e disponibilissimo, insegnò a tutti il modo di costruire gli occhiali». La stessa informazione è presente negli *Annales conventus Sanctę Catharinę de Pisis ordinis Prędicatorum*, avviati verso il 1550. Gli *Annales* secondo Frugoni sono una semplice rielaborazione della *Chronica*, ma sono sicuramente ingratosi dal fatto che, accanto al nome di Frate Alessandro della Spina, l'autore ha voluto disegnare un paio di occhiali (Fig. 1). Il primato della Toscana potrebbe certo essere conteso anche dal Veneto. Vi sono indizi che mostrano come a Venezia gli occhiali fossero già, alla fine del Duecento, di uso comune. Il principale è un'ordinanza del 2 Aprile del 1300 che vietava ai lavoratori del vetro di spacciare il vetro comune per cristallo in molti manufatti, tra cui i "roidi da ogli" e le "lapides

In 1305, during a sermon in Santa Maria Novella, Giordano da Pisa, a Dominican, announced a discovery that was reported as follows by those who transcribed his speeches: "It is not yet twenty years since the discovery of the art of making glasses, which make one see well, and which is one of the best and most necessary arts the world has, and it is so little that was found, new art that never was. And the reader said: I saw he who first found it, and spoke of it" (Giordano da Pisa, 1974). So glasses (the name was already that which we still use today) began to be used in the latter years of the 13th century but we don't know who "discovered the art" of making them. One name has, however, been handed down to us, thanks to the *Chronica Antiqua* of the convent of Santa Caterina in Pisa, from which we quote a passage from the translation into modern Italian by Chiara Frugoni: "Brother Alessandro della Spina, a good and modest man, was capable of replicating everything he saw. He made the glasses himself, which another had invented first, but did not want to divulge the secret. Alexander, on the other hand, happily and willingly taught everyone how to make glasses". The same information can be found in the *Annales conventus Sanctę Catharinę de Pisis ordinis Prędicatorum*, which began in around 1550. According to Frugoni, the *Annales* are a simple re-elaboration of the *Chronica*, but they are definitely ingratiated by the fact that, alongside the name of Brother Alessandro della Spina, the author wanted to draw a pair of glasses (Fig. 1). The primacy of Tuscany could certainly also be contested by Veneto. There are clues that show that glasses were already in common use in Venice at the end of the 13th century. The main evidence is an ordinance dated 2 April 1300 prohibiting glassworkers from passing off

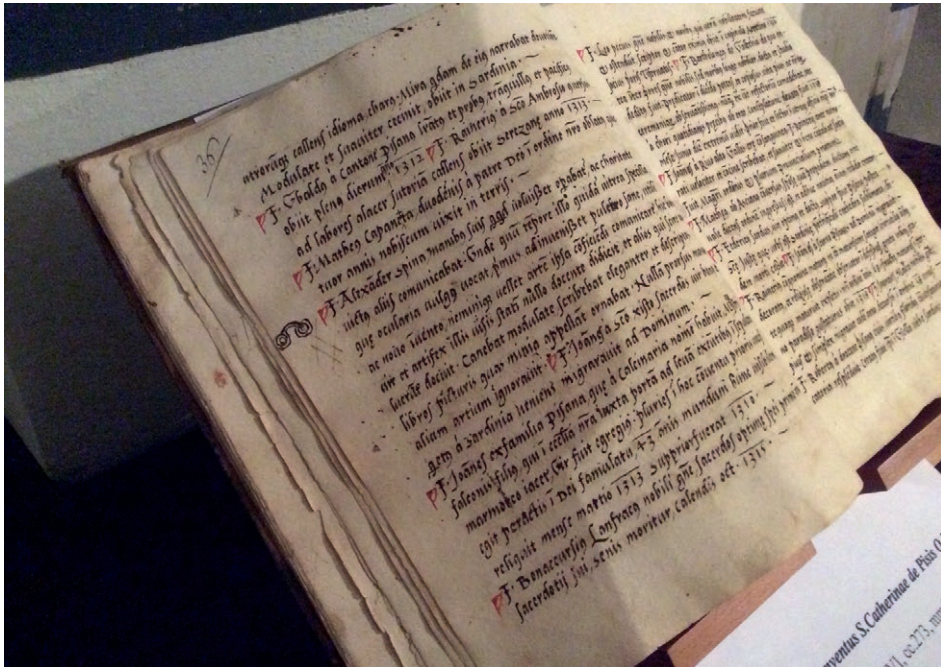


Figure 1. Immagine degli *Annales conventus Sancte Catharine de Pisis ordinis Prædicatorum* conservati al Convento di Santa Caterina di Alessandria a Pisa: si noti l'immagine degli occhiali disegnata da mano anonima accanto alla parte dedicata a Alessandro della Spina.

Figure 1. Picture of the *Annales conventus Sancte Catharine de Pisis ordinis Prædicatorum* conserved at the Convent of Santa Caterina di Alessandria in Pisa: note the hand-drawn glasses next to the part dedicated to Alessandro della Spina.

common glass as crystal in many artefacts, including “*roidi da ogli*” (spectacle) and “*lapides ad legendum*” (magnifying glasses). The distinction between round spectacle lenses and magnifying lenses is very important and occurs here for the first time (Del Vecchio 1999). In this text, however, our attention is focused on the Florentine events.

Fake news ante litteram: Salvino degli Armati

The invention of glasses would seem therefore to originate from the Pisa area. But at this point, a story that can only surprise those who do not know Tuscany as the land of bell towers begins, with historian Leopoldo Del Migliore and his text *Firenze città nobilissima illustrata* (1684) as the initial protagonist. Wanting to assign Florence primacy over such an important invention, Del Migliore gave the name of the inventor, Salvino degli Armati, obviously a Florentine, whose tomb with a statue is supposed to have been present in the church of Santa Maria Maggiore, at least until a restoration that erased every trace of it. Not content, Del Migliore also reported the wording of the epitaph that supposedly appeared on Salvino’s tomb “+Qui diace Salvino d’Armato degl’Armati di Fir., inventor degl’occhiali. Dio gli perdoni la peccata. Anno D. MCCCXVII” (Here lies Salvino d’Armato degl’Armati di Fir., inventor of glasses. God forgive him his sin. Year D. MCCCXVI). The fame of Salvino, who, according to documents that have survived to this day, never dealt with glasses, was soon followed by Domenico Maria Manni, another historian who wished to bring greater lustre to Florence. Manni wrote an

ad legendum”. La distinzione tra le lenti rotonde da occhiali e quelle da ingrandimento è molto importante e avviene qui per la prima volta (Del Vecchio 1999). In questo testo però appunteremo la nostra attenzione sulle vicende fiorentine.

Una fake news ante litteram: Salvino degli Armati

L'invenzione degli occhiali sembra dunque appartenere all'area pisana. Ma inizia a questo punto una vicenda che può sorprendere solo chi non conosce la Toscana come terra dei campanili e che ha come protagonista iniziale lo storico Leopoldo Del Migliore e il suo testo *Firenze città nobilissima illustrata* (1684). Volendo dare a Firenze il primato su una invenzione così importante il Del Migliore forniva il nome dell'inventore, Salvino degli Armati, ovviamente fiorentino, di cui sarebbe stata presente nella chiesa di Santa Maria Maggiore, almeno fino a un restauro che aveva cancellato tutte le tracce, una sepoltura con una statua. Non contento, il Del Migliore riportava anche il testo dell'epitaffio che sarebbe stato sulla tomba di Salvino «+Qui diace Salvino d'Armato degl'Armati di Fir., inventor degl'occhiali. Dio gli perdoni la peccata. Anno D. MCCCXVII». Ad aumentare la fama di Salvino (figura che in base ai documenti giunti a noi non si è mai occupata di occhiali) arrivava poi poco dopo Domenico Maria Manni, un altro storico che desiderava dare maggior lustro a Firenze. Manni componeva un intero libro: *Degli occhiali da naso inventati da Salvino Armati gentiluomo fiorentino. Trattato storico*. Salvino degli Armati fu scelto bene come personaggio a cui assegnare

entire book: *Degli occhiali da naso inventati da Salvino Armati gentiluomo fiorentino. Trattato storico*. Salvino degli Armati was well chosen as the figure to whom the title of primogeniture should be assigned: the family had died out so there was no one to report any discrepancies, and the church of Santa Maria Maggiore, where the tomb was said to be located, had undergone many rearrangements, making the disappearance of even such an important tomb credible. A disappearance that was destined to be short-lived because, probably in 1841 Salvino's tomb (Fig. 2), became once again present in the cloister of Santa Maria Maggiore, bringing together an ancient bust, possibly from Roman times, a new version of the epitaph reported by Del Migliore, with a few corrections to improve its credibility (Fig. 3), a reclining statue of Bruno del Beccuto placed on top of a sarcophagus dated 1272 (a sarcophagus dated 1272 that was supposed to contain the body of someone who invented glasses after that date is just one of the many inconsistencies in this monument).

In 1885, historian Pasquale Villari composed a plaque in honour of Salvino, which was displayed in a house on the corner between Chiasso degli Armati and Via del Giglio. As can be seen, one does not need the Internet or the web to generate highly successful fake news. A few years later, the cloister of Santa Maria Maggiore was to make way for a school building: and the school was named after Salvino degli Armati. But the end of the imposture was (apparently) near. The credit was due to Isidoro del Lungo who, in 1920, published *Le vicende di un'impostura erudita (Salvino degli Armati)*. The text, which has fortunately been recently republished by a Tuscan publisher (Del Lungo, 2014), highlighted some problems with the fa-

la primogenitura: la famiglia si era estinta e dunque nessuno avrebbe segnalato discordanze e la chiesa di santa Maria Maggiore, dove si sarebbe dovuta trovare la sepoltura, era stata oggetto di molte risistemazioni e rendeva credibile la sparizione anche di una tomba così rilevante. Sparizione che era destinata a durare poco perché probabilmente nel 1841 la tomba di Salvino (Fig. 2) tornava presente nel chiostro di santa Maria Maggiore, mettendo insieme un busto antico, forse di età romana, una nuova versione dell'epitaffio riportato dal Del Migliore con qualche correzione a migliorarne la credibilità (Fig. 3), una statua distesa di Bruno del Beccuto posizionata sopra un sarcofago datato 1272 (un sarcofago datato 1272 che doveva contenere il corpo di uno che aveva inventato gli occhiali dopo tale data è solo una delle tante incongruenze di questo monumento).

Nel 1885 lo storico Pasquale Villari componeva, in onore di Salvino, una targa che veniva esposta in una casa all'angolo tra Chiasso degli Armati e via del Giglio. Come si vede non è necessario Internet o il web per generare una fake news di grande successo. Addirittura, qualche anno dopo il chiostro di Santa Maria Maggiore doveva lasciare il posto a un edificio scolastico: e la scuola era intitolata a Salvino degli Armati. Ma la fine dell'impostura era (apparentemente) vicina. Il merito fu di Isidoro del Lungo che nel 1920 pubblicò un testo "*Le vicende di un'impostura erudita (Salvino degli Armati)*". Il testo, che è stato fortunatamente ripubblicato recentemente da una casa editrice toscana (Del Lungo, 2014), evidenziava oltre alla strana struttura del monumento sepolcrale alcune problematiche del famoso epitaffio. Ad esempio, la parola «inventor» non esisteva agli inizi del trecento e anche il termine «*la peccata*» era scorretto (si sarebbe dovuto leggere

mous epitaph in addition to the strange structure of the sepulchral monument. For instance, the word "inventor" did not exist in the early 14th century and even the term "*la peccata*" was incorrect (it should have read "*le peccata*"). The careful analysis of the scholar, known also for his commentary on Dante's Comedy, should have closed the matter. Yet traces of Salvino as a real and significant character can still be found in recent years. A significant and surprising quotation is that of Umberto Eco in "*The name of the rose*" where William of Baskerville states that he received his glasses from Salvino degli Armati in person. It is a surprising quotation because the volume, set in 1327, is in fact full of accurate and precise descriptions, as one would expect from someone of Eco's pedigree, and such is the one relating to the first appearance of glasses: "William slipped his hands inside his habit, at the point where it billowed over his chest to make a kind of sack, and he drew from it an object that I had already seen in his hands, and on his face, in the course of our journey. It was a forked pin, so constructed that it could stay on a man's nose (or at least on his, so prominent and aquiline) as a rider remains astride his horse or as a bird clings to its perch. And, one on either side of the fork, before the eyes, there were two ovals of metal, which held two almonds of glass, thick as the bottom of a tumbler. William preferred to read with these before his eyes, and he said they made his vision better than what nature had endowed him with or than his advanced age, especially as the daylight failed, would permit. They did not serve him to see from a distance, for then his eyes were, on the contrary, quite sharp, but to see close up. With these lenses he could read manuscripts penned in very faint letters, which even I had some trouble deciphering. He explained



Figura 2. L'ipotetico sarcofago di Salvino degli Armati: in realtà la statua distesa è di Brono del Beccuto, mentre il sarcofago è precedente.

Figure 2. The hypothetical sarcophagus of Salvino degli Armati: in actual fact, the reclining statue is of Bruno del Beccuto, while the sarcophagus predates it.

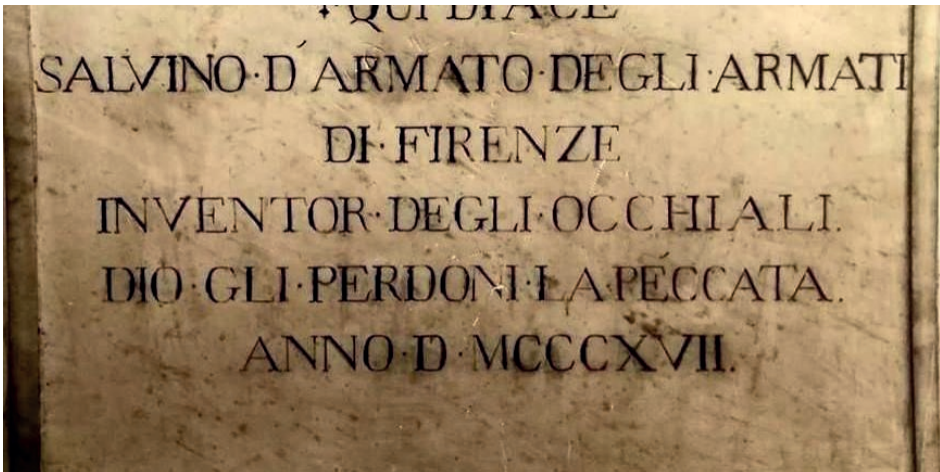


Figura 3. L'epitaffio di Salvino, riscritto nel 1841. "La peccata" dell'epitaffio supposto originale è sostituito da un più corretto "le peccata", ma resta il termine "inventor" che non era così utilizzato nel 1300.

Figure 3. Salvino's epitaph, rewritten in 1841. The term "la peccata" of the supposedly original epitaph is replaced by a more correct "le peccata", but the term "inventor", which was not in use in the 14th century, remains.

«*le peccata*»). L'attenta analisi dello studioso, noto anche per il suo commento alla Commedia dantesca, avrebbe dovuto chiudere la questione. Eppure, si possono ancora trovare negli anni recenti tracce di Salvino come personaggio reale e significativo. Una citazione sicuramente rilevante e sorprendente è quella di Umberto Eco ne *Il nome della rosa*» dove Guglielmo da Baskerville afferma di aver ricevuto gli occhiali proprio da Salvino degli Armati in persona. Sorprendente citazione perché il volume, ambientato nel 1327, è in realtà pieno di descrizioni accurate e precise, come è lecito aspettarsi da una persona della preparazione di Eco e tale è quella relativa alla prima apparizione degli occhiali: «Guglielmo infilò le mani nel saio, dove esso si apriva sul petto a formare una sacca, e ne trasse un oggetto che già gli avevo visto tra le mani, e sul volto, nel corso del viaggio. Era una forcella, costruita così da potere stare sul naso di un uomo (e meglio ancora sul suo, così prominente e aquilino) come un cavaliere sta in groppa al suo cavallo o come un uccello su un trespolo. E ai due lati della forcella, in modo da corrispondere agli occhi, si espandevano due cerchi ovali di metallo, che rinseravano due mandorle di vetro spesse come fondi di bicchiere. Con quelli sugli occhi Guglielmo, di preferenza, leggeva, e diceva di vedere meglio di quanto natura lo avesse dotato, o di quanto l'età sua avanzata, specie quando declinava la luce del giorno, gli consentisse. Né gli servivano per vedere da lontano, che anzi aveva l'occhio acutissimo, ma per vedere da vicino. Con quelli egli poteva leggere manoscritti vergati in lettere sottilissime, che quasi faticavo anch'io a decifrare. Mi aveva spiegato che, giunto che fosse l'uomo oltre la metà della vita, anche se la sua vista era stata sempre ottima, l'occhio si induriva e riluttava ad adattar la

to me that, when a man had passed the middle point of his life, even if his sight had always been excellent, the eye hardened and the pupil became recalcitrant, so that many learned men had virtually died, as far as reading and writing were concerned, after their fiftieth summer.” (Eco, 1980). This is a very interesting and realistic description, which shows how the problem of presbyopia, the inability to focus on nearby objects with advancing age, was indeed a problem for those who wanted to continue studying. A combination of profound erudition and faith (real or deliberately ironic, we cannot tell) in fake news can be found in the second occurrence of glasses in the best seller: “Nicholas took the forked instrument that William held out to him with great interest: “*Oculi de vitro cum capsula!*” he exclaimed. “I had heard tell of them from a Brother Jordan I met in Pisa! He said it was less than twenty years since they had been invented. But I spoke with him more than twenty years ago” “I believe they were invented much earlier,” William said, “but they are difficult to make... Ten years ago, a pair of these glasses *ab oculis ad legendum* were sold for six Bolognese crowns. I was given a pair of them by a great master, Salvinus of the Armati, more than ten years ago”. As can be seen here, Eco shows that he is familiar with the first quotation, that of Brother Jordan (the English translation of the original Giordano), some of the evidence related to the sale of the glasses, places it perfectly in the timeline, but then he still mentions Salvino, who was never a glazier.

The fake news was so successful that even the artificial intelligence, Chat GPT, which we questioned on 30 July 2023, unhesitatingly (Fig. 4) identified Salvino degli Armati as the inventor of spectacles, even calling him a monk (this notation was not made by any scholar, so

pupilla, così che molti sapienti erano come morti alla lettura e alla scrittura dopo la loro cinquantesima primavera” (Eco, 1980). Si tratta di una descrizione assai interessante e realistica, che evidenzia come il problema della presbiopia, cioè dell'impossibilità di mettere a fuoco oggetti vicini con l'avanzare dell'età, fosse realmente un problema per chi volesse continuare a studiare. Un insieme di profonda erudizione e di fiducia (reale o volutamente ironica, non possiamo dirlo) nella fake news è la seconda occorrenza degli occhiali nel best seller: «Nicola prese la forcilla che Guglielmo gli porgeva con grande interesse: “Oculi de vitro cum capsula!” esclamò. “Ne avevo udito parlare da un certo fra Giordano che conobbi a Pisa! Diceva che non erano passati vent'anni da che erano stati inventati. Ma parlai con lui più di venti anni fa” “Credo siano stati inventati molto prima”, disse Guglielmo “ma sono di difficile fabbricazione... Dieci anni fa un paio di questi vetri ab oculis ad legendum sono stati venduti a Bologna per sei soldi. Io ne ebbi un paio in dono da un grande maestro, Salvino degli Armati, più di dieci anni fa». Come si vede qui Eco dimostra di conoscere bene la prima citazione, quella di fra Giordano, alcune evidenze legate alla vendita degli occhiali, le colloca perfettamente nella linea temporale, ma poi non rinuncia a citare Salvino, che mai nella sua vita ha fatto il vetraio.

La fake news ha avuto un tale successo che anche l'intelligenza artificiale Chat GPT, da noi interrogata il 30 Luglio 2023, ha senza esitazioni (Fig. 4) indicato in Salvino degli Armati l'inventore degli occhiali, definendolo perfino un monaco (notazione questa che non era stata fatta da alcun erudito, quindi l'intelligenza artificiale deve averla ricavata da qualche testo). Almeno stando a questo esempio

the artificial intelligence must have taken it from some text). At least according to this example (which has now been corrected, we do not know whether this is also thanks to our corrections supplied to Chat GPT) artificial intelligence will not save us from the fake news found online.

The development of glasses in Florence

Even if the figure of Salvino is legendary, this does not detract from the fact that Florence was of great importance in the history of glasses, and this importance grew over the years. It was in the second half of the 1400s that the Tuscan capital established itself as a very important centre for the production of glasses.

In 1460, the Duke of Milan's castellan of Vigevano sent a letter to Duke Francesco Sforza's secretary in which he asked for glasses, adding “ve prego strictamente quanto più posso ve piacza feremile havere o per la via de Fiorenza, dove intendo se fanno perfectissimi o per ogne altra via dove migliore ve parerà”. So the Tuscan capital remained a centre, if not the centre, of the production of glasses. And as we shall see, its importance grew as a result of its helping not only the presbyopic, but also the myopic.

The first lenses were used to correct presbyopia, firstly because it affects all people over the age of 50-55 (Glasser 1998) and secondly because converging lenses, used to correct presbyopia, being thicker in the centre are easier to make. Furthermore, myopia, which requires negative lenses, was probably much less common in the 1300s than it is now. In fact, one of

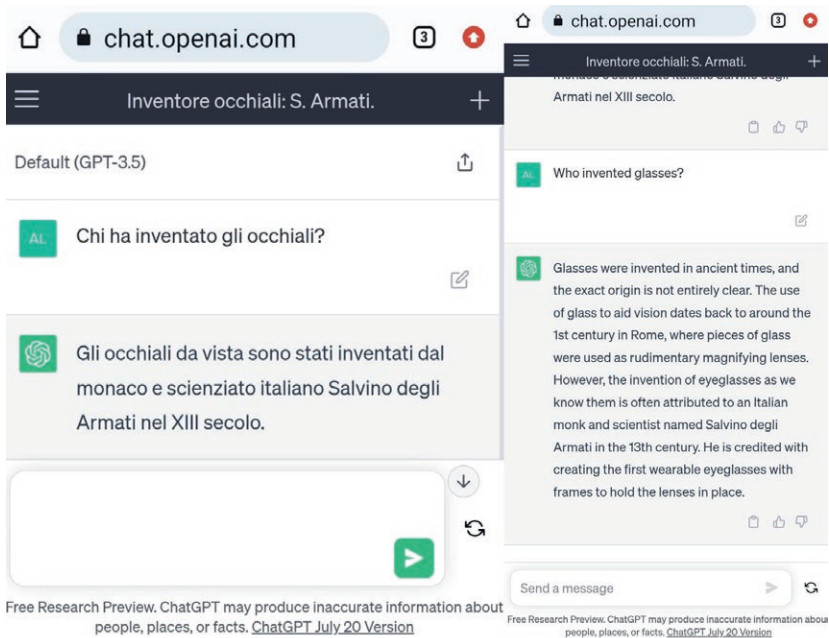


Figure 4. Il dialogo svolto da uno degli autori con l'intelligenza artificiale (AI) Chat GPT il 30 Luglio 2023. Sia in italiano che in inglese l'AI non ha dubbi sull'indicare Salvo degli Armati come l'inventore degli occhiali. La risposta in inglese confonde poi l'uso di lenti e pietre con l'invenzione degli occhiali.

Figure 4. The interaction of one of the authors with the artificial intelligence (AI) Chat GPT on 30 July 2023. In both Italian and English, AI has no doubts about naming Salvo degli Armati as the inventor of the glasses. The response in English then confuses the use of lenses and stones with the invention of glasses

the causes of myopia is prolonged use of near vision related to study and little time spent outdoors (Medina 2022). For example, the inhabitants of Greenland have gone from a myopia rate of 3% before 1950 to a rate of 50% today (Rozema 2021) due partly to the change in their lifestyle. It can therefore be assumed that the percentage of myopia in 1400 was much lower than the 23.5% of today. It is probably not far off the mark to assume an estimate of between 10 and 15%. Those who suffered from myopia in 1400 were therefore a minority. Moreover, the limitation of distance vision was probably less felt than it is today where many activities require good distance vision (driving, watching television and so on). This, coupled with the technical difficulty of making lenses thinner in the centre than at the edges, and therefore more prone to breakage during processing, may explain the 150 years that elapsed between the first traces of positive lenses and those of negative lenses.

Indeed, the first documented trace of distance glasses and therefore of the use of negative lenses is owed to the aforementioned research work by Ilardi and is a letter, dated 21 October 1462, from Duke Francesco Sforza of Milan to his ambassador in Florence. In this letter, the Duke asks his ambassador for three dozen pairs of glasses. He asks someone in Florence because "Many people are asking about the glasses that are made there in Florence, attentive to their reputation as being made more perfectly than in any other place in Italy". He asks for three types, of which the first is "those that are suitable and appropriate for long vision, from a distance". He asks for them to be suitable for seeing from a distance, the kind young people need. They are glasses for myopes: this is the first mention of negative lenses. The other two

(che adesso è stato corretto, non sappiamo se grazie anche alle nostre correzioni fornite a chat gpt) le intelligenze artificiali non ci salveranno dalle bufale della rete.

Lo sviluppo degli occhiali a Firenze

Anche se la figura di Salvino è leggendaria, ciò non toglie che Firenze abbia avuto una grande importanza nella storia degli occhiali, importanza che crebbe via via con gli anni. È nella seconda metà del 1400 che il capoluogo toscano si afferma come centro importantissimo per la produzione degli occhiali

Nel 1460 il castellano di Vigevano del Duca di Milano mandava una lettera al segretario del Duca Francesco Sforza in cui chiedeva di ricevere degli occhiali, aggiungendo «ve prego strictamente quanto più posso ve piacza feremile have-re o per la via de Fiorenza, dove intendo se fanno perfectissimi o per ogni altra via dove migliore ve parerà». Il capoluogo toscano rimaneva dunque un centro, se non il centro, della produzione di occhiali. E come vedremo aumentava la sua importanza aiutando non solo i presbiteri, ma anche i miopi.

Le prime lenti servirono a correggere la presbiopia, in primo luogo perché essa colpisce tutte le persone oltre i 50-55 anni (Glasser 1998) e in secondo luogo perché le lenti convergenti, utilizzate per la correzione della presbiopia, essendo più spesse al centro sono più facili da realizzare. Inoltre la miopia, che richiede lenti negative, era probabilmente assai meno diffusa nel 1300 rispetto ad ora. Infatti tra le cause della miopia vi è certamente un uso prolungato della visione per vicino

types requested are for "*vista curta*" (short sight), for old people, and the third for "common sight". The request is dealt with very quickly. This indicates the presence of several "opticians' shops" (which is what we would call them, although they were also manufacturers and assemblers) in town, which probably already had the pre-assembled glasses available.

Further light is shed on the state of the production of glasses by a later letter sent in June 1466 by Francesco Sforza's successor, Galeazzo Maria Sforza. In this case, the order of glasses is even more precise. Presbyopic spectacles are required for very small age ranges and the differentiation into two classes of distance glasses is made explicit, depending on how severe the ametropia was. Most probably, the spectacles had to be tried on to see which were the most suitable: the age of the optometric examination was still far off. Florence was consequently a key centre for the production of these glasses.

Thanks to Ilardi's research, it is possible to make a list that presents no less than fifty-two manufacturers of glasses between the beginning of the 15th century and the middle of the 16th century, a list that also includes four friars from two monasteries. The complete list would definitely have really been longer but is limited exclusively to those who were defined as spectacle-makers. Glasswork was also carried out by others (first and foremost those who made drinking glasses) and it cannot be ruled out that other craftsmen and shopkeepers sold spectacles too. Most of them were in the San Giovanni and Santa Croce districts. In the San Giovanni district, they were found mainly in Via Calzaioli, between Piazza del Duomo and Piazza della Signoria. Via Calzaioli was, to quote Ilardi, a sort of Regent Street. We prefer to say that it fulfilled

legato allo studio e uno scarso tempo passato all'aria aperta (Medina 2022). Ad esempio gli abitanti della Groenlandia sono passati da una percentuale di miopia del 3% prima del 1950 a una percentuale del 50% ai giorni nostri (Rozema 2021) anche per il diverso stile di vita. Si può dunque ipotizzare che la percentuale di miopia nel 1400 fosse assai più bassa del 23.5% dei giorni nostri. Probabilmente non si va lontani dalla realtà dando una stima tra il 10 e il 15%. I miopi nel 1400 erano quindi una minoranza. Oltretutto il limite della visione da lontano era probabilmente meno avvertito di quanto lo sia ai giorni nostri dove molte delle attività richiedono una buona visione per lontano (la guida, guardare la televisione e così via). Questo, unito alla difficoltà tecnica di fare lenti più sottili al centro che ai bordi, quindi più soggette a rotture durante le lavorazioni, può spiegare i 150 anni che passano tra le prime tracce di lenti positive e quelle di lenti negative.

Infatti la prima traccia documentata degli occhiali per lontano e dunque dell'utilizzo di lenti negative si deve al già citato lavoro di ricerca di Ilardi ed è una lettera, datata 21 ottobre 1462, del Duca Francesco Sforza di Milano al suo ambasciatore a Firenze. In questa lettera il Duca fa richiesta al suo ambasciatore di tre dozzine di occhiali. Li chiede a Firenze, perché «sonno molti che ne domandano de li occhiali che se fanno lì ad Fiorenza, attento che la fama è che se ne fanno in più perfezione che in veruno altro loco de Italia». Ne chiede di tre tipi, di cui il primo è «de quelli sonno apti et convenienti ad la vista longa, zoè da zovene». Li chiede cioè adatti a vedere da lontano, quelli che servono ai giovani. Sono occhiali per miopi: è la prima citazione di lenti negative. Gli altri due tipi richiesti sono per la «vista curta», cioè da vecchi e i terzi per la «vista comune». La richiesta viene

the role that Via Tornabuoni fulfils today, full of fashionable shops, from shoe sellers to doublet makers and those who sold stockings. The spectacle makers on this street were therefore seen more as sellers of fashion than "technicians". The six spectacle-makers mentioned as active in 1525 must, according to an estimate of income and workforce, have produced at least 42,000 pairs of spectacles a year, a number that must surely have resulted in exports given that the city's population was only sixty thousand.

Conclusion

Even if the primogeniture of the invention of spectacles or glasses in Florence is the product of die-hard fake news, subsequent archival studies have shown that the Tuscan capital was a centre of fundamental importance for the production of spectacles. A large number of glasses must have been manufactured in Florence in the second half of the 1400s and even if theoretical studies were not yet advanced, the city was most certainly a commercial and technological centre for this very important device.

Bibliography

- (Del Lungo 2014) I. Del Lungo "Chi l'inventore degli occhiali" Apice Libri, Florence, 2014.
 (Del Vecchio 1999) M. Del Vecchio (editor) "Bel Vedere, Gli occhiali del museo LuxOttica" 1999.

evasa con estrema rapidità. Questo indica la presenza di più “negozi di ottica” (li chiameremmo così, anche se erano anche produttori e assemblatori) in città che probabilmente avevano già disponibili gli occhiali premontati.

Ulteriore luce sullo stato della produzione di occhiali viene fatta da una lettera successiva inviata nel Giugno 1466 dal successore di Francesco Sforza, Galeazzo Maria Sforza. In questo caso l'ordine degli occhiali è ancora più preciso. Quelli per presbiteri sono richiesti per intervalli di età molto piccoli e viene esplicitata la differenza in due classi degli occhiali per lontano, a seconda di quanto grave fosse l'ametropia. Molto probabilmente gli occhiali dovevano essere provati, per capire quali fossero i più adatti: era lontana l'epoca della visita optometrica. Firenze dunque era un centro fondamentale per la produzione di questi occhiali.

Grazie al lavoro di ricerca di Ilardi è possibile fare una lista che presenta ben cinquantadue produttori di occhiali tra l'inizio del quindicesimo secolo e la metà del sedicesimo secolo, lista che include anche quattro frati presenti in due monasteri. Si tratta di una lista che è sicuramente per difetto, dato che è limitata solo a coloro che erano definiti occhialai. La lavorazione del vetro era svolta anche da altre persone (primi tra tutti i bicchierai) e non è possibile escludere che altri artigiani e negozianti vendessero occhiali. La gran parte era nel quartiere di San Giovanni e in quello di Santa Croce. Nel quartiere di San Giovanni erano soprattutto presenti in via Calzaioli, tra piazza del Duomo e Piazza della Signoria. Via Calzaioli era, per usare un'espressione di Ilardi, una specie di Regent Street. Noi preferiamo dire che aveva il ruolo che ha oggi via Tornabuoni, piena

(Eco, 1980) U.Eco "Il nome della rosa", Bompiani, 1980.

(Giordano da Pisa, 1974) GIORDANO DA PISA, *Quaresimale Fiorentino 1305-1306*, Critical edition, edited by C. Delcorno, Florence, Sansoni, 1974, p. 75.

(Glasser 1998) Glasser, Adrian, and Melanie CW Campbell. "Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age." *Vision research* 38.2 (1998): 209-229.

(Goldsmith 2003) Goldschmidt, Ernst. "The mystery of myopia." *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 81.5 (2003): 431-436.

(Grzybowski, 2018) Grzybowski, Andrzej, and Piotr Kanclerz. "Beginnings of astigmatism understanding and management in the 19th century." *Eye & Contact Lens* 44 (2018): S22-S29.

(Medina 2022) Medina, Antonio. "The cause of myopia development and progression: Theory, evidence, and treatment." *Survey of ophthalmology* 67.2 (2022): 488-509.

(RONCHI 1956) V. RONCHI, *Occhi e Occhiali*, Bologna, Nicola Zanichelli Editore, 1956, pp. 1-19.

(Ronchi 1980) V. RONCHI, *Altro è l'invenzione delle lenti, altro è l'invenzione degli occhiali*, «Atti della Fondazione Giorgio Ronchi», XXXV, 3 (1980), pp. 314-322.

(Rozeza 2021) Rozeza, Jos J., et al. "Reappraisal of the historical myopia epidemic in native Arctic communities." *Ophthalmic and Physiological Optics* 41.6 (2021): 1332-1345.

(Williams 2015) Williams, Katie M., et al. "Increasing prevalence of myopia in Europe and the impact of education." *Ophthalmology* 122.7 (2015): 1489-1497.

di negozi di moda, da venditori di scarpe ai farsettai e a chi vendeva le calze. In questa via gli occhialai erano dunque più negozi di moda che “tecnici”. I sei occhialai citati attivi nel 1525, da una stima delle entrate e dei lavoranti, dovevano produrre almeno 42000 paia di occhiali in un anno, un numero che sicuramente doveva condurre all’exportazione dato che la popolazione della città era limitata a sessantamila abitanti.

Conclusione

Anche se la primogenitura a Firenze per l’invenzione degli occhiali è frutto di una fake news dura a morire, gli studi archivistici successivi hanno mostrato come il capoluogo toscano sia stato un centro di fondamentale importanza per la produzione di occhiali. A Firenze si dovevano produrre, nella seconda metà del 1400 moltissimi occhiali e anche se gli studi teorici non erano ancora avanzati, la città era sicuramente un centro commerciale e tecnologico per questo importantissimo ausilio.

Bibliografia

- (Del Lungo 2014) I. Del Lungo “Chi l’inventore degli occhiali” Apice Libri, Firenze, 2014.
- (Del Vecchio 1999) M. Del Vecchio (a cura di) “Bel Vedere, Gli occhiali del museo LuxOttica”, 1999.
- (Eco, 1980) U.Eco “Il nome della rosa”, Bompiani, 1980.
- (Giordano da Pisa, 1974) GIORDANO DA PISA, *Quaresimale Fiorentino 1305-1306*, Edizione critica a cura di C. Delcorno, Firenze, Sansoni, 1974, p. 75.
- (Glasser 1998) Glasser, Adrian, and Melanie CW Campbell. “Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age.” *Vision research* 38.2 (1998): 209-229.
- (Goldsmith 2003) Goldschmidt, Ernst. “The mystery of myopia.” *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 81.5 (2003): 431-436.
- (Grzybowski, 2018) Grzybowski, Andrzej, and Piotr Kanclerz. “Beginnings of astigmatism understanding and management in the 19th century.” *Eye & Contact Lens* 44 (2018): S22-S29.
- (Medina 2022) Medina, Antonio. “The cause of myopia development and progression: Theory, evidence, and treatment.” *Survey of ophthalmology* 67.2 (2022): 488-509.
- (RONCHI 1956) V.RONCHI, *Occhi e Occhiali*, Bologna, Nicola Zanichelli Editore, 1956, pp. 1-19.
- (Ronchi 1980) V. RONCHI, *Altro è l’invenzione delle lenti, altro è l’invenzione degli occhiali*, «Atti della Fondazione Giorgio Ronchi», XXXV, 3 (1980), pp. 314-322.

(Rozema 2021) Rozema, Jos J., et al. "Reappraisal of the historical myopia epidemic in native Arctic communities." *Ophthalmic and Physiological Optics* 41.6 (2021): 1332-1345.

(Williams 2015) Williams, Katie M., et al. "Increasing prevalence of myopia in Europe and the impact of education." *Ophthalmology* 122.7 (2015): 1489-1497.



From star clusters to field populations: survived, destroyed and migrated clusters

Villa Galileo 20–23 Nov 2023

Organisers

SOC

Laura Magrini (INAF-OAA), Sofia Randich (INAF-OAA), Pavel Kroupa (University of Bonn & University of Prague), Germano Sacco (INAF-OAA), Lorenzo Spina (INAF-OAA)

LOC

Elena Franciosini (INAF-OAA), Mathieu Van der Swaelmen (INAF-OAA), Patrizia Braschi (INAF-OAA), Carlos Viscasillas Vasquez (University of Vilnius)

Keywords: star clusters, kinematics and dynamics, galaxy evolution, stellar populations.

Topics

Cluster formation: star formation models, spatial and temporal variation of the rate of cluster formation

Cluster demographics: the *Gaia* mission, new identification techniques based on artificial intelligence, description of new samples, complete characterisation of existing samples; presence of halo and tidal tails in clusters.

Cluster disruption and stellar migration: cluster disruption models, role of stellar migration in the redistribution of populations, chemical and kinematic evidence of radial and vertical displacement, differences between field stars and clusters, numerical models of cluster migration and disruption rates.

Clusters in current and next generation instruments/surveys: what are the key open questions that we could tackle with the next generation of instruments and surveys, e.g., WEAVE@WHT, 4MOST@VISTA, MOONS@VLT.

Summary of the Conference

Open star clusters play a key role in various aspects of Galactic Archaeology. They are formed by groups of stars born from the same molecular cloud, which share the same age, kinematics, and chemical composition; therefore their properties can be measured much more precisely than those of individual stars.

Moreover, they are among the best test particles to prove the conditions of galaxies both at present and back in time, being located across the entire Galactic disc and covering a wide range of ages. In addition, star formation is believed to occur mainly in areas of high density, while stars rarely form in isolation; the majority of clusters then disrupt, contributing to the population of field stars. Consequently, open clusters stand at the intersection between the structure of the Galactic disc and the stellar populations it contains.

However, the transition between gravitationally bound stellar populations and field populations is not fully understood, and there are still many open questions: what is the rate of cluster destruction and how does it vary across the Galactic disc? how do field stars and open clusters differ in the way they trace the Galaxy in space and time? How representative is the current population of open clusters in our Galaxy, especially the oldest ones, of the initial cluster population?

This workshop brought together about 40 experts in various fields of cluster formation and evolution, creating ample room for discussion and exchange of ideas. Many new exciting results were presented by both young and senior researchers, inspiring new collaborations among participants. The workshop triggered new innovative and critical inputs into the panorama of large spectroscopic surveys and *Gaia* satellite results, for a deeper understanding of the origin and evolution of the Galactic stellar populations.

The website of the meeting, including all the presentations, is available at this link: <https://indico.ict.inaf.it/event/2472/overview>



Figure 1. Group picture of the workshop in the courtyard of Villa Galileo.



Il Colle di
Galileo

Illuminating the Dusty Universe: A Tribute to the Work of Bruce Draine

Arcetri, October 10 – November 3, 2023

Organisers:

Simone Bianchi (INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri), Patrizia Bra-schi (INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri), Danny Dale (University of Wyoming), Brandon Hensley (Princeton University), Leslie Hunt (INAF-Os-servatorio Astrofisico di Arcetri), Aigen Li (University of Missouri), Karin Sandstrom (UC San Diego), J.D. Smith (University of Toledo), Joseph Wein-gartner (George Mason University).

Abstract. From catalyzing the formation of molecules, to building up planets, obscuring stellar light and tracing cosmic star formation rates, dust has an outsized impact on the astrophysics and observational properties of the Universe. Few have contributed more to illuminating our own understanding of the dusty universe than Prof. Bruce Draine of Princeton University. To celebrate the vision of Prof. Draine and assess our current view of astrophysical dust from different perspectives, including laboratory astrophysics, meteoritics, astrochemistry, optics and observational astronomy across the electromagnetic spectrum, 90 scientists from 18 countries spanning five continents gathered last autumn at the Garbasso Institute. The conference was an opportunity to highlight Prof. Draine’s past and ongoing work in this field as well as the enduring collaborations and friendships formed along the way. Arcetri has hosted Prof. Draine many times, over a period of almost 40 years, and he has spent many sabbaticals here, also writing part of his textbook “Physics of the Interstellar and Intergalactic Medium.”



Conference logo. Image: Roberto Baglioni (University of Florence), Leslie Hunt (INAF-Arcetri Observatory), Spitzer Infrared Array Camera.

Selected conference highlights

Dust in the Solar System

The importance of dust begins in the Solar System, where samples can be collected and directly studied in the labs. Primitive extraterrestrial materials, such as meteorites, interplanetary dust particles (IDPs), returned asteroidal and cometary samples, contain preserved dust grains from our protoplanetary disk. A study presented by Prof. Larry Nittler (Arizona State University, USA) suggested the presence of presolar organic grains in the Ryugu meteorite. Astrochemical analysis of primitive Solar-System rocks has also revealed pre-biotic molecules, shown in the talk by Dr. Paola Caselli (Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Garching, Germany).

Dust, Clouds, and Planet Formation

Dust is central to planet formation: There are currently (10/4/2024) 5,602 confirmed extrasolar planets found around 4,299 stars, with hundreds of planetary systems with more than one planet detected. Many of these planets lie within the debris disks surrounding the central star, where the coagulation of dust grains forms the initial planetesimals. Because the temperatures are so cold, the dust grains are enveloped in an icy mantle that stores molecules for the subsequent stages of planet formation (Draine 2003). Several studies of astrochemistry in debris disks were presented at the conference, including detections of micron-sized grains in dense clouds by JWST (Dartois, Noble, Caselli et al. 2024), and the JWST detection of acetylene, methanol, complex organic molecules, water vapor and other molecules, as described by Dr. Ewine van Dishoeck (Leiden Observatory, Netherlands).

Dust in Galaxies

Since the IRAS satellite was launched in the 1980's, we have known that dust emission can dominate the spectral energy distribution (SED) of galaxies. The SED captures important diagnostics for how grains are heated, their dust size distribution and their distribution within a galaxy. As shown by Prof. Daniela Calzetti (Univ. Massachusetts, Amherst, USA), models are very successful at reproducing dust SEDs of galaxies and separating different grain populations. With the launch of JWST, it is now possible to image warm dust emission at parsec scales as shown in the talk by Dr. Francesco Belfiore (INAF-Osservatorio di Arcetri, Florence), where it was shown that emission of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the mid-infrared is a sensitive probe of the overall interstellar medium (ISM) in galaxies (Lee et al. 2023).

The Optics of Dust

Although dust grains are frequently modelled as spheres, their shape is much more complicated. In fact, IDPs from comets are “fluffy” grains, indicative of

high porosity. On the other hand, interstellar dust grains must be good polarizers of light, so possibly tending toward spherical shapes, rather than fluffy conglomerates. Dr. Bruce Draine presented results of a new approach (see Draine & Hensley 2021a, 2021b) that constrains dust grain shape in the ISM by assessing the polarization capacity of a given grain. Results suggest that ISM grains tend to be more compact than fluffy (with high porosity), because they have a greater capability to polarize radiation, consistent with observations.

Dust Grain Formation, Growth, and Destruction

Dust grains are formed in the winds of evolved stars (Asymptotic Giant Branch) and the ejecta of supernovae (SNe), but also through grain accretion in dense clouds in the ISM. They can be destroyed by shocks from SNe, but also through grain shattering, as illustrated in the talk by Dr. Hiroyuki Hirashita (ASIAA, Taiwan, Taipei). Dr. Caleb Choban (Indiana University, Bloomington, USA) presented new state-of-the-art models of this lifecycle that are consistent with the wide observed range of elemental depletion patterns onto grains, the dust-to-metals ratio, and predict the conditions necessary for the transition from “stardust” to grain accretion in the ISM (Choban et al. 2024).

Dust Through Cosmic Time

Most of the metals (elements heavier than Helium) produced by stars from the beginning of the Universe are found in neutral gas; but the amount of metals residing in dust grains needs to be accounted for. Prof. Chris Howk (Univ. of Notre Dame, Indiana, USA) presented new results that showed that a long-standing problem in “missing metals” over cosmic time is, in truth, an artefact of methodology. Dust content over cosmic time is closely linked with the rise and fall of metals and star formation.

Acknowledgements

The organisers would like to thank the University of Florence, Department of Physics and Astronomy, the INFN-Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics, and INAF-Arcetri Observatory for the opportunity to hold this conference on the lovely Arcetri site.

References

Choban, C. R., Kereš, D., Sandstrom, K. M., Hopkins, P. F., Hayward, C. C., and Faucher-Giguère, C.-A., “A Dusty Locale: evolution of galactic dust populations from Milky Way to dwarf-mass galaxies”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 529, no. 3, OUP, pp. 2356–2378, 2024. <https://doi.org/10.1093/mnras/stae716>.

- Dartois, E., et al. “Spectroscopic sizing of interstellar icy grains with JWST”, *Nature Astronomy*, 2024. <https://doi.org/10.1038/s41550-023-02155-x>.
- Draine, B. T., “Interstellar Dust Grains”, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, vol. 41, pp. 241–289, 2003. <https://doi.org/10.1146/annurev.astro.41.011802.094840>.
- Draine, B. T. and Hensley, B. S., “On the Shapes of Interstellar Grains: Modeling Infrared Extinction and Polarization by Spheroids and Continuous Distributions of Ellipsoids”, *The Astrophysical Journal*, vol. 910, no. 1, IOP, 2021a. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/abddb7>.
- Draine, B. T. and Hensley, B. S., “Using the Starlight Polarization Efficiency Integral to Constrain Shapes and Porosities of Interstellar Grains”, *The Astrophysical Journal*, vol. 919, no. 1, IOP, 2021b. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac0050>.
- Lee, J. C., et al. “The PHANGS-JWST Treasury Survey: Star Formation, Feedback, and Dust Physics at High Angular Resolution in Nearby Galaxies”, *The Astrophysical Journal*, vol. 944, no. 2, IOP, 2023. <https://doi.org/10.3847/2041-8213/acaacae>.



Figure 1. Group photo in front of the Garbasso building, Thursday 2 November 2023.



Enlightening Mind

Date

Starting from May 16th, 2022

Scientific Committee

Roberto Arrighi⁵, Elisabetta Baldanzi^{1,2}, Alessandro Farini^{1,2}, Carla Giusti³, Paolo Antonino Grasso¹, Massimo Gurioli^{1,2}, Antigone Marino⁴, Giovanna Pacini¹, Federico Tommasi¹

¹University of Florence, Department of Physics and Astronomy, Degree Course in Optics and Optometry

²CNR National Institute of Optics

³Idis Foundation – City of Science Naples

⁴CNR Institute of Applied Sciences and Intelligent Systems “Eduardo Caianiello”

⁵University of Florence, Department of Neuroscience, Psychology, Pharmaceutical Area and Child Health

Summary. Enlightening Mind is an outreach project to share notions, ideas and concepts of optics and the science of vision with the whole of society. It is also a research project to find contemporary forms to communicate science through the synergy between multiple institutions. It presents new languages and hybrid modes of expression that cross multiple disciplines, with a particular focus on the world of art.

Keywords: light, vision, optics, optometry, neuroscience, applied psychology, physics, art, optical illusions, perspectives, contamination, interpretation, language.

Enlightening Mind is more than an exhibition, it is an outreach and a research project to spread a culture of physics and to share an enriching experience with the whole of society, for common growth. The idea of a projects capable of giving a contemporary interpretation to the request for the spread of scientific culture was born in a modular way, starting from individual initiatives generated by the collaboration and comparison between multiple bodies and research institutions. It is promoted by the Department of Physics and Astronomy, driven by the teachers of the degree course in Optics and Optometry of the University of Florence and by the CNR National Institute of Optics in collaboration with the Idis Foundation – City of Science Naples, CNR Institute of Applied Sciences and Intelligent Systems “Eduardo Caianiello” and the Department of Neuroscience, Psychology, Pharmaceutical Area and Child Health of the University of Florence.

The first step of the project is the permanent exhibition at the Department of Physics and Astronomy of the University of Florence, inaugurated on the Interna-

tional Day of Light, May 16th, 2022, followed by the second section the year after (Fig. 1). The entire path is dedicated to light and vision science by several optical phenomena and many fascinating effects related to the human visual system. It includes works of art, panels with visual effects of perceptive disorientation, historical optical and optometric instruments, material properties, optical illusions and much more. First of all, we need to be aware of one thing: optical illusions are not a mistake made by our visual system. The term “illusion” is often associated with the term error or misstep but, in actual fact, they are brilliant experiments to enlighten the complex mechanisms of human perception, in other words to highlight the fact that human beings are not machines. Our visual system processes the input received by our eyes for a fast and useful perception of the world, as dictated by natural selection. If this were not the case, we would not be able to perceive the three-dimensionality of objects. Perspective and the constancy of colour would not exist, and these would change continuously throughout the day.

The main idea of the exhibition is to develop outreach activities inside the research centres, hosting visitors mainly with tours guided by researchers and scientists. The beginning of a journey that travels from the corridors of the Department through numerous venues, changing form and mode of expression but always with the aim of making science an element of daily debate in society. Why host an exhibition inside an academic building that is usually closed and inaccessible to the public? The answer to this question stems from the awareness of living in a moment of profound change and from the stimuli that have animated this transversal project. “Reinterpret” and “contamination” are the key words. Entering unknown places and following a narrative that takes you to the laboratories is an experience that raises awareness and brings society closer to the world of research in a two-way path of enrichment that generates knowledge.

Enlightening Mind combines different expressive languages and perspectives which draw curious glances from multiple professionals, such as artists and scientists, each giving their own interpretation of common phenomena which appear closer and more comprehensible to each of us thanks to the union of multiple perspectives. For this reason, there are no captions or explanation in front of the panels of the exhibition. Everyone gets to enjoy their own experience and has the possibility to explore it in a modular way on multiple levels of in-depth analysis. The exhibition is divided into thematic areas – optics, retina, vision, colour and perception – represented by specific icons that are easily recognisable throughout the entire journey. For each work, a distinctive sign indicates which cognitive path that specific optical illusion can be associated with. In addition, each panel has a Qrcode linked to an in-depth information box, which allows visitors who are interested to find an explanation of the phenomenon and a bibliography with peer-reviewed articles for further in-depth analysis.

We are pleased to acknowledge that, among the illusions, there are dozens of artworks kindly offered by Gianni Sarcone, op-art artist (of optical art), interna-



ENLIGHTENING MIND

Forme impossibili, anamorfosi, effetti 3D, sfondi e illusioni di contrasto, oggetti in movimento, figure bistabili: *uno straordinario viaggio di disorientamento percettivo della realtà, nel mondo delle illusioni ottiche.*

“Illuminare la mente” è ciò a cui mira questa mostra, per scoprire come funziona il sistema visivo.

Vedere e non solo guardare, *perchè non c'è niente di più reale di un'illusione.*

Con opere di **Gianni A. Sarcone**, artista op-art ed esperto internazionale di percezione visiva
Honor Guest: **Fabrizio Corneli**

dal **16.05.2022**
DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA
Università degli Studi di Firenze
Via Giovanni Sansone, 1
50019 Sesto Fiorentino FI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE | DIPARTIMENTO DI FISICA E ASTRONOMIA | FONDAZIONE IDIS CITTÀ DELLA SCIENZA | CNR-INO ISTITUTO NAZIONALE DI OTTICA | ISTITUTO DI SCIENZE APPLICATE E SISTEMI INTELLIGENTI

progetto espositivo a cura di: Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'università degli Studi di Firenze, Fondazione Idis Città della Scienza, CNR Istituto Nazionale di Ottica, CNR Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti

Figure 1.

Florence and the history of glasses: between fake news and technological progress

tional expert in visual perception, and author of research and several books on these topics. In addition, two American artists, Cara Wood Ginger and Gary W. Priester, gave us their artworks to discuss and highlight birefringence and stereopsis. Lastly, the permanent exhibition includes an original interferometric colour photograph taken by Gabriel Lippmann, Nobel prize in Physics in 1908 for this novel photographic method. Beside the permanent exhibition, Enlighting Mind temporarily hosts a few contemporary artworks. The artists who have shown their artworks within the exhibition path in Florence include Marina Apollonio, Stella Battaglia, Fabrizio Corneli, Elisa Leonini, Gianni Miglietta and the street artist Square.

Enlighting Mind is an English expression, “Illuminating the mind” and this is what this exhibition aims to do, experimenting with new languages of scientific communication to generate new experiences for collective growth.



Il Colle di
Galileo

Dire l'indicibile, a quantum exhibition

November 20th to 27th 2023, Florence

Organisers: Diana Tartaglia (UniNa, CNR-INO), Rocco Duquennoy (UniNa, CNR-INO), Natalia Bruno (CNR-INO), Simon Landrieux (CNR-INO), Victoria Estes Carrizo (CNR-INO), Mauro Chiarotti (UniFi), Michele Sacco (LENS), Luca Guariento (UniNa, UniFi), Giacomo Boschi (UniFi), Costanza Toninelli (CNR-INO, LENS)

Abstract. The second Quantum revolution is expected to influence society as a whole thanks to the groundbreaking technologies it introduces. As part of its effort in the dissemination of Quantum Physics and Quantum Technologies, in November 2023, the National Institute of Optics (CNR-INO) in Florence organised "Dire l'indicibile: l'entanglement quantistico" an exhibition open to the general public with the aim of spreading knowledge of quantum Physics and quantum technologies. The goal of the exhibition was to boost awareness of these developing technologies in local communities, using interactive exhibits designed for the occasion, while also investigating the impact this event had on its visitors.

Keywords: exhibition, outreach, public engagement evaluation, Quantum Physics, Second Quantum Revolution.

1. A quantum exhibition

The need to educate society about Quantum Technologies (QT) is becoming increasingly significant for institutions involved in their development. It is expected that, within 10 years, QT will revolutionise our societies with the disruptive technologies that will be introduced. A particularly effective dissemination tool is the science exhibition. Over the past 20 years, examples of science education and dissemination in the form of exhibitions have multiplied within museums, science centres and in many different contexts. This format is particularly attractive for science institutions, as it enables contact with different kinds of audience. Moreover, it has been proven that interactivity in museums increases interest and engagement, leading to better results in learning processes [1] [4]. While with classical physics (and many other scientific fields) hands-on and interactive experiences are possible thanks to real-life experiments, the phenomena of quantum physics (QP) are hard to replicate outside a laboratory [3]. Therefore, to make QP accessible to society, we need to use alternative tools that bring the public closer to quantum phenomena. To increment quantum literacy among the general public in Europe, a dedicated day – World Quantum day (WQD) – was established. Sev-

eral initiatives are held on WQD to promote quantum literacy all over the world, with outreach activities in different formats. The events are clustered around the 14th of April, which is the actual quantum day, but they are held on other dates too. In Italy, WQD activities are promoted by the Italian Quantum Weeks initiative, a three-year project launched in 2022 which coordinates outreach efforts at national level and supports the local initiatives. The Italian Quantum Weeks project involves several Institutions, Universities and research centres throughout the country. INO has been active in the project since the beginning. The activities organised within the Italian Quantum Weeks include a quantum exhibition entitled "Dire l'indicibile" to paraphrase the famous *Speakable and unspeakable in Quantum Mechanics* by John S. Bell. The planning and design of the exhibition was steered at national level, although local committees had complete freedom in the implementation. INO's approach in Florence in both the 2022 and 2023 editions, was to design exhibits that were clearly "non quantum", which would be symbolical representations of quantum principles. This approach intended to provide visitors with useful tools to visualise and interpret quantum concepts far removed from everyday experience.

2. Design and implementation in Florence

The 2023 exhibition in Florence took place from November 20th to 27th and was designed and planned by researchers of the National Institute of Optics with the help of a local professional curator and exhibition designer: Machina srl. Ten thematic rooms guided the visitor through the discovery of the basic principles of quantum mechanics and entanglement using interactive exhibits and visual representation [2]. Msc and PhD Students as well as researchers from the CNR-INO and Florence University acted as ambassadors and facilitators, guiding visitors through the exhibition. The venue was chosen because it was in the city centre, near to busy areas served by restaurants, clubs and bars, in order to attract a wider public and people who don't usually participate in the CNR-INO's activities.

The exhibition made use of pictures, written text, videos, interactive exhibits and visualisation tools that visitors could experience alone or with the help of one of the volunteers present. All volunteers were experts in quantum physics and related technologies, being CNR-INO researchers and students.

What distinguishes this exhibition from similar events is the focus on interactivity. Quantum Physics is often deemed difficult to teach and learn while its laws are well understood by the scientific community. The difficulties lie in the fact that its predictions are counterintuitive with respect to our daily experience. Outreach events tend to struggle to create a connection between the daily life of those who attend them and the subject [5]. "Dire l'indicibile" tried to fill this gap by designing experiences that visitors could engage in with their own hands and

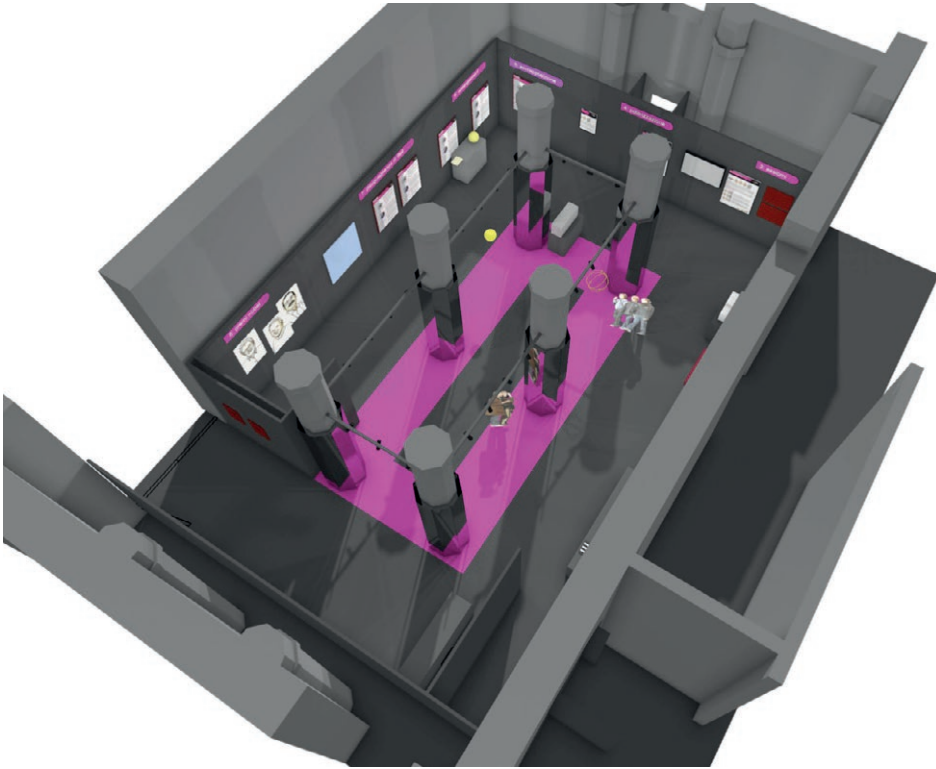


Figure 1. Rendering of the exhibition "Dire l'indicibile: l'entanglement quantistico" held in Florence in November 2023.

which would help create a mental framework, a representation, a new intuition, of the quantum principles. Another element that makes the exhibition an interesting case is the collaboration between CNR-INO, promoter and organiser of the event, and local organisations. The event venue was an historical landmark in the UNESCO heritage area of the city. "Il complesso delle Murate", built in the 15th century as a cloistered monastery which was subsequently transformed into a prison, has undergone a redevelopment process and now been returned to the public. In addition, the setup company, contracted to provide support, is a well-known business, regularly involved in the events organised by the local fashion industry. The ambition was not only to organise an outreach event of scientific value but also to create connections with the area where the Research Institute is located. Lastly, the exhibition is an experiment in its own right. Engagement evaluation surveys were designed and distributed among visitors who voluntarily filled them in. From the answers to those questionnaires, CNR-INO researchers hope to investigate the landscape of the public's interest in Quantum Technologies, along with their perceptions of their development and potential applications. The results of the analysis of the data gathered will be addressed in another dedi-



Figure 2. Overview of the exhibition on its opening day.

cated paper. Here, we intend to illustrate the exhibits and the ideas behind their use as tools for the visualisation of specific quantum principles.

3. The exhibition

The exhibition was structured according to a didactic perspective. First, we introduced the most basic concepts, to help understand the more advanced topics that follow. Ten sections numbered from 0 to 9 guided the visitor during the thematic path.

The visit began with an introductory section, where a series of pictures accompanied the visitor to the scales of dimensions where quantum phenomena cannot be neglected.

After this first section, visitors were shown examples of quantum systems. Using simple spectrometers, visitors were able to observe the radiation spectra emitted by several light sources. The aim was to show the differences between continuous and discrete emission lines. This very simple exhibit showed how close quantum physics actually is to our daily experience. Even with the naked eye, the quantised energy levels of atoms in a neon lamp can be appreciated through light, which



Figure 3. Light sources generating continuous and discrete emission spectra, observable using portable spectrometers.

turns out to be a fantastic carrier of information mapped in its visible spectrum from the microscopic world (Fig. 3).

The next section covered the different models developed to describe the atom. The peculiar behaviour of quantum systems was then illustrated comparing three versions of Young's double slit experiment [6]: a classical one using some sand; one showing the diffraction patterns of a laser beam and, lastly, a video showing the results of a double slit experiment performed using an electron beam.

Subsequently, visitors were presented with the superposition principle and the issue of measurement in QP. These concepts were presented with the help of some optical illusions. Written text on panels and guidance from the experts gave visitors the information needed to contextualise what they saw. The brief introduction to quantum measurement and superposition was consolidated with an interactive activity meant to give an intuition of what it means to perform a measurement in quantum physics with the help of polarisation. A lamp and three polarising filters showed the changes in the radiation transmitted with the variation of the filters' relative angles. Even though no quantum effect was involved, this activity created some useful parallelisms with pure quantum behaviour.

At this point, the exhibition progressed more into the concept of superposition, introducing Bloch's Sphere and how it can be used to represent quantum states. The next step was then a representation of the concept of entanglement.

To describe what entanglement is, first we introduced correlation. To repre-

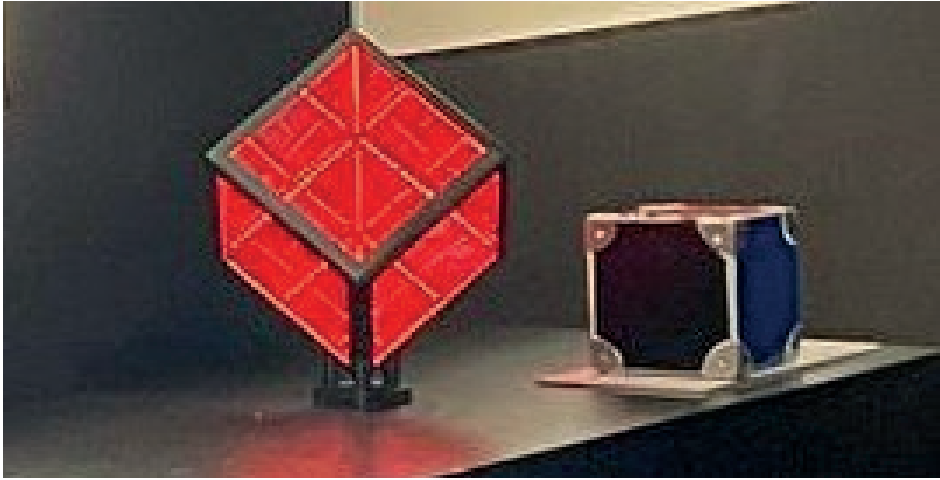


Figure 4. Entanglement exhibit: a dice and a cube are "entangled" so that the face the dice falls on determines the colour of the cube.

sent the non-locality principle of quantum mechanics, we created an exhibit that showed two "entangled" objects: a coloured dice and a cubic lamp which changed colour to the colour of the dice's face. We were able to use this to highlight the fact that, even if two entangled quantum objects are very far from each other, the collapse of the wavefunction is instantaneous. While the dice is rolling, the cube assumes all the colours, symbolising a superimposed state. The design of this exhibit was inspired by a previous exhibition designed by ETH in Zurich [2].

Once the concept of entangled states had been displayed, the exhibition progressed with Bell's Inequalities. An illuminated display and a set of polarising filters allowed visitors to perform Bell's inequality calculations under the hidden variables hypothesis. Finally, the experiments that proved the probabilistic approach to QP were introduced to the visitors using the words of the three 2023 Nobel prize laureates in Physics: Anton Zeilinger, Alain Aspect and John Clauser.

The exhibition closed with some examples of second quantum revolution technologies that used some of the principles introduced during the exhibition. Quantum key distribution and examples of quantum computer hardware were introduced to the visitor.

4. Conclusions

Events like the one described here are a powerful tool to reach a diverse audience, ranging from high school students to adults who have finished their education, with different interests. It also provides an opportunity to open the doors of research Institutions like INO to innovative ways of communicating science and

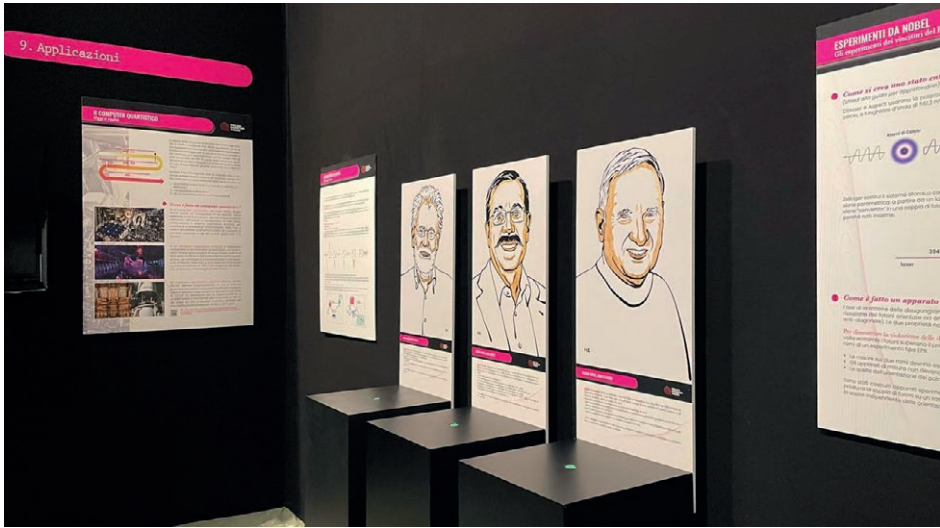


Figure 5. Last sections of the exhibition: 2023 Nobel laureates in Physics and examples of quantum technologies.

creating connections with local communities and pre-existing projects. This exhibition clearly benefited from the interdisciplinary team that came together in its design. Interdisciplinarity not only makes it possible to create more rounded and complete events and activities, it also has the bonus of attracting a diverse audience that might usually be the target for just one of the disciplines involved in the event. This experience opens new possibilities for more daring collaborations.

References

1. Lucija Andre, Tracy Durksen, and Monique L.Volman. Museums as avenues of learning for children: a decade of research. *Learning Environments Research*, 20, 2017.
2. Chiara Decaroli and Maciej Malinowski. “Do you speak quantum?” A quantum physics and art exhibition. *Optical Engineering*, 61(8): 081807, 2022.
3. Caterina Foti, Daria Anttila, Sabrina Maniscalco, and Maria Luisa Chiofalo. Quantum physics literacy aimed at k12 and the general public. *Universe*, 7(4), 2021.
4. Teresa MacDonald and Alice Bean. Adventures in the subatomic universe: An exploratory study of a scientist–museum physics education project. *Public Understanding of Science*, 20(6): 846–862, 2011.
5. Tara Roberson, Joan Leach, and Sujatha Raman. Talking about public good for the second quantum revolution: analysing quantum technology narratives in the context of national strategies. *Quantum Science and Technology*, 6(2): 025001, Jan 2021.

6. Thomas Young. I. the Bakerian lecture. Experiments and calculations relative to physical optics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 94: 1–16, 1804.



Axions Across Boundaries between Particle Physics, Astrophysics, Cosmology and forefront Detection Technologies

Galileo Galilei Institute – Arcetri, April 26 – June 9, 2023

Organisers

Gianpaolo Carosi (Lawrence Livermore National Laboratory, CA, USA)

Kiwoon Choi (IBS, Daejeon, CTPU, KR)

Luca Di Luzio (University of Padua and INFN – Padua, IT)

Babette Döbrich (CERN, Geneva, CH)

Inma Domínguez (University of Granada, ES)

Maurizio Giannotti (Physical Sciences, Barry University, USA)

Igor Garcia Irastorza (University of Zaragoza, ES)

Enrico Nardi (INFN – Laboratori Nazionali di Frascati, IT)

Andreas Ringwald (DESY, Hamburg, DE)

Pierre Sikivie (University of Florida, FL, USA)

Julia Katharina Vogel (Lawrence Livermore National Laboratory, CA, USA)

Abstract. The workshop brought together scientists from different backgrounds and expertise to discuss open problems, recent developments and future directions in axion physics, a field notoriously replete with interdisciplinary connections. The aim of the workshop was to foster a fruitful cross-breeding between different theoretical areas, with a focus on certain open issues in axion particle physics, astrophysics and cosmology. The interaction between the experimental and theoretical communities fostered the merging of “how to search” with “where to search” into optimised strategies to hunt for the axion.

Keywords: axion physics, strong CP problem, axion astrophysics and cosmology, axion dark matter, axion detection strategies.

Scientific context and motivations

Quantitative assessments of the axion contribution to Cold Dark Matter (CDM) involve top-notch lattice simulations of non-perturbative QCD effects, as well as of the cosmic evolution of axionic topological defects. Astrophysical observations provide strong limits on axion properties because stellar evolution would be affected by the existence of axions and, intriguingly, some excesses in star energy

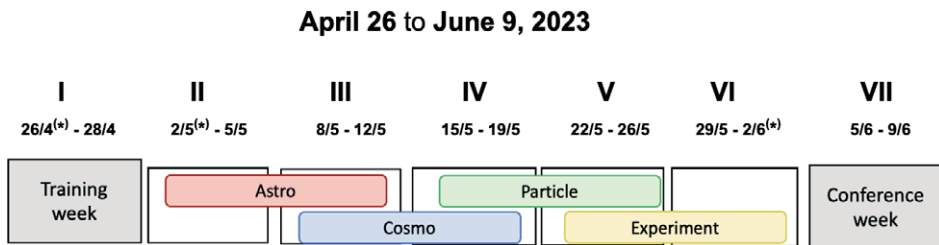
losses have been reported. Cosmological scenarios in which the Peccei Quinn (PQ) symmetry is broken before inflation envisage axion imprints in the CMB, while in post-inflationary scenarios, axion miniclusters, with overdensities several orders of magnitude larger than the local density of CDM, are expected to form. A reliable assessment of their properties is therefore of the utmost importance. In experimental terms, a blossoming of potentially game-changing ideas, with an exciting crossover from experimental particle physics to materials science and cutting-edge technologies, is inspiring new methods for axion searches. Novel techniques which, besides exploiting the axion-photon coupling, aim to reveal axions via their couplings to nucleons and electrons, have been advanced. The programme of the workshop was tailored to synergistically address all these issues. Due to the wide variety of expertise required to coordinate targeted invitations and carefully select participants from the extensive pool of applications, an organising committee comprising eleven members was formed. Although the number of organisers was unusually large, their involvement proved instrumental in ensuring the highest scientific standards across all the areas covered by the workshop programme.

Scientific activity

The scientific activity was structured around one “Training week”, five regular “Workshop weeks” and a final “Conference week”, as shown in Fig. 1, taken from the workshop webpage.

Training week

The Training week was aimed at PhD students and young postdocs, as well as senior researchers unfamiliar with this specific field of research, but eager to grasp its fundamental concepts. The goal was to provide a basic introduction to the various aspects of axion physics. To this end, six lecturers encompassing the foundational principles of axion theory, axion electrodynamics, the essential in-



^(*) Note that April 25th, May 1st and June 2nd are days of holidays in Italy.

Figure 1. The scheduling format of the workshop.

gradients of axion model building and phenomenology, axion astrophysics, axion cosmology, and an overview of axion detection techniques, were scheduled.

Regular workshop activities

The regular workshop spanned five weeks. The activities were organised around four main topics: axion astrophysics, axion cosmology, axions in particle physics (theory and phenomenology) and axion detection strategies. Cross-contamination among the different areas was guaranteed by structuring the activities for each topic over two weeks, overlapping the second week of each subject with the first week of the next one (see figure 1). Consequently, experts in Astrophysics and Cosmology, Cosmology and Particle Physics, Particle Physics and Experimental Detection Strategies, were brought into close contact for a significant length of time, which was essential to interdisciplinary cross-contamination.

The planned workshop activities consisted of one invited talk each day, scheduled after lunch, with no time limits for questions and discussion. In several cases, these afternoon seminars lasted more than two hours. During the development of the workshops, additional topics emerged as common interests among large groups of participants, spurring impromptu presentations, often at the blackboard, to stimulate discussions and thorough analyses (see Fig. 2). These additional activities were typically scheduled in the morning, before lunch. The morning slots also hosted eight talks from young researchers who expressed their keen interest in presenting their results to an audience of leading experts.

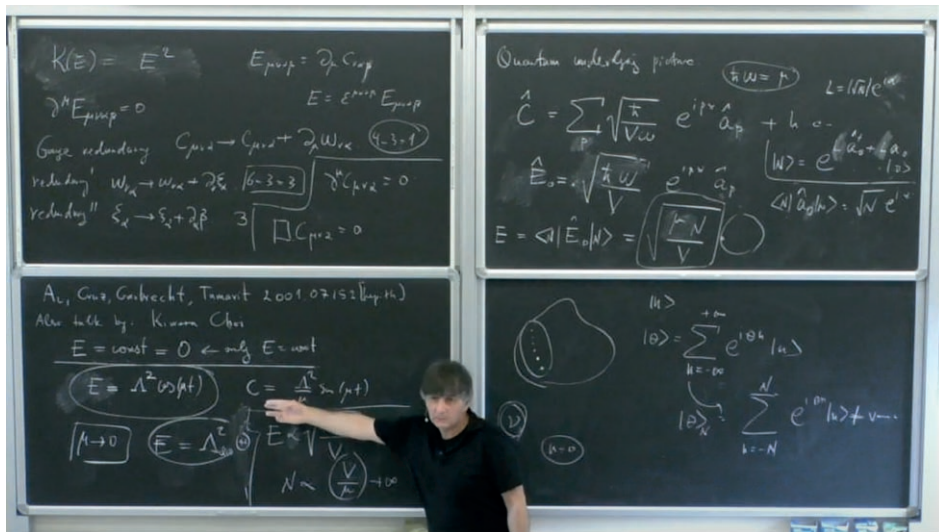


Figure 2. Gia Dvali during an impromptu discussion about an insidious issue concerning CP violation in the strong interactions.

Conference

The final week of the workshop was dedicated to a conference featuring a full-day schedule, comprising two 60-minute talks in the morning and three 40-minute talks in the afternoon. The most recent developments in axion physics were presented and discussed during the conference.

All the lectures, seminars, young researchers' talks, impromptu presentations and subsequent discussions, as well as the talks at the conference, were streamed. The recordings are available on the GGI YouTube channel.

Participation and impact within the community

The proposal for an interdisciplinary workshop on axion physics to be held at the Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics was enthusiastically supported by the whole axion community. In the end, there were more than 180 requests to participate in the workshop, exceeding the hosting capacity of GGI. The organising committee was able to accommodate 125 participants. Their tenure at the GGI was strategically allocated over the seven weeks of the event, based on their scientific skills and interests. In total, 292 weeks of attendance were tallied, resulting in an average participant stay of 2.3 weeks.

Four outstanding “key scientists” received support from four Simons fellowships for a total of eight weeks, while another 160 weeks were supported through INFN GGI funds.

Final considerations and acknowledgements

Given the increasing interest in axion physics witnessed in recent years, this workshop was undoubtedly timely and, as expected, played a pivotal role in connecting and bridging different areas of expertise within the axion community. The enthusiastic participation and excitement that characterised the various activities, the thorough involvement of the participants in numerous discussions, alongside the positive feedback we, as organisers, received from various colleagues, convinced us that this was a highly successful workshop. We acknowledge the seamless logistical organisation provided by the GGI administrative staff, who played a fundamental role in achieving our goals.

Sommario | Table of contents

Volume 13 – 2 · 2024

PILLOLE DI STORIA / HISTORICAL PILLS

Firenze ricorda Margherita Hack nel centenario della nascita ! *Florence remembers Margherita Hack on the 100th anniversary of her birth*..... 5
ANTONELLA GASPERINI, GIORGIO STRANO

Enrico Betti: l'impegno scientifico e civile di un matematico | *Enrico Betti: the scientific and civil commitment of a mathematician* 17
GIAMPAOLO PERUGI

Firenze e la storia degli occhiali: tra fake news e progressi tecnologici | *Florence and the history of glasses: between fake news and technological progress* 29
ELISABETTA BALDANZI, ALESSANDRO FARINI

RAPPORTI DI ATTIVITÀ / ACTIVITY REPORTS

From star clusters to field populations: survived, destroyed and migrated clusters..... 43

Illuminating the Dusty Universe: A Tribute to the Work of Bruce Draine 45

Enlightening Mind 49

Dire l'indicibile, a quantum exhibition..... 53

Axions Across Boundaries between Particle Physics, Astrophysics, Cosmology and forefront Detection Technologies 61



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



INO-CNR
ISTITUTO
NAZIONALE DI
OTTICA