

Volume 15

IL COLLE
di
GALILEO

1 · 2026

IL COLLE di GALILEO



ISSN
2281-7727

FIU
FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS

Il Colle di Galileo

Volume 15, 1, 2026



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

David Caramelli, *Presidente del Sistema Museale d'Ateneo, Università degli Studi di Firenze*

email: david.caramelli@unifi.it

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

email: francescosaverio.cataliotti@unifi.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

Fulvio Piccinini, *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze*

email: fulvio.piccinini@pv.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

© 2026 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

- 5 Editoriale
Editorial
a cura del Direttore della rivista

PILLOLE DI STORIA / HISTORICAL PILLS

- 9 Il Percorso della Scienza in Arcetri
Arcetri Science Path
Elisabetta Baldanzi, Fausto Barbagli, Daniele Dominici, Antonella Gasperini, Giacomo Poggi
- 41 Dal telettrofono allo smartphone: riscoprire il contributo dimenticato di Antonio Meucci
From the teletrophone to the smartphone: rediscover Antonio Meucci's forgotten contribution
Riccardo Meucci
- 57 Un viaggio scientifico di G. B. Donati nel 1862 (e la sua rendicontazione)
A scientific journey by G. B. Donati in 1862 (and its cost reporting)
Simone Bianchi

RAPPORTI DI ATTIVITÀ / ACTIVITY REPORTS

- 85 SPETTRA 2025
Pietro Bolli
- 88 66th National Congress of the Italian Astronomical Society: A Bridge Between Past and Future
Giovanni Sabatini, Antonella Gasperini
- 93 Hunting for binary stars and exotic stellar populations in star clusters and beyond
Sara Saracino, Nicoletta Sanna, Elena Pancino

IN EVIDENZA / HIGHLIGHTS

- 97 Cosmic Duets: il primo campione statistico di dual e lensed AGN
Cosmic Duets: the first statistical sample of dual and lensed AGN
Martina Scialpi
- 105 La fisica per la formazione dei docenti della scuola primaria e secondaria
Physics for the training of primary and secondary school teachers
Samuele Straulino



Il Colle di
Galileo

Editoriale

Editorial

a cura del Direttore della rivista

Quindici anni fa l'Università degli Studi di Firenze, Il CNR, l'INAF e l'INFN hanno firmato l'“*Accordo per il Colle di Galileo*”, una iniziativa nata fra alcuni ricercatori di queste istituzioni di ricerca da sempre ammirati dalla bellezza della zona del colle di Arcetri e soprattutto consapevoli della importanza che questi luoghi hanno rappresentato per la storia della scienza ed ancora rappresentano per la scienza stessa. L'intento dell'Accordo era quello di valorizzare il patrimonio costituito sia dalla Villa il Gioiello dove Galileo ha trascorso gli ultimi anni della sua vita, sia il complesso delle Istituzioni di ricerca che a partire dal XIX secolo hanno qui trovato le loro sedi.

Questo stesso gruppo di ricercatori, coordinatosi subito in un Comitato Scientifico di cui faceva parte anche il Presidente del Sistema Museale di Ateneo, ha promosso e realizzato l'allestimento della Villa necessario per renderla, dopo il restauro edilizio avvenuto pochi anni prima, sia monumento storico fruibile dal punto di vista museale sia luogo attrezzato per incontri scientifici, secondo gli intenti dell'Accordo.

Tredici anni fa il Comitato ha poi fondato questa stessa rivista, al fine di divulgare il progresso delle ricerche svolte dalle Istituzioni del Colle e di narrare la loro storia.

Oggi, nel primo articolo che compare in questo volume, si racconta di un ulteriore passo destinato a valorizzare sempre di più il complesso degli istituti di

Fifteen years ago, the University of Florence, the National Research Council (CNR), the National Institute for Astrophysics (INAF), and the National Institute for Nuclear Physics (INFN) signed the “*Accordo per il Colle di Galileo*” (*Agreement for the Hill of Galileo*), an initiative that originated among a group of researchers from these institutions. Long inspired by the beauty of the Arcetri hill and, above all, keenly aware of the crucial role these places have played – and continue to play – in the history of science, these scholars sought to safeguard and enhance a scientific and cultural heritage of exceptional value. The purpose of the Agreement was to promote this heritage, encompassing both Villa Il Gioiello, where Galileo spent the final years of his life, and the complex of research institutions that, since the nineteenth century, have established their headquarters in this area.

This same group of researchers soon organized itself into a Scientific Committee, which also included the President of the University Museum System. The Committee promoted and oversaw the outfitting of the Villa, making it – following the building restoration carried out

ricerca presenti sul Colle di Galileo: la istituzione di un percorso a carattere museale-scientifico che parte, non solo idealmente, dalla Villa e si dipana poi fra i vari istituti presenti in Arcetri. Esso viene offerto alla fruizione del pubblico, con particolare riguardo alle scuole e in continuità con l'importante attività divulgativa, oggi detta di Terza Missione, che da decenni l'Osservatorio compie con successo. L'articolo fornisce un primo rendiconto di questo *"Percorso della Scienza in Arcetri"*, ne delinea i principi ispiratori e poi descrive l'iter legato alla progettazione e realizzazione delle varie tappe che sono previste presso l'Osservatorio, Il CNR-INO e il "Garbasso", ovvero la sede distaccata del Dipartimento di Fisica e Astronomia, già sede della Sezione fiorentina dell'INFN, ed attualmente sede del Galileo Galilei Institute, centro nazionale di studi avanzati dell'INFN. Nell'articolo si riconosce anche il generoso supporto delle Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze senza la quale non sarebbe stata possibile la realizzazione degli obiettivi che il Comitato del Colle di Galileo ha fissato negli anni.

L'inaugurazione del Percorso è prevista nel corso del 2026. Nei volumi prossimi della nostra rivista compariranno altri articoli che con maggior dettaglio illustreranno le varie tappe del Percorso, oggi solo delineate.

Mi preme evidenziare che questo processo di valorizzazione del Colle di Arcetri, tanto importante per la scienza, per la cultura e per la città di Firenze e la sua popolazione, non avrebbe potuto avere il seguito che ha avuto senza il determinante contributo di tutte le istituzioni coinvolte, e senza il contributo delle molte persone che hanno lavorato in questi anni in maniera coesa ed entusiastica per la realizzazione del *"Percorso della Scienza in Arcetri"*. L'occasione di questo

a few years earlier – not only a historical monument accessible from a museological perspective, but also a venue equipped for scientific meetings, fully in line with the objectives of the Agreement.

Thirteen years ago, the Committee went on to found this journal, with the aim of disseminating the progress of research conducted by the institutions located on the Hill and of recounting their history.

Today, the opening article of this volume presents a further step intended to enhance even more fully the network of research institutes on the Hill of Galileo: the establishment of a museum-scientific itinerary that begins – not only symbolically – at the Villa and then unfolds among the various institutes located in Arcetri. This itinerary is offered to the public, with particular attention to schools, and in continuity with the Observatory's long-standing and highly successful outreach activities, now commonly referred to as the *Third Mission*. The article provides an initial account of this *"Percorso della Scienza in Arcetri"* (*Arcetri Science Trail*), outlining its guiding principles and describing the process of design and implementation of the various stages planned at the Observatory, at CNR-INO, and at the "Garbasso" building – namely, the branch site of the Department of Physics and Astronomy, formerly the headquarters of the Florence Section of INFN, and currently home to the Galileo Galilei Institute, the INFN's national center for advanced studies. The article also acknowledges the generous support of the Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze, without which the objectives pursued over the years by the Galileo Hill Committee could not have been achieved.

editoriale mi è gradita per ringraziare tutti gli attori coinvolti, ed in particolare il Prof. Giacomo Poggi, che fin dall'inizio del progetto si è sempre speso con energia, competenza, attenzione e determinazione per il coordinamento delle attività necessarie per la sua realizzazione.

The inauguration of the Trail is scheduled to take place in 2026. Future issues of our journal will include further articles offering more detailed presentations of the individual stages of the itinerary, which are only outlined here.

I wish to emphasize that this process of enhancing the value of the Arcetri Hill – so important for science, culture, and for the city of Florence and its citizens – could not have progressed as it has without the decisive contribution of all the institutions involved, nor without the commitment of the many individuals who have worked cohesively and enthusiastically over the years toward the realization of the *Arcetri Science Trail*. I am pleased to take this opportunity to express my sincere thanks to all those involved, and in particular to Professor Giacomo Poggi, who, from the very outset of the project, has consistently devoted his energy, expertise, care, and determination to coordinating the activities necessary for its realization.



Il Colle di
Galileo

Il Percorso della Scienza in Arcetri

Arcetri Science Path

Elisabetta Baldanzi¹, Fausto Barbagli², Daniele Dominici³,
Antonella Gasperini⁴, Giacomo Poggi³

¹ CNR -Istituto Nazionale di Ottica, Italy

² Museo di Storia Naturale – Università degli Studi di Firenze, Italy

³ Dipartimento di Fisica e Astronomia – Università degli Studi di Firenze e INFN
– Sezione di Firenze, Italy

⁴ INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Italy

Riassunto. Sulla collina di Arcetri, posta a sud di Firenze, si trova la villa dove Galileo Galilei ha trascorso i suoi ultimi anni di vita. Dal 1633 la dimora diventa residenza coatta, in esecuzione della condanna del Santo Uffizio. Il conforto allo scienziato proviene dalla presenza dei suoi discepoli che fino alla sua ultima ora lo circondano e da lui apprendono il sapere scientifico. Proprio in omaggio alla vicenda umana di Galileo, a partire dal XIX secolo, sulla collina iniziano ad avere la loro sede vari istituti scientifici, quali l'Osservatorio Astronomico, l'Istituto di Fisica dell'Università e l'Istituto Nazionale di Ottica. Presso queste istituzioni, che negli anni successivi hanno modificato i loro nomi per adeguarli a quello degli attuali enti di appartenenza, hanno operato illustri scienziati che ad esse hanno fornito il prestigio di cui tuttora godono e che hanno accresciuto negli anni. Per queste ragioni la Collina di Arcetri è stata nominata nel 2013 Sito Storico della Società Europea di Fisica. Gli Enti di ricerca che hanno sede sulla collina hanno maturato l'idea di creare in questi luoghi, che oltretutto beneficiano della bellezza del paesaggio toscano, un "parco scientifico" che, includendo nel percorso la Villa di Galileo recentemente restaurata e la visita presso i vari istituti, consenta la divulgazione di una vicenda scientifica di altissimo valore e portata storica, nonché tuttora vivacissima nell'ambito delle ricerche fisiche di avanguardia. Nel testo si descrive l'iter di questa iniziativa e si descrivono brevemente le realizzazioni già compiute sia sulla Villa, sia

Abstract. The villa where Galileo Galilei spent the last years of his life stands on the Arcetri hillside, south of Florence. In 1633, the house became his place of forced residence, in accordance with the sentence imposed by the Holy Office. The scientist found comfort in the presence of his followers, who remained with him until his final hours, learning about science from him. In honour of Galileo's life, various scientific institutes began to establish themselves on the hill in the 19th century. These included the Astronomical Observatory, the University's Institute of Physics and the National Institute of Optics. These institutions, which in later years changed their names to reflect those of their current parent organisations, have been home to illustrious scientists who gave them the prestige they still enjoy today and which has grown over the years. For these reasons, Arcetri Hill was named a Historic Site of the European Physics Society in 2013. The research institutions based on the hill developed the idea of creating a "science park" in these places, which also benefit from the beauty of the Tuscan landscape. The park includes the recently restored Villa di Galileo and a tour of the various

presso gli istituti, rendendo così omaggio a tutti coloro che hanno reso possibile l'impresa, al supporto ricevuto dagli Enti di ricerca coinvolti e al generoso sostegno, non solo economico, proveniente negli anni dalla Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze.

Parole chiave: Galileo Galilei, Arcetri, Villa Galileo – Sistema Museale di Ateneo, INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri, CNR-Istituto Nazionale di Ottica, Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Firenze, INFN – Sezione di Firenze e Galileo Galilei Institute – GGI, Parco scientifico.

La collina di Arcetri, Villa Galileo e gli istituti di ricerca

Il 22 settembre 1631 Galileo Galilei firma con il Signor Esaù Martellini il contratto di 35 scudi all'anno per prendere in affitto una Villa al Pian dei Giullari, denominata "Il Gioiello", come molte di allora nella campagna toscana (ref. 1). Proprio la figlia maggiore, la prediletta Virginia, suora col nome di Maria Celeste presso il vicino convento di San Matteo insieme con la sorella Livia, aveva individuato questa possibile soluzione per ridurre al padre anziano la fatica di una lunga cavalcata sulla mula per far loro visita partendo dalla sua residenza sul colle di Bellosguardo. Inizia allora l'ultima parte della grande vicenda umana di Galileo. Da queste mura, l'anno successivo, parte la versione definitiva del "*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*", qui avviene la stesura finale dei "*Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*" e qui Galileo sarà confinato in un regime di residenza coatta dopo la condanna del Santo Uffizio del giu-

institutes, allowing the dissemination of scientific knowledge of the highest value and historical significance which is still very much alive in the field of state-of-the-art physics research. The paper describes the process behind this initiative and briefly outlines the work already carried out on both the Villa and the institutes, paying tribute to all those who made the project possible, to the support received from the research bodies involved and to the generous support, not only in terms of funding, provided over the years by the Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze.

Keywords: Galileo Galilei, Arcetri, Villa Galileo – University Museum System, INAF-Arcetri Astrophysical Observatory, CNR-National Institute of Optics, Department of Physics and Astronomy, University of Florence, INFN – Florence Section and Galileo Galilei Institute – GGI, Science Park.

Arcetri hill, Villa Galileo and the research institutes

On 22 September 1631, Galileo Galilei signed an agreement with Mr. Esaù Martellini for 35 *scudi* a year to rent a villa in Pian dei Giullari. It was known as "Il Gioiello" (The Jewel), like many others in the Tuscan countryside at the time (ref.1). It was his eldest, and favourite, daughter, Virginia, a nun named Maria Celeste at the nearby convent of San Matteo, together with her sister Livia, who had identified this possible solution to reduce the fatigue of a long

gno 1633; qui patirà lo strazio per la morte prematura della diletta figlia nel 1634, soffrirà per la progressiva perdita della vista e per il degrado della sua salute; qui trova la morte nel gennaio del 1642. La Villa, però, concede allo scienziato anche momenti relativamente sereni; piace pensarlo indaffarato nei lavori dell'orto, nella cura della vigna, aggiustare e puntare il cannocchiale per compiere dall'altana le sue ultime osservazioni riguardanti le cosiddette librazioni lunari; soprattutto ci consola pensare al conforto tratto, proprio nell'ultimo periodo della sua vita, dalle ore trascorse a parlar di scienza con i discepoli che alloggiavano nella Villa presso di lui. Nella fig. 1 la Villa in una stampa del XIX secolo.

Nella fig. 2 una immagine recente del cortile della Villa con l'altana.

Tutto quello che in questo articolo si va raccontando nasce proprio, potremmo dire, da quel contratto di affitto che fissa le premesse per far poi acquisire alla villa e ai luoghi circostanti la specificità che ora li contraddistingue come vero *Genius loci*. Questo luogo è innanzitutto unico per il posto eminente che Galileo occupa nella scienza, nella letteratura e nella sapiente arte della trasmissione del sapere. È però unico per almeno due altre e distinte ragioni. Una di questa consiste nella indubbia amenità dei luoghi che beneficia della grazia con cui la natura ha modellato i declivi a sud di Firenze e trae ulteriore giovamento della sapienza con la quale nei secoli l'uomo ha saputo ingentilirli ulteriormente, sia con garbate architetture, sia con le macchie argentee delle coltivazioni di ulivi sia con le particolari cromaticità stagionali dei vigneti, solcati e separati spesso da snelli cipressi. L'altra ragione di questa unicità va ricondotta alla saggia e lungimirante decisione che a metà degli anni '60 del XIX secolo portò la municipalità di Firenze, allora



Figura 1. Villa Galileo in una stampa del XIX secolo, al tempo di proprietà Buonaiuti.

Figure 1. Villa Galileo in a 19th century print, owned at the time by Buonaiuti.



Figura 2. Il cortile della Villa e l'altana, come appaiono dopo il restauro terminato nei primi anni del 2000.
 Figure 2. The courtyard of the Villa and the roof terrace, as they appear following restoration work completed in the early 2000s.

mule ride for their elderly father to visit them from his residence on the Bellosguardo hillside. So began the final chapter in Galileo's remarkable life. The following year, the final version of his *"Dialogue Concerning the Two Chief World Systems"* was published from within these walls. It was here that he completed the final draft of his *"Discourses and Mathematical Demonstrations Relating to Two New Sciences"*, and it was here that Galileo was placed under house arrest following his conviction by the Holy Office in June 1633. Here he suffered the torment of the premature death of his beloved daughter in 1634, and endured the progressive loss of his sight and deterioration of his health. It was here that he died in January 1642. However, the Villa also granted the scientist some relatively peaceful moments; it is nice to think of him busy working in the garden, tending the vineyard, adjusting and pointing his telescope to make his last observations on the so-called lunar libration from the roof terrace; above all, it is comforting to think of the solace he drew, especially towards the end of his life, from the hours spent talking about science with his followers, who were staying with him at the Villa. In fig.1 the Villa in a 19th century print.

In fig.2 a recent picture of the courtyard of the Villa with the roof terrace.

We could say that everything described in this article stems from that rental agreement, which laid the foundations for the villa and its surroundings to acquire the distinctive character that now sets them apart as a real *Genius loci*. First and foremost, this place is unique because of Galileo's eminent position in science, literature and the skilful art of transmitting knowledge. However, it is unique for at least two more distinct reasons. One of these

capitale del Regno d'Italia, ad accettare una proposta proveniente dall'astronomo Giovan Battista Donati, direttore della Specola annessa al Museo di Fisica e Storia Naturale, che individuava proprio sul colle di Arcetri, in quanto prossimo alla Villa e quindi in omaggio a Galileo, la collocazione del nuovo osservatorio astronomico (ref. 2). La proposta attese alcuni anni prima di avere l'approvazione definitiva del parlamento del Regno (1871), ma nel frattempo i lavori di costruzione dell'edificio erano già iniziati e vi era stata una prima inaugurazione nel 1869. La scelta di Donati portò poi nei decenni successivi alla collocazione, in prossimità dell'Osservatorio e quindi della Villa, di altre importanti istituzioni di ricerca: lungo la strada interna che conduceva dalla viabilità cittadina all'Osservatorio da poco edificato, nel 1921 viene inaugurato l'edificio che accoglie la nuova sede dell'Istituto di Fisica; lungo quella stessa strada trova collocazione in quegli anni la prima piccola sede del "Laboratorio di ottica pratica e meccanica di precisione" che negli anni successivi vedrà affiancarsi ad essa la più ampia struttura dell'attuale Istituto Nazionale di Ottica del CNR (ref. 3).

In questi pochi ettari di ameno paesaggio toscano, accanto alle vivide tracce degli ultimi anni di vita di Galileo, si sviluppano così istituzioni di ricerca che – potremmo dire sotto l'egida delle vestigia del grande passato galileiano – sono divenute realtà di assoluta preminenza nel campo dell'astronomia e della fisica. Grandi fisici vi hanno operato fra i quali spicca il nome di Enrico Fermi che proprio ad Arcetri esattamente 100 anni fa pubblicò il suo lavoro fondamentale sulla statistica del gas perfetto monoatomico (ref. 4 e 5). Per una bella carrellata di immagini di Arcetri e una descrizione degli istituti di ricerca e dei grandi perso-

is the undeniable beauty of the landscape, which benefits from the grace with which nature has shaped the slopes to the south of Florence and is further enhanced by the wisdom with which man has enriched it over the centuries, both with elegant architecture and with the silvery patches of the olive groves and the distinctive seasonal colours of the vineyards, often crossed and separated by slender cypress trees. The other reason for this uniqueness can be traced back to the wise and far-sighted decision made in the mid-1860s by the municipality of Florence, at that time the capital of the Kingdom of Italy, to accept a proposal from astronomer Giovan Battista Donati, director of the *Specola* observatory annexed to the Museum of Physics and Natural History, who identified Arcetri hill as the location for the new astronomical observatory, due to its proximity to the Villa and therefore in honour of Galileo (ref. 2). It took several years for the proposal to gain final approval from the Parliament of the Kingdom (1871), but in the meantime, construction work on the building had already begun and there had been a first inauguration in 1869. Donati's decision led to the establishment of other important research institutions in the vicinity of the Observatory and therefore of the Villa in the decades that followed. Along the internal road leading from the town to the newly built Observatory, the building housing the new headquarters of the Institute of Physics was inaugurated in 1921. Along that same road, the first small headquarters of the "Laboratory of Practical Optics and Precision Mechanics" was established at the time, being subsequently joined by the larger structure of the present-day National Institute of Optics of the CNR (ref.3).

naggi che vi hanno operato, si veda il video realizzato nel 2017 dal Laboratorio Multimediale di Ateneo fiorentino (ref. 6).

Proprio negli anni in cui sulla collina si edifica la sede dell'Istituto di Fisica, la Villa, ancora posseduta da privati, viene dichiarata Monumento Nazionale. Solo nel 1942 essa viene acquisita dallo Stato, a far parte del ramo storico-artistico del Demanio. Nel 1975 essa è concessa all'Ateneo fiorentino e dopo pochi anni l'Ateneo stesso e l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, grazie all'impegno particolare del suo direttore Franco Pacini profondamente legato alle sorti dell'edificio, promuovono la ristrutturazione della Villa (ref. 7). L'importante opera di restauro si completa nel primo decennio di questo secolo grazie allo sforzo congiunto dell'Università degli Studi di Firenze (anche Unifi nel seguito), dell'Osservatorio Astrofisico e del Ministero dei Beni Culturali, diventando così accessibile al pubblico attraverso visite guidate, gestite dal Sistema Museale di Ateneo dell'Università di Firenze (SMA nel seguito).

L'accordo de "Il Colle di Galileo"

Da sempre, i ricercatori che hanno avuto la fortuna di operare in questi luoghi hanno maturato per essi un'affezione importante. Esemplare, per questo aspetto, è la nostalgia espressa da Bruno Rossi per gli anni da lui trascorsi ad Arcetri (ref. 8). Questo amore per la collina di Arcetri e per tutto quello che rappresenta è proprio alla base della scelta operata nel 2011 da un gruppo di ricercatori attivi sulla

In these few hectares of delightful Tuscan countryside, research institutions that have become leading organisations in the fields of astronomy and physics have sprung up alongside the vivid traces of Galileo's final years, under the aegis, so to speak, of the vestiges of Galileo's great past. Great physicists have worked there, most notably Enrico Fermi, who published his fundamental work on the statistics of perfect monatomic gas at Arcetri exactly 100 years ago (ref. 4 and 5). A selection of beautiful pictures of Arcetri and a description of the research institutes and the great names who have worked there can be found in the video produced in 2017 by the Multimedia Laboratory of the University of Florence (ref. 6).

It was during the years when the Physics Institute was being built on the hill that the Villa, which was still privately owned, was declared a National Monument. It was not until 1942 that it was taken over by the State and became part of the historical and artistic branch of the Italian State Property Office. In 1975, it was granted to the University of Florence and, a few years later, the renovation of the Villa was promoted by the University and Arcetri Astrophysical Observatory, thanks to the special commitment of its director Franco Pacini, who was strongly devoted to the fortunes of the building (ref.7). The important restoration work was completed in the first decade of this century thanks to the joint efforts of the University of Florence (referred to hereinafter also as Unifi), the Astrophysical Observatory and the Ministry of Cultural Heritage, making it accessible to the public through guided tours managed by the University of Florence Museum System (referred to hereinafter as SMA).

collina: far nascere un accordo, poi denominato “Il Colle di Galileo”, fra gli enti di ricerca operanti in Arcetri (Unifi, CNR, INAF, INFN) (ref. 9). L'intento principale dell'Accordo è quello di intraprendere un percorso ambizioso e di lunga durata destinato a valorizzare questo patrimonio, partendo proprio dalla promozione della Villa come luogo di incontri scientifici, ideale prosecuzione dell'esperienza di Galileo e dei suoi discepoli fra quelle mura; per gli intenti dell'Accordo si veda proprio l'estratto del relativo testo (ref. 10) riportato nel primo volume di questa rivista, nata un anno dopo la stipula dell'accordo stesso. Poco dopo, a conferma della rilevanza della collina di Arcetri per il progresso della scienza, nel maggio 2013 essa è designata “Sito storico” della Società Europea di Fisica (EPS), secondo sito italiano ad aver ricevuto questo riconoscimento dopo la fontana di Via Panisperna, a Roma, resa celebre dagli esperimenti realizzati da Fermi nel 1934 sul rallentamento dei neutroni, che nel 1939 gli valsero il premio Nobel. Il relativo cartello si trova all'ingresso del viale che connette tutte le istituzioni (Fig. 3); nel testo, oltre alle motivazioni che hanno portato al riconoscimento EPS, troviamo anche l'elenco delle grandi personalità scientifiche hanno operato sulla collina.

Fra gli intenti dell'Accordo non è secondario, anche per il SMA che la gestisce, un potenziamento degli arredi museali della Villa di cui possano beneficiare sia i visitatori del pubblico generico sia i partecipanti agli incontri scientifici che vengono organizzati e sostenuti dai membri dell'accordo. Per un paio di anni dall'avvio delle attività connesse all'Accordo, lo sforzo si è concentrato sulla organizzazione di incontri scientifici presso la Villa e sulla installazione (a cura di



Figura 3. Il cartello della European Physical Society (EPS) che riconosce la Collina di Arcetri come suo Sito Storico.

Figure 3. The sign of the European Physical Society (EPS) that acknowledges Arcetri Hill as its Historical Site.

Antonio Godoli, Francesco Palla e Alberto Righini) di un sistema di totem illustrativi nei vari locali della Villa. Il progetto necessita per questo di fondi non irrilevanti e i membri de “il Colle di Galileo” si attivano per sollecitare il supporto della Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze (FCRF nel seguito e allora denominata Ente Cassa), che già nell’anno precedente aveva cofinanziato l’acquisto di una libreria virtuale da installare nella villa e che consente al visitatore di sfogliare “virtualmente” alcuni testi galileiani. Inizia così il supporto generoso della FCRF che nel biennio 2016-7 eroga complessivamente più di 100k€ da destinare agli arredi della Villa. L’intervento si sviluppa in un triennio e l’allestimento consiste sia nel potenziamento delle apparecchiature audiovisive necessarie per lo svolgimento degli incontri scientifici, sia nella acquisizione di alcuni monitor che nei vari locali presentano filmati e immagini (alcune curate dal Museo Galileo), sia nella installazione di arredi veri e propri, molti dei quali risalenti ai tempi di Galileo o precedenti. Tutta questa attività è promossa dal Comitato Scientifico del Colle di Galileo, al quale fa riferimento la FCRF per la gestione del finanziamento; gli interventi avvengono in stretto contatto con il SMA (il cui presidente fa parte del Comitato) e in collaborazione con il Museo Galileo e l’Accademia dei Georgofili; per gli arredi si avvale della consulenza dell’ Arch. Antonio Godoli degli Uffici, che aveva curato qualche anno prima il restauro della Villa. L’arredo è ispirato anche all’inventario degli arredi rimasti nella villa, redatto dopo la morte di Galileo. La descrizione degli importanti interventi svolti al piano seminterrato (Cucina e Cantina – vedi fig. 4) è stata già oggetto di un dettagliato articolo a cura di Davide Fiorino, Daniele Vergari e Carlo Viviani (ref. 11).

The “Il Colle di Galileo” agreement

Researchers who have been fortunate enough to work in these places have always developed a deep affection for them. A prime example of this is the nostalgia expressed by Bruno Rossi for the years he spent at Arcetri (ref. 8). This love for Arcetri Hill and everything it represents is precisely the basis for the decision made in 2011 by a group of researchers working on the hill: to draw up an agreement, later named “Il Colle di Galileo (Galileo’s Hill)”, between the research institutions operating at Arcetri (Unifi, CNR, INAF, INFN) (ref.9). The main purpose of the Agreement is to embark on an ambitious and long-term project aimed at making the most of this heritage, starting with the promotion of the Villa as a venue for scientific meetings, an ideal continuation of the experience of Galileo and his followers within those walls. For the aims of the Agreement, see the excerpt from the corresponding text (ref. 10) in the first volume of this magazine, which is launched a year after the agreement was signed. Shortly afterwards, confirming the importance of Arcetri hill for the progress of science, in May 2013 it is declared a “historic site” by the European Physical Society (EPS), the second Italian site to receive this distinction after the fountain in Via Panisperna, in Rome, made famous by Fermi’s experiments on neutron slowing in 1934, which earned him the Nobel Prize in 1939. The related sign is found at the entrance to the avenue that connects all the institutions (Fig. 3); in addition to the reasons that led to acknowledgement by the EPS, the text also includes a list of the illustrious names in science who have worked on the hill.

L'intervento mira a ricostruire il contesto domestico di una dimora del XVII secolo, permettendo di immaginare lo svolgersi delle attività quotidiane di Galileo. Lasciare vuote le sale principali consente invece spazio al fascino evocativo dei luoghi dove sono state scritte alcune delle pagine più importanti della storia della scienza.

Significativa, anche per l'impatto evocativo conseguente, è la ipotetica ricostruzione dell'arredo dello studiolo di Galileo, avvenuto con mobilio originale



Figura 4. Il seminterrato della Villa. In alto a sinistra la cantina. In alto a destra il tavolo e l'acquaio della cucina. In basso, il camino e il focolare.

Figure 4. The basement of the Villa. Top left: the cellar. Top right: the kitchen table and sink. Bottom: the fireplace and hearth.

del XVI e XVII secolo e con la ricostruzione di copie di disegni e quaderni di appunti (*vacchette*) dello scienziato (Fig. 5). La sedia, autentica del XVI secolo e inventariata da Unifi, è quella che la tradizione vuole essere appartenuta a Galileo e come tale viene indicata come “la seggiola di Galileo”.



Figura 5. Lo studiolo di Galileo. Il alto la immagine complessiva. In basso la scrivania con il disegno della luna e la vacchetta; dietro “la seggiola di Galileo”.

Figure 5. Galileo's study. Above: the complete view. Below: the desk with the drawing of the moon and the notebook; “Galileo's chair” behind it.

Resta volutamente essenziale l'arredo della stanza dove è morto Galileo, dove è solo posto un altorilievo (G. Mariutto – 1914, Fig. 6), donato dall'antiquario Giovanni Pratesi, ispirato al famoso dipinto di Niccolò Barabino (1832-1891), che ottenne il primo premio dell'Esposizione Nazionale di Torino del 1880 come quadro di valore storico. Galileo è raffigurato malato disteso sul letto che si trovava proprio in questa stanza, attorniato dai discepoli che rimasero con lui fino alla sua morte qui avvenuta l'8 gennaio 1642.

Tutto l'allestimento è acquistato direttamente dalla FCRF che, a conclusione di questo, provvede alla sua donazione a Unifi.

Il progetto di un parco scientifico sulla collina di Arcetri

Negli anni 2016-18 di intensa attività dedicata principalmente alla Villa e alla conduzione della rivista, il Comitato comincia a discutere di possibili sviluppi della iniziativa e matura l'idea di realizzare un parco scientifico sulla collina di Arcetri che, partendo dalla Villa, comprenda tutti gli istituti scientifici disposti lungo il viale di accesso che dal Largo Enrico Fermi porta poi, al termine della salita, all'Osservatorio. Il parco dovrebbe prevedere un sistema coordinato di visite per il pubblico (in prima applicazione per le scuole) che includano necessariamente



Figura 6. L'altorilievo che rappresenta Galileo morente circondato dai suoi discepoli.

Figure 6. The high relief portraying Galileo dying, surrounded by his followers.

te la Villa e poi prevedano la sosta presso uno (o più di uno) dei centri di ricerca: Osservatorio, Istituto Nazionale di Ottica e Dipartimento di Fisica e Astronomia. La elaborazione del progetto richiede interventi di diversa portata nelle strutture coinvolte, ad eccezione della Villa che al più richiede una continua e accorta manutenzione: l'Osservatorio, che da anni svolge con grande successo attività di divulgazione accogliendo visite di scuole e di pubblico generico e organizzando incontri anche notturni di visita alle sue strutture osservative, può con questa occasione rafforzare e ampliare la sua già apprezzatissima offerta coordinandola con le altre. Diversa e necessariamente più complessa è la progettazione e poi la realizzazione delle altre due tappe “museali-didattiche” presso l'INO e l'edificio “Garbasso”, sede distaccata in Arcetri del Dipartimento di Fisica e Astronomia (Antonio Garbasso è stato il primo direttore dell'Istituto di Fisica negli anni '20 del secolo scorso – ref. 5). Per il CNR Istituto Nazionale di Ottica, questo progetto rappresenta l'occasione di accompagnare i visitatori in un viaggio nella scienza della luce, tra conoscenza, storia e ricerca contemporanea. L'obiettivo è mostrare come l'ottica, dalle sue origini fino alle applicazioni più recenti, continui a essere una disciplina di frontiera capace di generare innovazione e impatto nella vita quotidiana. Il percorso si snoda tra i corridoi e le sale della sede dell'Istituto. Non si tratta di un museo, ma di un luogo di lavoro vivo: spazi attraversati ogni giorno dal personale di ricerca, tecnico e amministrativo impegnato nelle attività quotidiane. La narrazione si sviluppa in modo continuo, introducendo i principi fondamentali dell'ottica, i protagonisti che ne hanno fatto la storia e le ricerche che oggi stanno definendo le nuove frontiere della conoscenza. Il linguaggio espositivo è volutamente evoca-

One of the goals of the Agreement, which is also important for the SMA that manages it, is to improve the museum furnishings of the Villa, which will benefit both the general public who come to visit and participants in scientific meetings organised and supported by the parties to the Agreement. For a couple of years after the activities related to the Agreement began, efforts are focused on organising scientific meetings at the Villa and the installation (by Antonio Godoli, Francesco Palla and Alberto Righini) of a system of illustrative totems in the various rooms of the Villa. The project requires significant funding, and the members of “Il Colle di Galileo” are actively seeking support from the Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze (referred to hereinafter as FCRF and then called Ente Cassa), which had co-financed the purchase of a virtual library the previous year to be installed in the villa, allowing visitors to “virtually” browse through some of Galileo’s writings. This is the beginning of the generous support provided by the FCRF, which donated a total of more than €100,000 for the Villa’s furnishings between 2016 and 2017. The project will be carried out over a period of three years and consists in upgrading the audiovisual equipment needed to hold scientific meetings and purchasing monitors to display videos and pictures (some curated by the Galileo Museum) in various rooms, and also in installing authentic furnishings, many of which date back to Galileo’s time or earlier. All these activities are promoted by the Scientific Committee of Il Colle di Galileo, to which the FCRF refers for the management of funding. The interventions are carried out in close contact with the SMA (the chairman of which is a member of the Committee) and in collaboration with the Galileo Museum and the Accademia dei Georgofili. For the furnishings,

tivo e in costante evoluzione: pannelli, strumenti storici e installazioni interattive costruiscono un racconto aperto, aggiornabile nel tempo, capace di dialogare con le trasformazioni della ricerca e della società. Il CNR Istituto Nazionale di Ottica è da sempre impegnato in progetti di outreach, che mirano a condividere con la collettività i contenuti e i valori della scienza attraverso linguaggi contemporanei e “ibridi” che uniscono alla fisica la prospettiva ad esempio delle arti, del design, della letteratura e del gioco. Il progetto per il Colle ne è una naturale espressione: un’occasione per sperimentare, restituendo la scienza come esperienza viva, creativa e profondamente umana. Per la tappa presso il “Garbasso” si pensa di dedicare la visita alle misure della radioattività naturale e dei raggi cosmici, anche in omaggio a Bruno Rossi che qui inventò e iniziò ad adoperare il suo famoso circuito delle coincidenze (ref. 12), nonché alla fisica nucleare con gli acceleratori svolta a Firenze negli ultimi decenni. Per questo allestimento sono ideali i locali dell’edificio “Garbasso” dove, abbandonato e disattivato, giace l’acceleratore KN3000 che dalla metà degli anni ’70 e fino ai primi anni di questo millennio ha operato, prima per misure di spettroscopia nucleare, poi per la ricerca della violazione di parità nei nuclei e infine è stato impiegato nel campo della applicazione di tecniche nucleari ai Beni Culturali e alla Protezione dell’ambiente (reff. 13-16). Ricordiamo che questa ultima attività è tuttora presente e vivacissima presso il Polo Scientifico, dove beneficia di un nuovo acceleratore dedicato e di una nuova, più aggiornata strumentazione. Si ricorda qui che l’intervento presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia coinvolge direttamente l’Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) che da sempre opera all’interno di una convenzione con l’Università di Firenze

the FCRF relies on the advice of architect Antonio Godoli of the Uffizi, who had supervised the restoration of the Villa a few years earlier. The furnishings are also inspired by the inventory of furnishings that remained in the villa, drawn up after Galileo’s death. The description of the important work carried out in the basement (kitchen and cellar - see Fig.4) has already been the subject of a detailed article by Davide Fiorino, Daniele Vergari and Carlo Viviani (ref. 11).

The project aims to reconstruct the domestic setting of a 17th-century residence, allowing visitors to imagine Galileo’s daily activities. Leaving the main rooms empty leaves space for the evocative charm of the places where some of the most important pages in the history of science were written.

Significant, also for its evocative impact, is the hypothetical reconstruction of the furnishings of Galileo’s study, using original 16th and 17th century furniture and reconstructions of copies of the scientist’s drawings and notebooks (*vacchette*) (Fig. 5). The chair, an authentic piece from the 16th century listed in the Unifi inventory, is traditionally believed to have belonged to Galileo and is referred to as “Galileo’s chair”.

The furnishings of the room where Galileo died remain deliberately minimal, with only a high relief (G. Mariutto – 1914, Fig.6), donated by the antiquarian Giovanni Pratesi, inspired by the famous painting by Niccolò Barabino (1832-1891), which won first prize at the National Exhibition in Turin in 1880 as a painting of historical value. Galileo is portrayed lying ill on the bed that was in this very room, surrounded by his followers, who remained with him until he died here on 8 January 1642.

che fornisce i locali per queste attività; proprio all'interno di questa convenzione si sono svolte tutte le ricerche di fisica nucleare ad Arcetri. Pertanto, quando nel seguito si parla della tappa al "Garbasso", è implicito che l'INFN partecipa al progetto e che per quanto riguarda gli allestimenti è proprio coinvolto finanziariamente, in quanto possessore dell'acceleratore e di tutte le attrezzature connesse. L'intervento al "Garbasso" presenta però la complicazione connessa alla necessità di interventi edilizi su quei locali dismessi da più di un decennio e che si trovano in uno stato di degrado importante, come appare dalle immagini nella Fig. 7; l'intervento, per essere realizzato, deve necessariamente contare sulla generosa disponibilità del "vecchio" personale che, un tempo incaricato della gestione dell'acceleratore, ora potrebbe molto utilmente partecipare al restauro conservativo della strumentazione per fare, di quella attrezzatura abbandonata e degradata, un oggetto di interesse tecnologico e scientifico. Mentre la disponibilità e l'entusiasmo di questo personale è presto verificata, assai più complicato e oneroso in termini organizzativi e finanziari è l'intervento edilizio. Tuttavia, il CdA dell'Ateneo, opportunamente informato e interessato sia alla manutenzione dei vecchi locali in via di crescente degrado, sia – diremmo soprattutto – convinto delle potenzialità di "terza missione" offerte dal progetto, approva nel novembre 2017 l'intervento edilizio inserendolo fra le sue priorità; nonostante una previsione di costi già significativa, l'intervento, a carico di Unifi, risulterà essere quello di maggior impatto economico sul progetto complessivo del parco. Con la delibera del CdA di Unifi è così soddisfatta la preconditione necessaria per includere nel progetto la struttura del Dipartimento di Fisica e Astronomia.

The whole set-up is purchased directly by the FCRF, which donates it to Unifi upon completion.

The project for a science park on Arcetri hill

Between 2016-18, at a time of intense activity dedicated mainly to the Villa and the running of the magazine, the Committee begins discussing possible developments of the initiative and comes up with the idea of creating a science park on Arcetri hill which, beginning with the Villa, includes all the scientific institutes along the road from Largo Enrico Fermi to the Observatory at the top. The park would include a coordinated system of visits for the public (initially for schools), including the Villa, of course, and then a stop at one (or more) of the research centres: the Observatory, National Institute of Optics and Department of Physics and Astronomy. The project requires work of varying scope on the structures involved, with the exception of the Villa, which needs only careful ongoing maintenance. The Observatory, which had been successfully promoting science for years, welcoming visits from schools and the general public and organising visits to its observation facilities at night, is able to use this opportunity to strengthen and expand its already highly appreciated offering, coordinating it with the other facilities. The design and then the implementation of the other two "museum-educational" steps at the National Institute of Optics (INO) and the "Garbasso" building, the Arcetri branch of the Department of Physics and Astronomy (Antonio Garbasso was the first director of the Institute of Physics in the 1920s – ref.5) is different and more complex. For the



Figura 7. Lo stato dei locali utilizzati dalla fisica nucleare al “Garbasso”, contenenti l’acceleratore KN3000, la sala misure e acquisizione dati, prima dell’intervento di restauro e allestimento museale.

Figure 7. The state of the premises used by nuclear physics at the “Garbasso”, containing the KN3000 accelerator, the measurement and data acquisition room, before the restoration and museum installation.

CNR National Institute of Optics, this project represents an opportunity to take visitors on a journey through the science of light, sharing knowledge, history and contemporary research. The aim is to show how optics, from its origins to its most recent applications, continues to be a pioneering discipline capable of generating innovation and impacting everyday life. The tour winds through the corridors and rooms of the Institute’s headquarters. It is not a museum, but a living workplace: spaces inhabited every day by research, technical and administrative staff engaged in their day-to-day activities. The narrative unfolds continuously, introducing the fundamental principles of optics, the people who have shaped its history and the research that is defining the new frontiers of knowledge today. The exhibition language is deliberately evocative and constantly evolving, with panels, historical instruments and interactive installa-

Il Comitato scientifico, concordando con le idee progettuali presentate al suo interno dai membri delle singole Istituzioni, incluso il SMA, sempre più convinto della rilevanza del progetto, è allo stesso tempo consapevole della propria competenza limitata rispetto ad iniziative di tale portata e caratteristiche; decide così di avvalersi preliminarmente della consulenza di almeno un operatore esperto per comprendere se il progetto ha davvero la dignità e il potenziale interesse che esso percepisce (estate 2018). La generosa disponibilità da parte della Fondazione IDIS “Città della Scienza” di Napoli a fornire una consulenza conforta sulla rilevanza e il potenziale interesse della iniziativa. Sulla scorta di questo incoraggiamento, sentiti preliminarmente gli organi della FCRF che a loro volta incoraggiano a proseguire, il Comitato predispose nell’autunno del 2018 un testo da presentare per approvazione alla FCRF, che illustra il progetto del Parco Scientifico, poi denominato “Percorso della Scienza in Arcetri”.

In questo testo emerge chiaramente che l’obiettivo di questa iniziativa è la creazione di un parco che permetta di includere e potenziare le attività già intraprese in un’ottica sinergica e che consenta simultaneamente la divulgazione di una vicenda scientifica di altissimo valore e portata storica, che continua tutt’oggi attraverso le ricerche di frontiera che sono svolte nelle varie istituzioni, attraverso:

- la visita guidata ai laboratori di ricerca, sia alle singole realtà, sia in maniera coordinata tra i vari laboratori, compresa villa Galileo;
- la fruizione di esposizioni interattive e percorsi didattici opportunamente strutturati e localizzati;

tions compose an open narrative, which can be updated over time and is capable of engaging with the transformations taking place in research and society. The CNR National Institute of Optics has always been involved in outreach projects, which aim to share the content and values of science with the community using contemporary and “hybrid” languages that combine physics with perspectives from the arts, design, literature and games, for example. The project for Il Colle is a natural expression of this: an opportunity to experiment, presenting science as a living, creative and deeply human experience. For the visit to the “Garbasso” building, the idea is to focus on measurements of natural radioactivity and cosmic rays, partly in honour of Bruno Rossi, who invented and began using his famous coincidence circuit here (ref. 12), as well as on the nuclear physics conducted in Florence over the last few decades using accelerators. The premises of the “Garbasso” building are ideal for this exhibition, as it is here that the KN3000 accelerator lay abandoned and deactivated. Having operated from the mid-1970s until the early 2000s, it was first used for nuclear spectroscopy measurements, then for research into parity violation in nuclei and, lastly, in the field of nuclear techniques applied to cultural heritage and environmental protection (refs. 13-16). Remember that this latter activity is still very much alive and kicking at the campus of Polo Scientifico, where it benefits from a dedicated new accelerator and new, more up-to-date equipment. It should be noted here that the intervention at the Department of Physics and Astronomy directly involves the National Institute of Nuclear Physics (INFN), which has always operated under an agreement with the University of Florence, which provides the premises for these activities. It is within the scope of

- l'incontro diretto con i ricercatori che portano avanti gli studi scientifici in prima persona;
- il recupero attraverso strumenti, immagini e percorsi di questo importante frammento della storia della scienza mondiale;
- il recupero e la ristrutturazione di tutti gli edifici presenti sulla collina, alcuni dei quali ora dismessi o in condizione precaria;
- la risistemazione degli spazi verdi e delle infrastrutture del Colle di Galileo;
- la realizzazione di attrezzature esterne che favoriscano e rendano fruibile e piacevole la visita di gruppi di visitatori.

Il progetto è approvato dal CdA della FCRF nel novembre 2018, con uno stanziamento pluriennale di 260k€ che prevede un cofinanziamento almeno pari da parte delle istituzioni coinvolte. La FCRF affida la definizione dettagliata e la conduzione del progetto al Comitato Scientifico dell'accordo del Colle, di cui fanno già parte le istituzioni coinvolte. Oltre alla stesura del capitolato per la progettazione museale (vedi dopo), il Comitato è incaricato della stesura degli accordi attuativi del progetto che oltre a prevedere la gestione futura del sistema di visite e gli ulteriori sviluppi previsti, deve anche concordare al suo interno la stesura di protocolli di intesa e protocolli attuativi sulle varie iniziative previste, ed in particolare la gestione della Villa come sede di incontri scientifici, coordinato e compatibile con il sistema di visite del SMA.

Con questa nuova fase di progettazione del parco già avviata, il 12 Ottobre 2018 avviene la cerimonia della inaugurazione dei nuovi arredi della Villa e in

this agreement that all the nuclear physics research was carried out at Arcetri. Consequently, when we talk about the step at the "Garbasso", it is implicit that INFN is part of the project and that, as far as the set-up is concerned, it is financially involved, as it owns the accelerator and all the related equipment. Intervention at the "Garbasso", however, is complicated by the need for building work on those spaces that had been abandoned for more than a decade and are in a state of significant disrepair, as can be seen from Fig.7; the accomplishment of the intervention has to rely on the willingness of the "old" staff who were once in charge of managing the accelerator and could now be very helpful in restoring the equipment to make that abandoned and run-down equipment an object of technological and scientific interest. While the helpfulness and enthusiasm of this staff is readily apparent, the building work is much more complicated and costly in organisational and financial terms. However, the University's Board of Directors, duly informed and involved in both the maintenance of the old premises, which are in a state of growing disrepair, and – above all – convinced of the potential of the "third mission" offered by the project, approves the construction work in November 2017, making it one of its priorities. Despite the already significant cost estimate, the work, to be paid for by Unifi, will have the greatest economic impact on the overall park project. With the resolution of the Unifi Board of Directors, the necessary precondition for including the Department of Physics and Astronomy in the project is fulfilled.

The Scientific Committee, agreeing with the project ideas presented by the members of the individual institutions, including the SMA, and increasingly convinced of the project's rel-

quella occasione viene anche installato, nel portico, un pannello che illustra già, in maniera stilizzata, il percorso che si va ideando (vedi Fig. 8).

Dalla prima idea del parco al “Percorso della Scienza in Arcetri”

Dopo la elaborazione puramente concettuale del progetto, la FCRF chiede al Comitato scientifico (gennaio 2019) la stesura di un capitolato da sottoporre a vari operatori esperti nella progettazione di percorsi museali per elaborare delle Linee Guida poi necessarie per passare ad una progettazione definitiva degli interventi.

Il capitolato che, ampliandolo e precisandolo, parte dal progetto presentato alla FCRF, viene predisposto e nella tarda primavera del 2019 è inviato a quattro operatori esperti nel settore, che esaminano il capitolato, compiono sopralluoghi e producono poi le loro offerte. Nel settembre 2019 il Comitato Scientifico, esamina le proposte, sceglie quella della Fondazione Fitzcarraldo di Torino.

Alla proposta di Fitzcarraldo deve necessariamente seguire la stesura delle previste Linee Guida per le quali si rendono necessari vari approfondimenti. I costi previsti per la consulenza sono coperti da una parte del budget della FCRF destinato al progetto. Questi approfondimenti si sviluppano in un arco di tempo non breve, mediante frequenti incontri e sopralluoghi, necessari per precisare intenti e dettagli. Nel gennaio 2022 la Fondazione Fitzcarraldo invia finalmente le “Linee guida per la progettazione del parco scientifico di Arcetri”, quale atto finale del loro lavoro di consulenza (vedi frontespizio nella Fig. 9).

evance, is also aware of its limited expertise with regard to initiatives of this scope and nature. It therefore decides to seek the preliminary advice of at least one expert operator to understand whether the project really has the merit and potential interest perceived (summer 2018). The generous willingness of the IDIS “Città della Scienza” Foundation in Naples to provide advice confirms the importance of and potential interest in the initiative. Encouraged by this, and after consulting with the FCRF bodies, which also encouraged it to proceed, in autumn 2018 the Committee prepares a document to be submitted for approval to the FCRF, illustrating the Science Park project, later named “Percorso della Scienza in Arcetri” (Arcetri Science Path).

This text clearly shows that the aim of this initiative is to create a park that brings together and strengthens existing activities in a synergistic way, while simultaneously promoting a scientific endeavour of outstanding value and historical significance, which continues today thanks to the cutting-edge research carried out at the various institutions, through:

- a guided tour of the research laboratories, both individually and in coordination between the various laboratories, including Villa Galileo;
- interactive exhibitions and appropriately structured and localised educational itineraries;
- direct contact with the researchers who are pursuing scientific studies;
- the recovery of this important piece of the history of world science using tools, pictures and itineraries;
- the restoration and renovation of all the buildings on the hill, some of which are now abandoned or in poor condition;

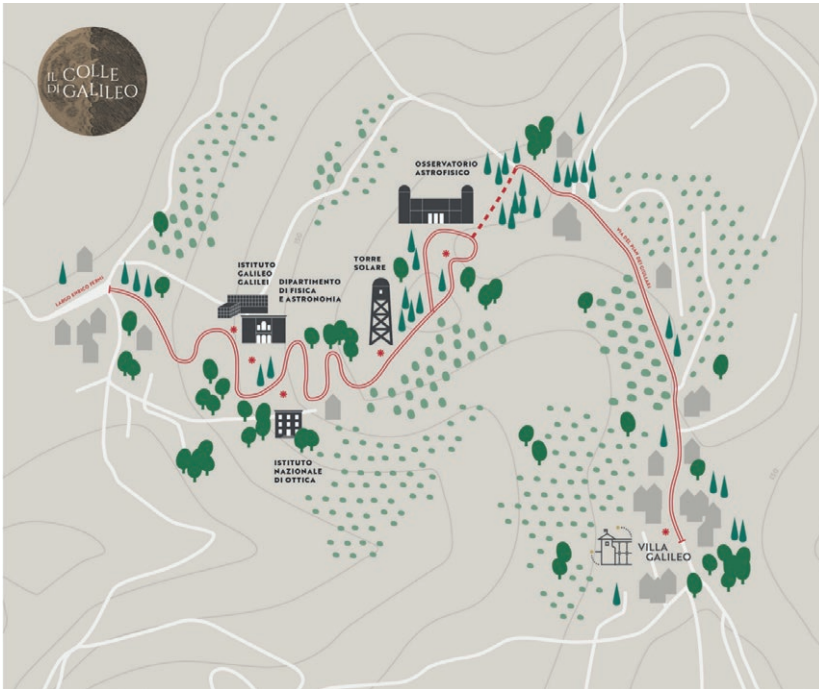


Figura 8. La immagine stilizzata del Percorso della Scienza in Arcetri preparato dallo Studio Rovai-Weber in occasione della inaugurazione degli allestimenti della Villa avvenuta nell'ottobre 2018.

Figure 8. The stylised image of the Arcetri Science Path prepared by Studio Rovai-Weber for the inauguration of the Villa's exhibitions in October 2018.

- the redevelopment of the green areas and infrastructure of the Colle di Galileo;
- the creation of outdoor facilities that encourage visits by groups of visitors and make them enjoyable.

The project is approved by the FCRF Board of Directors in November 2018, with a multi-year budget of €260k, to be co-funded at least for the same amount by the institutions involved. The FCRF entrusts the detailed definition and management of the project to the Scientific Committee of the Colle Agreement, which already includes the institutions involved. Besides drafting the specifications for the museum design (see below), the Committee is made responsible for drafting the project implementation agreements, which, in addition to envisaging the future management of the visitor system and further developments, also has to agree internally on the drafting of memoranda of understanding and protocols for the implementation of the various initiatives planned, particularly the management of the Villa as a venue for scientific meetings, coordinated and compatible with the SMA visitor system.

With this new phase of the park's design already underway, the inauguration ceremony for the Villa's new furnishings takes place on 12 October 2018, with the installation under the portico of a panel featuring a stylised illustration of the path being designed (see Fig. 8).

LINEE GUIDA PROGETTUALI PER IL PARCO SCIENTIFICO DI ARCETRI

PARTE 1 Allineamento e definizione dell'ambito di intervento



Figura 9. Frontespizio del documento, redatto dalla Fondazione Fitzcarraldo, che riporta le linee guida per un parco scientifico sulla collina di Arcetri.

Figure 9. Frontispiece of the document, drawn up by the Fitzcarraldo Foundation, containing the guidelines for a science park on Arcetri hill.

From the initial idea for the park to the “Arcetri Science Path”

After the purely conceptual development of the project, the FCRF asks the Scientific Committee (January 2019) to draw up specifications to be submitted to various operators with expertise in museum design to draw up the guidelines needed to move on to the final design of the interventions.

The specifications, which expand and refine the project presented to the FCRF, are prepared and sent in late spring 2019 to four experts in the field, who examine the specifications, carry out site inspections and then submit their bids. In September 2019, after examining the proposals, the Scientific Committee chooses that submitted by the Fitzcarraldo Foundation from Turin.

Fitzcarraldo’s proposal has to be followed by the drafting of the envisaged Guidelines, which require further analysis. The costs envisaged for the consultancy are covered by part of the FCRF budget assigned to the project. These studies are developed over a lengthy period of time, with frequent meetings and site visits necessary to clarify intentions and details. In January 2022, the Fitzcarraldo Foundation finally sends the ‘Guidelines for the design of the Arcetri science park’, as the final act of their consultancy work (see frontispiece in Fig.9).

During the same phase of interaction with the Fitzcarraldo Foundation, as possible solutions gradually become clearer, the institutions begin to take action internally to implement and plan some preliminary interventions. In particular, for the step at the “Garbasso”, the aforementioned team of researchers and technologists (many of whom were already retired) is set up to begin the restoration of the scientific equipment, including the accelerator and associat-

Durante la stessa fase di interlocuzione con la Fondazione Fitzcarraldo, andandosi via via precisando le possibili soluzioni, le istituzioni iniziano a intervenire al loro interno per attuare e programmare alcuni interventi preliminari. In particolare, per la tappa al “Garbasso”, viene effettivamente costituita la squadra, prima ricordata, di ricercatori e tecnologi (molti dei quali già in quiescenza) che avvia il restauro delle apparecchiature scientifiche previste nell’allestimento; fra di esse l’acceleratore e le strutture connesse. Inoltre, poiché nella idea degli interessati la visita in questi locali richiede necessariamente la descrizione e la visione diretta dei metodi di misura della radioattività naturale e artificiale, l’INFN acquisisce un rivelatore di radiazione gamma di alta precisione per circa 35k€ e assicura un ulteriore cofinanziamento di circa 33k€ che si realizza poi nell’acquisto di strumentazione elettronica, apparecchi didattici (modelli di generatori Van de Graaff, fasci filiformi di elettroni) e monitor per la presentazione di produzioni multimediali lungo il previsto percorso al “Garbasso”. Nello stesso 2022, in febbraio, Unifi dà finalmente avvio all’intervento di manutenzione straordinaria e restauro dei locali dell’acceleratore e di quelli contigui destinati al percorso museale. L’intervento sull’edilizia e sugli impianti deve avvenire in modo da essere compatibile con gli allestimenti museali previsti con le Linee Guida di Fitzcarraldo e questo comporta anche alcune varianti rispetto agli interventi approvati anni prima dal CdA di Unifi; l’intervento si protrae fino al maggio dell’anno successivo per un costo complessivo di 460k€, quindi ben oltre il cofinanziamento garantito alla FCRF.

Analogamente, l’Osservatorio procede alla realizzazione di alcuni interventi strutturali volti ad una maggiore fruibilità degli ambienti all’interno del Padiglio-

ed structures, envisaged for the exhibition. Moreover, since those involved believe that a visit to these premises requires a description and direct observation of the methods used to measure natural and artificial radioactivity, the INFN purchases a high-precision gamma radiation detector for approximately €35k and secured additional co-funding of approximately €33k, which is then used to purchase electronic equipment, teaching apparatus (models of Van de Graaff generators, wire-like electron beams) and monitors for the presentation of multimedia productions along the itinerary envisaged at the “Garbasso”. Also in 2022, in February, Unifi finally begins the extraordinary maintenance and restoration of the accelerator room and the adjacent rooms designated for the museum. The work on the building and systems has to be carried out in such a way as to be compatible with the museum installations envisaged in the Fitzcarraldo Guidelines, and this also involves some changes to the work approved years earlier by the Unifi Board of Directors; the work continues until May the following year at a total cost of €460k, well in excess of the co-funding guaranteed to the FCRF.

Similarly, the Observatory is carrying out a number of structural interventions aimed at improving the usability of the rooms inside the Amici Pavilion, such as modifying and upgrading the electrical wiring, refurbishing the bathrooms to guarantee accessibility, and replacing the doors and windows. In addition to this, the new classroom named after Franco Pacini is completed. Although its design is undertaken independently of the Park project, it represents a functional support structure for the entire educational programme. With regard to the co-funding, the Observatory incurs additional expenses for the installation totalling €84k.

ne Amici quali la modifica e messa a punto dell'impianto elettrico, il rifacimento dei servizi per garantirne l'accessibilità, la sostituzione di porte e infissi. A ciò si aggiunga il completamento della nuova aula intitolata a Franco Pacini, la cui progettazione, pur essendo stata avviata indipendentemente dal progetto Parco, rappresenta una struttura di supporto funzionale all'intero percorso divulgativo. Riguardo ai cofinanziamenti, l'Osservatorio sostiene spese aggiuntive dedicate l'allestimento per un totale di 84k€.

Per quanto riguarda il proprio cofinanziamento, il CNR Istituto Nazionale di Ottica, in fase di budget, ha previsto un contributo di 50k€ per l'installazione dell'ascensore, necessario per garantire l'accessibilità senza barriere all'aula del primo piano e un contributo per strumentazione didattico-scientifica per ulteriori 15k€. L'ascensore richiede permessi accompagnati da una macchinosa procedura amministrativa, tuttora in corso.

In coerenza con quanto concordato con la FCRF, durante gli stessi anni dedicati alla definizione delle Linee Guida e oltre (2020 – 2023), il Comitato Scientifico del progetto stila vari documenti necessari per rendere operative o comunque attuabili alcune previsioni del progetto:

- i. Il Protocollo d'Intesa (Protocollo di intesa «Il Colle di Galileo-Valorizzazione e promozione della collina di Arcetri» fra le istituzioni coinvolte (INAF, INFN, CNR-INO, Unifi-SMA e Unifi-Dipartimento di Fisica e Astronomia)
- ii. Accordo attuativo “Percorso della Scienza in Arcetri”, centrale rispetto al tema di questo articolo
- iii. Accordo attuativo per la valorizzazione e promozione di Villa il Gioiello

As regards its own co-funding, when drawing up its budget, the CNR National Institute of Optics assigned a contribution of €50k for the installation of a lift, required to ensure barrier-free access to the first-floor classroom, with a further €15k for educational and scientific equipment. The lift requires permits accompanied by a cumbersome administrative procedure, which is still ongoing.

In line with what was agreed with the FCRF, during the same years dedicated to defining the Guidelines and beyond (2020–2023), the project's Scientific Committee draws up various documents that are needed to make some of the project's plans operational or at least possible:

- i. The Memorandum of Understanding (“Il Colle di Galileo-Valorisation and promotion of Arcetri hill”) between the institutions involved (INAF, INFN, CNR-INO, Unifi-SMA and Unifi-Department of Physics and Astronomy)
- ii. Agreement implementing the “Percorso della Scienza in Arcetri” (Arcetri Science Path), which is central to the theme of this article
- iii. Agreement implementing the optimisation and promotion of Villa il Gioiello

Assignment of the performance of the works

In May 2022, following the Guidelines drawn up by the Fitzcarraldo Foundation, architect Luigi Cupellini is commissioned by the FCRF to coordinate the installation work for the three steps of the path. As public procurement regulations allow direct assignments below a

L'affidamento della esecuzione dei lavori

Nel maggio 2022, a valle delle Linee Guida redatte dalla Fondazione Fitzcarraldo, l'Arch. Luigi Cupellini riceve dalla FCRF l'incarico per il coordinamento dei lavori di allestimento per le tre tappe del percorso. Poiché le norme sugli appalti pubblici consentono affidamenti diretti al di sotto di una cifra che comunque esorbita rispetto al budget disponibile, l'Arch. Cupellini, in accordo con la FCRF, individua la possibile ditta destinataria dell'incarico degli allestimenti. Si tratta di Opera Laboratori, che inizia nell'autunno dello stesso anno i sopralluoghi. La necessità di adeguare le Linee guida di Fitzcarraldo al budget effettivamente disponibile, senza compromettere lo spirito della proposta e preservarne la qualità, comporta una interlocuzione assai lunga con Opera Laboratori. Nel frattempo, viene redatta una convenzione fra FCRF, Unifi e gli Enti direttamente coinvolti come appaltatori degli interventi (INAF, INFN e CNR-INO), sulla base della quale possa poi avvenire il trasferimento dei fondi dalla FCRF verso di essi. Nella convenzione si richiamano esplicitamente gli impegni degli enti non solo a procedere per gli allestimenti, ma anche a garantire e a seguire poi negli anni futuri la gestione del percorso. In questa convenzione viene anche fissato l'ammontare dei trasferimenti ai vari enti, congrui con le proposte di allestimento nel frattempo individuate dall' Arch. Cupellini. Le offerte finali di Opera Laboratori vengono finalmente presentate nel febbraio 2024 agli enti, che predispongono le pratiche amministrative per la realizzazione degli interventi.

certain cost, which is way above the budget available, architect Cupellini, in agreement with the FCRF, identifies the company that could be entrusted with the task of setting up the exhibition. This company is Opera Laboratori, which begins carrying out the first on-site inspections in the autumn of the same year. The need to adapt the Fitzcarraldo Guidelines to the actual budget available, without compromising the spirit of the proposal and preserving its quality, leads to lengthy discussions with Opera Laboratori. In the meantime, an agreement is drawn up between the FCRF, Unifi and the bodies directly involved as contractors for the work (INAF, INFN and CNR-INO), on the basis of which the transfer of funds from the FCRF to them can then take place. The agreement refers specifically to the commitments of the institutions not only to proceed with the installations, but also to guarantee and then follow up on the management of the path in future years. This agreement also sets the amount of transfers to the various organisations, in line with the proposals for the set-up identified in the meantime by the architect Cupellini. In February 2024, Opera Laboratori's final proposals are finally presented to the institutions, which prepare the administrative paperwork for the implementation of the interventions.

A detailed description of the visits and their spirit within the context of the project will be the subject of three different articles to be published in future issues of this magazine. Here we will merely publish some pictures of what has already been completed or is already available (Fig. 10-13), so that readers can appreciate the scale of the effort involved in implementing the project, which, for a variety of reasons, took longer than expected but did not discourage

La descrizione dettagliata delle visite e il loro spirito nell'ambito del percorso saranno oggetto di tre diversi articoli futuri su questa rivista. Ci limitiamo ora a presentare alcune immagini di quanto già realizzato o già disponibile (Fig. 10-13), in modo che sia possibile percepire l'entità dello sforzo che ha accompagnato la realizzazione del progetto che per vari motivi si è prolungata per un tempo superiore al previsto, ma non per questo ha però scoraggiato il generoso contributo di tanti.

Per non dimenticare tutti coloro che hanno contribuito, riportiamo qui di seguito, separati per Osservatorio, CNR INO e "Garbasso", l'elenco dei nomi di coloro che hanno reso possibile l'impresa:



Figura 10. Lo stato attuale dei locali che accolgono l'acceleratore KN3000, la sala misure e acquisizione dati dopo l'intervento di restauro e allestimento museale.

Figure 10. The current state of the premises that house the KN3000 accelerator, the measurement and data acquisition room, after the restoration and museum installation.



Figura 11. Il nuovo allestimento della cupola ospitante il telescopio Amici con la presenza di sedute circolari per una migliore accoglienza del pubblico

Figure 11. The new layout of the dome housing the Amici telescope, with circular seating to better accommodate visitors.



Figura 12. Un nuovo spazio espositivo dedicato alla storia dell'Osservatorio e alla strumentazione antica
 Figure 12. A new exhibition space dedicated to the history of the Observatory and its antique instruments.

INAF-Osservatorio: Simone Bianchi, Niccolò Bucciantini, Simone Esposito, Elisa Di Martino, Daniele Galli, Antonella Gasperini, Jacopo Lenzi, Sofia Randich, Alessandra Zanazzi.

INO: CNR INO: Elisabetta Baldanzi, Francesco Saverio Cataliotti, Maja Colautti, Paolo De Natale, Alessandro Farini, Marco Raffaelli, Andrea Sordini, Diana Tartaglia.

so many people from making generous contributions.

To ensure that none of those who contributed are forgotten, a list of the names of the people who made this undertaking possible is provided below, divided into Observatory, CNR INO and "Garbasso":

INAF-Observatory: Simone Bianchi, Niccolò Bucciantini, Simone Esposito, Elisa Di Martino, Daniele Galli, Antonella Gasperini, Jacopo Lenzi, Sofia Randich, Alessandra Zanazzi

INO: CNR INO: Elisabetta Baldanzi, Francesco Saverio Cataliotti, Maja Colautti, Paolo De Natale, Alessandro Farini, Marco Raffaelli, Andrea Sordini, Diana Tartaglia

"Garbasso" or INFN and Department:

- *Nello Taccetti¹, Franco Celletti, Piero Del Carmine, who made an essential contribution to the recovery and restoration of the KN3000 and associated instrumentation*
- *Pierandrea Mandò, Andrea Stefanini, Mariaelena Fedi, Samuele Straulino, who supervised and oversaw the installation phase*
- *Daniele Dominici, who provided support for historical reconstruction and multimedia presentations*
- *Alessio Attardi, for his expertise in preparing the KN3000 video*
- *Marcello Carlà, who reconstructed Rossi's circuit*
- *Alberto Catelani and the entire Mechanical Workshop of the Department*
- *Giacomo Poggi for coordinating activities.*



Figura 13. Ambienti del CNR INO oggetto del progetto di allestimento.
Figure 13. CNR INO premises involved in the project.

“Garbasso” ovvero INFN e Dipartimento:

- Nello Taccetti¹, Franco Celletti, Piero Del Carmine che hanno dato un contributo essenziale per il recupero e il restauro del KN3000 e della strumentazione connessa
- Pierandrea Mandò, Andrea Stefanini, Mariaelena Fedi, Samuele Straulino che hanno seguito e curato la fase di allestimento
- Daniele Dominici che ha fornito supporto per la ricostruzione storica e per le presentazioni multimediali
- Alessio Attardi per la competenza dimostrata nella preparazione del video del KN3000
- Marcello Carlà che ha provveduto alla ricostruzione del circuito di Rossi
- Alberto Catelani e tutta l’Officina Meccanica del Dipartimento
- Giacomo Poggi per il coordinamento delle attività

Note

- ¹ Nello Taccetti (1938-2024) aveva coordinato con grande competenza ed efficacia la installazione dell’acceleratore KN3000 negli anni ’70.

Bibliografia

1. Favaro, A.(1891). “Galileo Galilei e Suor Maria Celeste”, Firenze G.Barbera Editore Cap.IV, pag.168

Notes

- ¹ Nello Taccetti (1938-2024) had coordinated the installation of the KN3000 accelerator in the 1970s with great skill and efficiency.

Bibliography

1. Favaro, A.(1891). “Galileo Galilei e Suor Maria Celeste”, Florence G.Barbera Editore Chap. IV, page 168
2. Bianchi, S., Galli, D., & Gasperini, A. (2013). *Il Colle Di Galileo*, 1(1-2), 55–70. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-12487
3. Jafrancesco, D., Farini, A., (2024). *La storia dell’Istituto Nazionale di Ottica di Arcetri – Firenze*. Documents of the LXIV SISFA annual conference – Florence
4. edited by Barbagli, F., Bianchi, S., Casalbuoni, R., Dominici, D., Mazzoni, M., Pelosi, G., (2017). “*Astronomia e Fisica a Firenze Dalla Specola ad Arcetri*”, Firenze University Press, I Libri de Il Colle di Galileo, Florence
5. Casalbuoni, R., Dominici, D., Mazzoni, M. (2021). *Lo spirito di Arcetri: a cento anni dalla nascita dell’Istituto di fisica dell’Università di Firenze*. Firenze University Press, Florence
6. <https://www.youtube.com/watch?v=6l8gFslip0>
7. Godoli, A., Palla, F., Righini, A. (2016). *La villa di Galileo in Arcetri*, Firenze University

2. Bianchi, S., Galli, D., & Gasperini, A. (2013). *Il Colle Di Galileo*, 1(1-2), 55–70. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-12487
3. Jafrancesco, D., Farini, A., (2024). *La storia dell'Istituto Nazionale di Ottica di Arcetri – Firenze*. Atti del LXIV Convegno annuale SISFA – Firenze
4. Barbagli, F., Bianchi, S., Casalbuoni, R., Dominici, D., Mazzoni, M., Pelosi, G., a cura di (2017). “*Astronomia e Fisica a Firenze Dalla Specola ad Arcetri*”, Firenze University Press, I Libri de Il Colle di Galileo, Firenze
5. Casalbuoni, R., Dominici, D., Mazzoni, M. (2021). *Lo spirito di Arcetri: a cento anni dalla nascita dell'Istituto di fisica dell'Università di Firenze*. Firenze University Press, Firenze
6. <https://www.youtube.com/watch?v=6I8gFslip0>
7. Godoli, A., Palla, F., Righini, A. (2016). *La villa di Galileo in Arcetri*, Firenze University Press, I Libri de Il Colle di Galileo, Firenze
8. Rossi, B. (1987). *Momenti nella vita di uno scienziato*. Zanichelli, Bologna, pag.24
9. Poggi, G. (2013). Il colle di Galileo. *Il Colle di Galileo*, 1(1-2), 19–23. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-12075
10. Estratto dall'accordo “Il Colle di Galileo”. *Il Colle di Galileo*, 1(1-2), 123–126. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-12491
11. Fiorino, D., Vergari, D., Viviani, C., (2019). *Il Colle di Galileo*, 2, 5-27. <https://doi.org/10.13128/cdg-10840>
12. Rossi, B. (1930) “Method of registering multiple simultaneous impulses of several Geiger’s counters”, *Nature* 125, pag 636

Press, I Libri de Il Colle di Galileo, Florence

8. Rossi, B. (1987). *Momenti nella vita di uno scienziato*. Zanichelli, Bologna, page 24
9. Poggi, G. (2013). Il Colle di Galileo *Il Colle Di Galileo*, 1(1-2), 19–23. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-12075
10. Excerpt from the agreement “Il Colle di Galileo”. *Il Colle di Galileo*, 1(1-2), 123–126. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-12491
11. Fiorino, D., Vergari, D., Viviani, C., (2019). *Il Colle di Galileo*, 2, 5-27. <https://doi.org/10.13128/cdg-10840>
12. Rossi, B. (1930) “Method of registering multiple simultaneous impulses of several Geiger’s counters”, *Nature* 125, page 636
13. Taccetti, N. (2017). *Il Colle Di Galileo*, 6(1), 19–38. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-20559
14. Mandò, P. A. (2014). *Il Colle Di Galileo*, 2(2), 27–42. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-14055
15. Mandò, P. A. (2014). *Il Colle Di Galileo*, 3(1), 15–29. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-14645
16. Fedi, M., Mandò, P. A. (2022). *Il Colle Di Galileo*, 11(1), 33–43. <https://doi.org/10.36253/cdg-13532>

13. Taccetti, N. (2017). *Il Colle Di Galileo*, 6(1), 19–38. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-20559
14. Mandò, P. A. (2014). *Il Colle Di Galileo*, 2(2), 27–42. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-14055
15. Mandò, P. A. (2014). *Il Colle Di Galileo*, 3(1), 15–29. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-14645
16. Fedi, M., Mandò, P. A. (2022). *Il Colle Di Galileo*, 11(1), 33–43. <https://doi.org/10.36253/cdg-13532>

Elisabetta Baldanzi è dirigente tecnologa presso l'Istituto Nazionale di Ottica del CNR e docente presso il Corso di Studi in Ottica e Optometria dell'Università degli Studi di Firenze su temi di Fisica e Psicofisica della Visione. Coordina la comunicazione istituzionale dell'Istituto Nazionale di Ottica del CNR ed è attivamente impegnata in progetti di outreach e iniziative volte a promuovere e diffondere la cultura scientifica a livello nazionale e internazionale.

Fausto Barbagli è Curatore del Museo La Specola e Referente di Villa Galileo del Sistema Museale di Ateneo dell'Università di Firenze. Si occupa in particolare di Museologia, Storia delle Scienze Naturali e Ornitologia e ha curato numerose mostre e allestimenti museali. È presidente dell'Associazione Nazionale Musei Scientifici e Membro della commissione Musei dell'Accademia dei Lincei.

Daniele Dominici è Professore onorario di Fisica Teorica presso l'Università di Firenze. È stato Direttore del Dipartimento di Fisica e del Galileo Galilei In-

Elisabetta Baldanzi is a Senior Technologist at the National Institute of Optics of the CNR and a lecturer at the Optics and Optometry Course at the University of Florence on topics related to the Physics and Psychophysics of Vision. She coordinates institutional communications for the National Institute of Optics of the National Research Council (CNR) and is actively involved in outreach projects and initiatives aimed at promoting and disseminating scientific culture at national and international level.

Fausto Barbagli is Curator of the La Specola Museum and Representative of Villa Galileo for the University of Florence Museum System. He specialises in Museology, History of Natural Sciences and Ornithology and has curated numerous exhibitions and museum displays. He is president of the National Association of Scientific Museums and a member of the Museums Commission of the Accademia dei Lincei.

Daniele Dominici is honorary professor of Theoretical Physics at the University of Florence. He was Director of the Department of Physics and of the Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics. He performs research activity in the field of Theoretical Physics of Fundamental Interactions.

Antonella Gasperini is a Senior Technologist at INAF – Arcetri Astrophysical Observatory. She is responsible for the USC E Knowledge Valorization – Museums, Archives, and Libraries of the INAF Scientific Directorate. She also collaborates in science outreach activities and in promoting the historical heritage of the Arcetri Astrophysical Observatory.

Giacomo Poggi is an honorary professor at the University of Florence. He has conducted experimental research in the field of nuclear physics in Germany, Italy, the United States and

stitute for Theoretical Physics. Svolge attività di ricerca nel campo della Fisica teorica delle interazioni fondamentali.

Antonella Gasperini è dirigente tecnologo all'INAF-Osservatorio astrofisico di Arcetri. È responsabile della USC E Valorizzazione della conoscenza-Musei Archivi Biblioteche della Direzione Scientifica INAF. Collabora inoltre con le attività di diffusione della cultura scientifica e di valorizzazione del patrimonio storico dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

Giacomo Poggi è Professore onorario presso l'Università degli Studi di Firenze. Ha svolto ricerche sperimentali nel campo della Fisica Nucleare in Germania, in Italia, negli Stati Uniti e in Francia. Nelle prime due decadi degli anni 2000 è stato: Presidente del Corso di Laurea in Fisica, poi rappresentante dell'Area Scientifica nel Senato Accademico, quindi Prorettore e infine Prorettore Vicario.

France. In the first two decades of the 2000s, he was: Chair of the Physics Degree Programme, then representative of the Scientific Area in the Academic Senate, then Vice-Chancellor and finally Acting Vice-Chancellor.



Il Colle di
Galileo

Dal *telettrofono* allo smartphone: riscoprire il contributo dimenticato di Antonio Meucci

*From the telectrophone to the smartphone: rediscover
Antonio Meucci's forgotten contribution*

Riccardo Meucci

Istituto Nazionale di Ottica, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Largo E. Fer-
mi 6, 50125 Firenze, Italy

riccardo.meucci@ino.cnr.it

Riassunto. Antonio Meucci, inventore fiorentino del *telettrofono*, è una figura chiave nella storia delle telecomunicazioni, troppo a lungo dimenticata. A partire dalle sue radici culturali e tecniche a Firenze, il contributo di Meucci anticipa di decenni i principi alla base della trasmissione vocale a distanza. Questo articolo ripercorre le tappe della sua vita e del suo lavoro, mettendole in parallelo con l'evoluzione della comunicazione moderna, fino allo smartphone. Attraverso un approccio storico e scientifico, si propone di restituire a Meucci il posto che gli spetta nella memoria della scienza e della tecnologia.

Parole chiave: Antonio Meucci, storia della telefonia, telecomunicazioni, innovazione; storiografia, memoria culturale.

Abstract. Antonio Meucci, the Florentine inventor of the *telectrophone*, is a key figure in the history of telecommunications who has been forgotten for way too long. Starting from his cultural and technical roots in Florence, Meucci's contribution preceded the principles at the basis of long-distance voice transmission by decades. This article traces the stages of his life and work, comparing them with the evolution of modern communication, all the way through to the smartphone. Taking a historical and scientific approach, it aims to restore Meucci to his rightful place in the memory of science and technology.

Keywords: Antonio Meucci; history of telephony; telecommunications; innovation; historiography; cultural memory.

Introduzione

La città di Firenze vanta numerose glorie non solo in campo artistico e letterario, ma anche in quello scientifico e tecnologico. Una di queste è Antonio Meucci (Firenze 1808- Staten Island, New York, USA, 1889), inventore che seppe intuire e realizzare per primo il principio della trasmissione della voce a distanza (Fig.1). La sua figura, tuttavia, è stata a lungo trascurata dalla storiografia ufficiale, che ha attribuito ad Alexander Graham Bell l'invenzione del telefono.

Nella prima metà dell'Ottocento, Meucci mise a punto un apparecchio da lui chiamato *telettrofono*, capace di trasformare le vibrazioni della voce in segnali elettrici e di ricostruirle a distanza. Si tratta di un'intuizione straordinaria, che anticipa il funzionamento non solo dei telefoni successivi, ma persino degli odierni smartphone.

Il presente contributo vuole ripercorrere l'avventura scientifica e umana di Meucci, dalle prime esperienze all'estero fino agli anni americani, per mettere in luce non solo la portata tecnica della sua invenzione, ma anche le ragioni per cui la sua memoria è stata a lungo offuscata.

Evoluzione del telefono

Per capire davvero l'importanza del contributo di Antonio Meucci, bisogna tornare indietro di oltre un secolo e mezzo, quando il problema della comunicazione a distanza cominciava a essere affrontato con mezzi sempre più ingegnosi.

Introduction

The city of Florence boasts numerous great names not only in the arts and literature, but also in science and technology. One of these is Antonio Meucci (Florence 1808- Staten Island, New York, USA, 1889), an inventor who was the first to foresee and realise the principle of remote voice transmission (Fig. 1). However, he was long overlooked by official historiography, which attributed the invention of the telephone to Alexander Graham Bell.

In the first half of the nineteenth century, Meucci developed a device he called the *telectrophone*, capable of transforming vocal vibrations into electrical signals and reconstructing them remotely. This was an extraordinary insight, predating not only the operation of subsequent telephones, but even of today's smartphones.

This article aims to retrace Meucci's scientific and human adventure, from his early experiences abroad to his years in America, in order to highlight not only the technical scope of his invention, but also the reasons why his memory was obscured for so long.

Evolution of the telephone

To really understand the importance of Antonio Meucci's contribution, we need to go back more than a hundred and fifty years to a time when the problem of long-distance communication was beginning to be addressed with increasingly ingenious means.

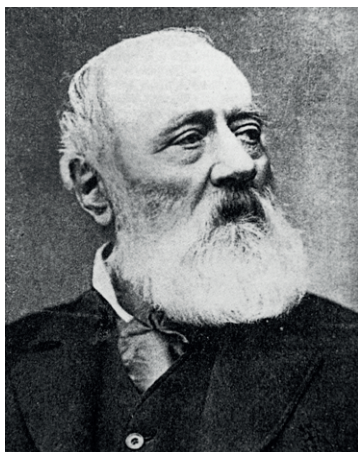


Figura 1. Ritratto di Antonio Meucci 1885, pochi anni prima della sua morte avvenuta nel 1889 in Staten Island, New York.

Figure 1 Portrait of Antonio Meucci in 1885, a few years before his death in 1889 in Staten Island, New York.

Prima del suo *telettrofono*, erano in uso sistemi molto più semplici, come i tubi parlanti, usati perfino sulle navi di Nelson a Trafalgar o nei teatri fiorentini. Questi strumenti, però, trasmettevano soltanto il suono come vibrazione meccanica, senza alcuna trasformazione del segnale. L'intuizione di Meucci fu quella di compiere un passo radicale: convertire le vibrazioni della voce in impulsi elettrici e poi ricostruirle all'arrivo.

Much simpler systems were in use before his *telectrophone*, such as talking tubes, which were even used on Nelson's ships at Trafalgar and in Florentine theatres. However, these instruments only transmitted sound as mechanical vibrations, without any signal transformation. Meucci's intuition was to take a radical step: to convert vocal vibrations into electrical impulses and then reconstruct them upon arrival.

The first observations in this direction date back to the years he spent in Havana, between 1849 and 1850, when he worked at the Tacón Theatre, producing stage effects based on electricity. It was there, while experimenting with electrotherapy, that he realised that the voice could travel along a copper wire. The idea of the telephone had been born (Catania 1994).

In the years that followed, after moving to Staten Island near New York, Meucci built several working prototypes, which he also used to communicate between different rooms in his house (Catania 1996, Campanella 2007). In 1871, he managed to file a *caveat*, a sort of pre-patent, but financial difficulties prevented him from obtaining full protection (Meucci 1871).

A few years later, in 1876, Alexander Graham Bell obtained the official patent and the telephone became a commercial reality (Bell 1876). The legal proceedings that followed – the famous Bell/Globe trial of 1885–1887 – did not give Meucci the recognition he deserved, partly due to the loss of his original models stored at Western Union. It was not until 2002 that the United States Congress paid tribute to him with a symbolic resolution (U.S. House 2002), but this was not enough to change the established narrative (Casson 1910, Brooks 1975, Hurdeman 2003, Haykin & Moher 2009).

Le prime osservazioni in questa direzione risalgono ai suoi anni all'Avana, tra il 1849 e il 1850, quando lavorava al Teatro Tacón occupandosi di effetti scenici basati sull'elettricità. Proprio lì, sperimentando l'elettroterapia, si accorse che la voce poteva viaggiare lungo un filo di rame. Era nata l'idea del telefono (Catania 1994).

Negli anni successivi, trasferitosi a Staten Island vicino a New York, Meucci costruì diversi prototipi funzionanti, utilizzati anche per comunicare tra stanze diverse della sua casa (Catania 1996, Campanella 2007). Nel 1871 riuscì a depositare un *caveat*, una sorta di pre-brevetto, ma le difficoltà economiche gli impedirono di arrivare a una protezione piena (Meucci 1871).

Pochi anni più tardi, nel 1876, Alexander Graham Bell ottenne invece il brevetto ufficiale e il telefono divenne realtà commerciale (Bell 1876). Le vicende legali che seguirono – il celebre processo Bell/Globe degli anni 1885–1887 – non restituirono a Meucci il riconoscimento che avrebbe meritato, complice anche la perdita dei suoi modelli originali custoditi presso la Western Union. Solo nel 2002 il Congresso degli Stati Uniti gli rese omaggio con una risoluzione simbolica (U.S. House 2002), che però non bastò a modificare la narrazione consolidata (Casson 1910, Brooks 1975, Huurdeman 2003, Haykin & Moher 2009).

L'eredità di Meucci nello smartphone

Quando pensiamo allo smartphone di oggi, ci vengono in mente mille funzioni diverse: navigare in rete, scattare foto, usare i social, giocare, persino pagare al su-

Meucci's legacy in the smartphone

When we think of today's smartphones, a thousand different functions come to mind: browsing the Internet, taking photos, using social media, playing games, even paying at the supermarket. Yet, at the heart of it all, remains the ability to talk remotely. This is precisely where Antonio Meucci's vision remains as valid as ever.

The principle of the *telectrophone* was both simple and revolutionary at the same time: turning the voice into an electrical signal, transmitting it along a conductive medium and converting it back into sound (Fig. 2). This idea is still the basis of modern technology, despite being implemented with much more sophisticated tools. The heart of Meucci's telephones was a vibrating membrane coupled with a magnet and a coil. Today, the same function is performed by the MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) microphones found in all smartphones (Kim 2021). These tiny devices, which are just a few millimetres in size, work thanks to a small diaphragm that moves and alters the electrical capacity, transforming sound vibrations into digital signals ready for processing.

The loudspeaker in our phones follows the same basic design as Meucci's receiver: an electric current moves a membrane, reconstructing the sound. Of course, the technology has been miniaturised and made more precise, but the principle remains the same.

The only substantial difference is the transition from wired connections – the copper cables that Meucci used to connect the rooms in his house – to the wireless communications we know

permercato. Eppure, al centro di tutto, rimane la possibilità di parlare a distanza. È proprio qui che l'intuizione di Antonio Meucci conserva tutta la sua attualità.

Il principio del *telettrofono* era semplice e rivoluzionario al tempo stesso: trasformare la voce in un segnale elettrico, trasmetterlo lungo un mezzo conduttore e riconvertirlo in suono (Fig. 2). Questa idea è ancora alla base delle tecnologie moderne, anche se realizzata con strumenti molto più sofisticati. Nei telefoni di Meucci il cuore era una membrana vibrante accoppiata a un magnete e a una bobina. Oggi la stessa funzione è svolta dai microfoni MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) presenti in tutti gli smartphone (Kim 2021). Questi minuscoli dispositivi, grandi pochi millimetri, funzionano grazie a un piccolo diaframma che si muove e varia la capacità elettrica, trasformando le vibrazioni sonore in segnali digitali pronti per l'elaborazione.

Allo stesso modo, anche l'altoparlante dei nostri telefoni riprende lo schema di base del ricevitore di Meucci: una corrente elettrica che fa muovere una membrana e ricostruisce così il suono. Certo, la tecnologia si è miniaturizzata e resa più precisa, ma il principio rimane lo stesso.

L'unica differenza sostanziale è il passaggio dal collegamento via filo – i cavi di rame che Meucci usava per collegare le stanze della sua casa – alle comunicazioni senza fili che conosciamo oggi: rete cellulare, Wi-Fi, Bluetooth (Fig.3). Cambia il mezzo di trasmissione, non l'idea di fondo.

In questo senso, lo smartphone non è altro che l'ultima incarnazione di una visione nata a metà Ottocento: rendere possibile una conversazione in tempo reale tra due persone lontane.

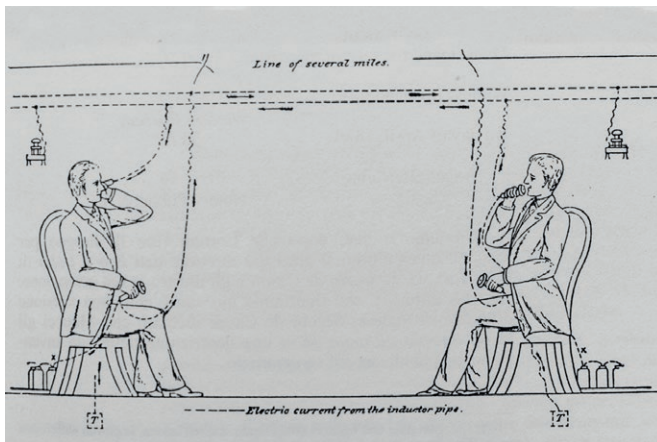


Figura 2. Schema di una conversazione telefonica tratta dalla dichiarazione giurata di Meucci durante il processo Bell/Globe (1885-1887). Pur basandosi su connessioni elettromeccaniche cablate, il quadro concettuale della trasmissione vocale a distanza rimane il fondamento dei moderni sistemi di comunicazione wireless negli smartphone.

Figure 2. Sketch of a telephone conversation taken from Meucci's affidavit during the Bell/Globe trial (1885-1887). Despite being based on wired electromechanical connections, the conceptual framework of remote voice transmission remains the foundation of modern wireless communication systems in smartphones.

Radici familiari e culturali a Firenze

Antonio Meucci nacque a Firenze il 13 aprile 1808, in Via de' Serragli, dove una lapide ricorda ancora oggi la sua casa natale (Fig. 4). La sua formazione avvenne in una città che, accanto alla grande tradizione artistica, vantava una solida e vivace cultura tecnico-scientifica.

Frequentò il Conservatorio di Arti e Mestieri, annesso all'Accademia di Belle Arti di Firenze, dove seguì corsi di chimica con Antonio Targioni Tozzetti e di meccanica con Francesco Focacci. Questo istituto rappresentava una delle prime scuole tecniche italiane e aveva l'obiettivo di unire conoscenze teoriche e abili-

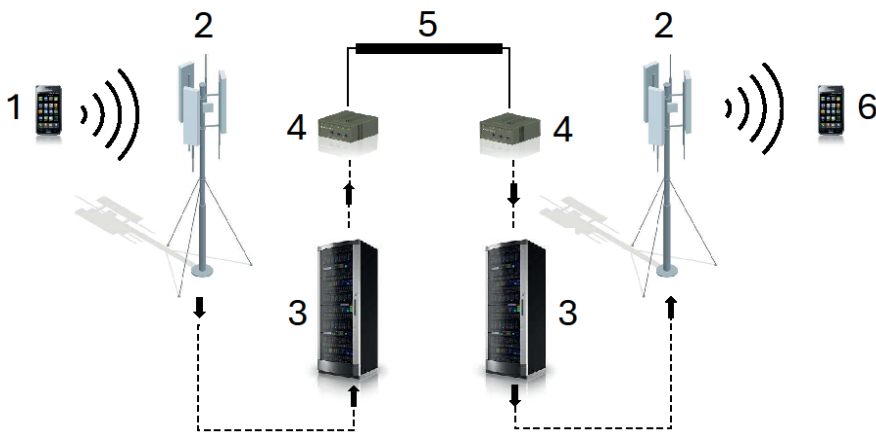


Figura 3. Schema semplificato di una moderna comunicazione telefonica.

- (1) User Device – il dispositivo dell'utente che converte la voce in segnale digitale;
- (2) Cell Tower – trasmette e riceve il segnale radio;
- (3) Base Station – gestisce la comunicazione locale e instrada i segnali verso la rete di trasporto;
- (4) Nodo di interconnessione – collega le stazioni base alla rete centrale (core network) attraverso un collegamento di backhaul bidirezionale in fibra ottica o microonde;
- (5) Core Network – rete centrale che gestisce l'instradamento, la commutazione e la distribuzione dei dati tra i diversi nodi di rete;
- (6) Receiver Device – il terminale ricevente che riconverte il segnale digitale in suono.

L'intero processo realizza la trasmissione voce–segnale–voce secondo lo stesso principio che Antonio Meucci aveva intuito con il suo *teletrofono*, anticipando di oltre un secolo la comunicazione mobile contemporanea. L'Autore ringrazia sentitamente Massimo e Lorenzo Così per la realizzazione della figura che ha richiesto una notevole capacità grafica di sintesi.

Figure 3. Simplified diagram of a modern telephone communication system.

- (1) User Device – the user's device that converts voice into a digital signal;
- (2) Cell Tower – transmits and receives the radio signal;
- (3) Base Station – manages local communication and routes signals to the transport network;
- (4) Interconnection Node – connects base stations to the core network via a bidirectional fibre optic or microwave backhaul link;
- (5) Core Network – central network that manages the routing, switching and distribution of data between different network nodes;
- (6) Receiver Device – the receiving terminal that converts the digital signal back into sound.

The whole process carries out voice-signal-voice transmission according to the same principle that Antonio Meucci had envisaged with his *telectrophone*, predating contemporary mobile communication by over a century. The author would like to express his sincere thanks to Massimo and Lorenzo Così for creating the figure, which required considerable graphic synthesis skills.

tà pratiche, formando figure capaci di applicare la scienza alla tecnologia. Parallelamente, Meucci seguì anche le lezioni pubbliche del Regio Museo di Fisica e Storia Naturale, dove si illustravano i principi della fisica sperimentale e le prime applicazioni dell'elettricità, allora una disciplina di grande novità (Angotti 2009).

La solida formazione ricevuta a Firenze gli fu estremamente utile negli anni successivi. Nel 1835, a causa delle sue simpatie politiche per i movimenti liberali e indipendentisti, Meucci lasciò Firenze e si trasferì a l'Avana, a Cuba, dove rimase fino al 1850. Lì lavorò al Teatro Tacón, occupandosi degli impianti per gli effetti scenici basati sull'elettricità. Proprio durante questo periodo, grazie alle competenze tecniche acquisite a Firenze, cominciò le sue prime sperimentazioni sull'uso dell'elettricità per trasmettere la voce, intuendo così il principio che lo avrebbe portato anni dopo alla costruzione del suo telettrofono (Catania 1994).

Da queste due istituzioni – il Conservatorio di Arti e Mestieri e il Regio Museo di Fisica e Storia Naturale – si svilupparono nel tempo i principali centri della formazione tecnico-scientifica fiorentina. Dal Conservatorio nacque l'Istituto Tecnico Toscano, che a sua volta diede origine all'attuale Istituto Tecnico per Geometri "Gaetano Salvemini", dove io stesso, Riccardo Meucci, ho compiuto i miei studi superiori. Sebbene Antonio Meucci morì senza discendenti diretti, la più ampia famiglia Meucci – di cui faccio parte – ha radici storiche a Firenze e nelle zone limitrofe. Dall'altra parte, dal Regio Museo di Fisica e Storia Naturale derivò l'Istituto di Fisica "Antonio Garbasso" di Arcetri, dove ho conseguito la laurea in Fisica. Successivamente, ho frequentato la Scuola di Specializzazione in Ottica dell'Università degli Studi di Firenze, che si teneva presso l'Istituto Nazionale di

today: mobile networks, Wi-Fi, Bluetooth (Fig. 3). The means of transmission has changed, but not the basic idea.

In this sense, the smartphone is nothing more than the latest incarnation of a vision that originated in the mid-19th century: to enable real-time conversation between two people who are miles apart.

Family and cultural roots in Florence

Antonio Meucci was born in Florence, in Via de' Serragli, where a plaque still marks his birthplace on 13 April 1808 (Fig. 4). He was educated in a city that, alongside its great artistic tradition, boasted a solid and vibrant technical and scientific culture.

He attended the Conservatory of Arts and Trades, annexed to the Academy of Fine Arts in Florence, where he took courses in chemistry with Antonio Targioni Tozzetti and mechanics with Francesco Focacci. This institute was one of the first technical schools in Italy and aimed to combine theoretical knowledge and practical skills, training individuals capable of applying science to technology. At the same time, Meucci also attended public lectures at the Royal Museum of Physics and Natural History, where the principles of experimental physics and the first applications of electricity, which was a highly innovative subject at the time, were explained (Angotti 2009).

The solid education he received in Florence proved extremely useful in the years to come. Due to his political sympathies for liberal and independence movements, Meucci left Florence



Figura 4. La casa natale di Antonio Meucci a Firenze, via dei Serragli n. 44, commemorata da una targa marmorea.

Figure 4. The house in Florence, where Antonio Meucci was born, at Via dei Serragli 44, commemorated by a marble plaque.

in 1835 and moved to Havana, Cuba, where he remained until 1850. While there, he worked at the Teatro Tacón, where he was responsible for the electrical effects used in stage productions. It was during this period that, thanks to the technical skills he had acquired in Florence, he began his first experiments with the use of electricity to transmit the voice, foreseeing the principle that would lead him years later to the construction of his telegraph (Catania 1994).

These two institutions – the Conservatory of Arts and Trades and the Royal Museum of Physics and Natural History – developed into the leading centres of technical and scientific education in Florence over the years. The Conservatory spawned the Tuscan Technical Institute, which eventually became what is now the Gaetano Salvemini Technical Institute for Surveyors, where I, Riccardo Meucci, completed my secondary education. Although Antonio Meucci died without producing any direct descendants, the extended Meucci family – of which I am part – has historical roots in Florence and the neighbouring areas. The Royal Museum of Physics and Natural History, on the other hand, became the Antonio Garbasso Institute of Physics in Arcetri, where I attained my degree in Physics. Subsequently, I attended the School of Specialisation in Optics at the University of Florence, which was held at the National Institute of Optics on the Colle di Galileo. The school, conceived by Prof. Tito Arecchi who was the director of the Institute at the time, was the only course of its kind in Italy and was a national benchmark for advanced training in the field of optics and photonics.

This continuity is not only institutional but also cultural: both Antonio Meucci and I received technical and experimental training based on the union of theoretical knowledge and practi-

Ottica sul Colle di Galileo. La scuola, ideata dal Prof. Tito Arcchi, allora direttore dell'Istituto, rappresentava l'unico corso di questo tipo in Italia e costituiva un punto di riferimento nazionale per la formazione avanzata nel campo dell'ottica e della fotonica.

Questa continuità non è solo istituzionale ma anche culturale: sia Antonio Meucci sia io abbiamo ricevuto una formazione di tipo tecnico-sperimentale, fondata sull'unione tra sapere teorico e applicazione pratica. È lo stesso spirito che caratterizza da secoli la scuola fiorentina – un intreccio di scienza, tecnica e creatività che, dal Rinascimento fino alle moderne tecnologie di comunicazione e ottica, continua a generare innovazione.

Conclusioni

La storia di Antonio Meucci rappresenta un esempio emblematico di come la conoscenza tecnica e la creatività possano intrecciarsi per generare innovazione. La sua invenzione del *telettrofono*, nata da un'intuizione maturata grazie alla solida formazione ricevuta a Firenze, segna una tappa fondamentale nella storia della comunicazione a distanza (Fig. 5).

La vita di Meucci fu tuttavia molto più avventurosa e travagliata della mia: un'esistenza segnata da spostamenti, sacrifici e difficoltà economiche, ma anche da un'instancabile curiosità e da un profondo senso civile. Fu un vero protagonista del suo tempo, capace di coniugare lo spirito dell'inventore con quello del

cal application. It is the same spirit that has characterised the Florentine school for centuries – a combination of science, technology and creativity that, from the Renaissance to modern communication and optical technologies, continues to generate innovation.

Conclusions

Antonio Meucci's story is a prime example of how technical knowledge and creativity can come together to generate innovation. His invention of the *telectrophone*, born from an intuition developed thanks to the solid education he received in Florence, marks a fundamental milestone in the history of remote communication (Fig. 5).

Meucci's life, however, was much more adventurous and turbulent than mine: an existence marked by displacement, sacrifice and economic hardship, but also by tireless curiosity and a deep sense of civic duty. He was a true protagonist of his time, capable of combining the spirit of the inventor with that of the patriot. He put the technical skills he had acquired in Florence to good use first in Cuba and then in the United States, while continuing to support the struggles for Italian independence and unification even from afar. His friendship with Giuseppe Garibaldi, which began during his years in America, testifies to the depth of his ideals and his involvement in the great political and cultural upheavals of the 19th century (Catania 1996).

One of the most significant examples of his working method is a statement he made during the Bell/Globe trial (1885–1887):

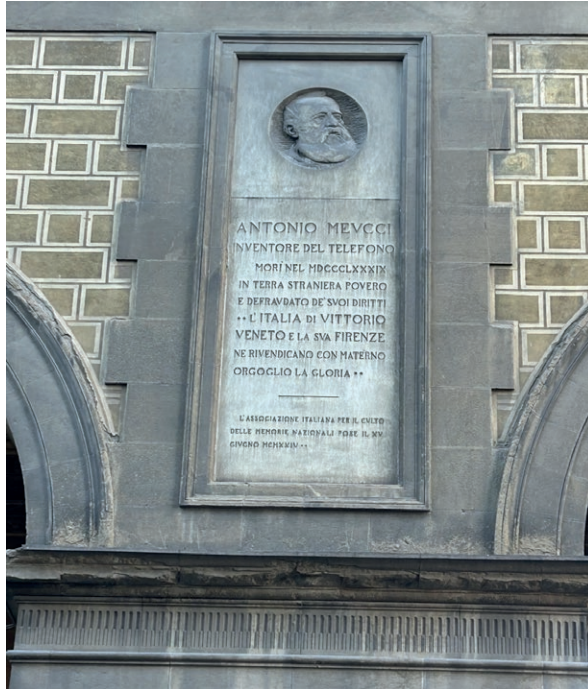


Figura 5. Lapide marmorea posta in onore di Meucci in via Pellicceria, Firenze, nel 1924. La lapide è posta sulla facciata del palazzo delle Poste e Telecomunicazioni.

Figure 5. Marble plaque commemorating Meucci in Via Pellicceria, Florence, dated 1924. The plaque is set into the facade of the Post Office and Telecommunications building.

... From 1952 to 1953 or around 1954, as I was not a professor but only an employee, I went through several treatises, including one by Coulomb... (Answer no. 65). [Note 1]

These seemingly modest words reveal a Galilean experimental approach, summarised in the famous motto “If at first you don’t succeed, try, try again”. Meucci approached his work with the curiosity of a tradesman and the discipline of a scientist, exploring the phenomena of electromagnetic induction with the means at his disposal. His experiments, conducted at least ten years before the formulation of Maxwell’s complete set of equations (1864), show that he had foreseen the principle at the basis of Maxwell’s third equation, namely the Faraday-Lenz law on the changing magnetic field and the generation of electric current.

Doing justice to Meucci does not mean reopening disputes relating to primacy over Alexander Graham Bell, whose undisputed merits must be recognised. After his 1876 patent (Bell 1876), Bell founded the Bell Telephone Company in 1877, which developed into the American Telephone and Telegraph Company (AT&T) and, later, the famous Bell Laboratories, the real cradle of scientific innovation in the 20th century (Brooks 1975). These laboratories have produced numerous Nobel Prize winners, including Clinton Davisson (Physics 1937, for electron diffraction), John Bardeen, William Shockley and Walter Brattain (Physics 1956, for the invention of the transistor), Arno Penzias and Robert Wilson (Physics 1978, for the discovery of cosmic background radiation) and Charles Kao, Willard Boyle and George Smith (Physics 2009, for fibre optics and CCD sensors).

patriota. A Cuba e poi negli Stati Uniti mise a frutto la preparazione tecnica acquisita a Firenze, mentre, anche da lontano, continuò a sostenere le battaglie per l'indipendenza e l'unità d'Italia. La sua amicizia con Giuseppe Garibaldi, nata durante gli anni americani, testimonia la profondità dei suoi ideali e la sua partecipazione ai grandi fermenti politici e culturali dell'Ottocento (Catania 1996).

Tra le testimonianze più significative del suo metodo di lavoro, spicca una frase che egli stesso pronunciò durante il processo Bell/Globe (1885–1887):

... Dal '52 al '53 o '54 circa, non essendo io professore, ma solo lavorante, trascorsi diversi trattati fra cui uno di Colombo [Coulomb, NdR]... (Risposta n. 65). [Nota 1]

Queste parole, apparentemente modeste, rivelano un approccio sperimentale di tipo galileiano, sintetizzato nel celebre motto “Provando e Riprovando”. Meucci si muoveva infatti con la curiosità dell'artigiano e la disciplina dello scienziato, esplorando con i mezzi a disposizione i fenomeni dell'induzione elettromagnetica. I suoi esperimenti, condotti almeno dieci anni prima della formulazione del set completo delle equazioni di Maxwell (1864), mostrano che egli aveva intuito il principio alla base della terza equazione di Maxwell, cioè la legge di Faraday-Lenz sulla variazione del campo magnetico e la generazione di corrente elettrica.

Rendere giustizia alla figura di Meucci non significa riaprire dispute di priorità con Alexander Graham Bell, al quale vanno riconosciuti meriti indiscussi. Dopo il suo brevetto del 1876 (Bell 1876), Bell fondò nel 1877 la Bell Telephone Company, da cui si svilupparono la American Telephone and Telegraph Company (AT&T) e, più tardi, i celebri Bell Laboratories, vere culle dell'innovazione scientifica del

And it is precisely for this reason that remembering Antonio Meucci means restoring completeness to the history of science: showing that great technological revolutions often arise from a network of parallel trajectories, from insights that mature at different times and in different places, and that scientific memory must be able to recognise all the strands of this web (Meucci 2025a, Meucci 2025b). Recently, Chen (Chen 2024) revisited the historiography of Antonio Meucci in Chinese [Note 2].

The link between Meucci and Florence is not only biographical but also cultural. The institutions where he studied – the Conservatory of Arts and Trades and the Royal Museum of Physics and Natural History – represent the roots of the Florentine technical-scientific tradition, which spawned the Tuscan Technical Institute, the “Antonio Garbasso” Institute of Physics and the National Institute of Optics.

It is in this context that my training and research activities are also located, on the Colle di Galileo, a symbolic place where the past and present of science converge. Today, in the tools we use every day – from smartphones to the most advanced optical systems – we find the same principles that Meucci envisaged more than a hundred and fifty years ago: turning sound into a signal, transmitting it through space and reconstructing it for communication.

Recognising Meucci is not only an act of historical justice but also a way of remembering that innovation stems from the courage to imagine, experiment and overcome the limitations of one's time. In this sense, the Colle di Galileo continues to be an ideal place to keep alive the very same spirit of curiosity and ingenuity that inspired Antonio Meucci.

XX secolo (Brooks 1975). Da questi laboratori sono usciti numerosi premi Nobel, tra cui Clinton Davisson (Fisica 1937, per la diffrazione degli elettroni), John Bardeen, William Shockley e Walter Brattain (Fisica 1956, per l'invenzione del transistor), Arno Penzias e Robert Wilson (Fisica 1978, per la scoperta della radiazione cosmica di fondo) e Charles Kao, Willard Boyle e George Smith (Fisica 2009, per le fibre ottiche e i sensori CCD).

Ma proprio per questo, ricordare Antonio Meucci significa restituire completezza alla storia della scienza: mostrare che le grandi rivoluzioni tecnologiche nascono spesso da un intreccio di percorsi paralleli, da intuizioni che maturano in tempi e luoghi diversi, e che la memoria scientifica deve saper riconoscere tutti i fili di questa trama (Meucci 2025a, Meucci 2025b). Recentemente Chen (Chen 2024) in lingua cinese ha rivisitato la storiografia su Antonio Meucci [Nota 2].

Il legame tra Meucci e Firenze non è soltanto biografico, ma culturale. Le istituzioni in cui si formò – il Conservatorio di Arti e Mestieri e il Regio Museo di Fisica e Storia Naturale – rappresentano le radici della tradizione tecnico-scientifica fiorentina, la stessa che nel tempo ha dato vita all'Istituto Tecnico Toscano, all'Istituto di Fisica “Antonio Garbasso” e all'Istituto Nazionale di Ottica.

È in questo contesto che si colloca anche la mia formazione e la mia attività di ricerca, sul Colle di Galileo, luogo simbolico in cui passato e presente della scienza si incontrano. Oggi, negli strumenti che usiamo quotidianamente – dagli smartphone ai sistemi ottici più avanzati – ritroviamo gli stessi principi che Meucci intuì più di un secolo e mezzo fa: trasformare il suono in segnale, trasmetterlo nello spazio e ricostruirlo per comunicare.

Notes

- [1] Excerpt from the proceedings of the Bell/Globe vs. Meucci trial (1885–1887), testimony of Antonio Meucci, Cross-Examination, Answer No. 65. The original records are kept in the court archives in Washington, D.C., and partially reproduced by Basilio Catania (Catania 1996).
- [2] The work of G. Chen (Chen 2024), originally published in Chinese, originates from personal discussions with the author of this article. It was those conversations that provided the decisive incentive to learn more about Antonio Meucci and embark on a research project aimed at restoring him to his rightful place in the history of telecommunications. This episode bears witness to how scientific and human interaction between researchers can generate new perspectives and promote a broader understanding of the technological past.

References

- Angotti, F., Pelosi, G. (2009). *Antonio Meucci e la città di Firenze*. Firenze University Press, 2009.
- Bell, A.G. (1876, filed February 14, granted March 7). Improvement in telegraphy (U.S. Patent No. 174.465). Arlington, VA: U.S. Patent & Trademark Office.
- Brooks, J. (1975). *Telephone: The First Hundred Years*. New York: Harper & Row.
- Campanella, A. J. (2007). Antonio Meucci, The Speaking Telegraph, and the First Telephone. *Acoustics Today*, 3(2), 14–21.

Riconoscere la figura di Meucci non è soltanto un atto di giustizia storica, ma anche un modo per ricordare che l'innovazione nasce dal coraggio di immaginare, sperimentare e superare i limiti del proprio tempo. In questo senso, il Colle di Galileo continua a essere un luogo ideale per mantenere vivo lo stesso spirito di curiosità e di ingegno che animò Antonio Meucci.

Note

- [1] Estratto dagli Atti del processo Bell/Globe contro Meucci (1885–1887), testimonianza di Antonio Meucci, Cross-Examination, Answer No. 65. Gli atti originali sono conservati negli archivi giudiziari di Washington, D.C., e in parte riprodotti da Basilio Catania (Catania 1996).
- [2] Il lavoro di G.Chen (Chen 2024), pubblicato originariamente in lingua cinese, trae origine da discussioni personali con l'autore di questo articolo. Quelle conversazioni hanno rappresentato uno stimolo decisivo per approfondire la figura di Antonio Meucci e per intraprendere un percorso di ricerca volto a restituirgli il giusto ruolo nella storia delle telecomunicazioni. Questo episodio testimonia quanto il dialogo scientifico e umano tra ricercatori possa generare nuove prospettive e favorire una più ampia comprensione del passato tecnologico.

Catania, B. (1994). *Antonio Meucci: L'inventore e il suo tempo* (Italian Edition). Seat. Available at: chezbasilio.org

Catania, B. (1996). *Antonio Meucci: New York 1850-1871*. Seat. Available at: chezbasilio.org

Casson, H. (1910). *The History of the Telephone*. Chicago: A.C. McClurg & Co.

Chen, G. (2024). *The Invention of the Telephone – A Bewildering Story* (in Chinese). March 30, 2024. Available online: <https://mp.weixin.qq.com/s/5JlzpYlf1AnI96DI0BY7Qw>.

Haykin, S., & Moher, M. (2009). *Communication Systems*. 5th edition. New York: Wiley.

Hurdeman, A. A. (2003). *The Worldwide History of Telecommunications*. Hoboken, NJ: Wiley.

Kim, E. S. (2021), *Fundamentals of Microelectromechanical Systems (MEMS)*, McGrawHill.

Meucci, A. (1871, December 28). Sound telegraph. Caveat no.3335. Washington, DC: U.S. Patent & Trademark Office. (Now kept at College Park, MD: National Archives & Records Administration, RG60 [Department of Justice], year files 6921-1885, box 10, folder 1); U.S. Patent & Trademark Office. (1885). Patents granted to and applications and caveats filed by A.Meucci [RG60 [Department of Justice], file 6921-1885]. College Park, MD: National Archives & Records Administration

Meucci, R. (2025a). The Forgotten Voice: Antonio Meucci and the Origins of Telecommunication Technology. *Foundations of Science*, October 5, 2025.

Available on line: <https://doi.org/10.1007/s10699-025-10019-y>

Meucci, R. (2025b). From the *Telectrophone* to the Smartphone: Antonio Meucci's Legacy in Telecommunication History. In *Proceedings of IEEE HISTELCON 2025*.

Referenze

- Angotti, F., Pelosi, G. (2009). *Antonio Meucci e la città di Firenze*. Firenze University Press, 2009.
- Bell, A.G. (1876, filed February 14, granted March 7). Improvement in telegraphy (U.S. Patent No. 174,465). Arlington, VA: U.S. Patent & Trademark Office.
- Brooks, J. (1975). *Telephone: The First Hundred Years*. New York: Harper & Row.
- Campanella, A. J. (2007). Antonio Meucci, The Speaking Telegraph, and the First Telephone. *Acoustics Today*, 3(2), 14–21.
- Catania, B. (1994). *Antonio Meucci: L'inventore e il suo tempo* (Italian Edition). Seat. Available at: chezbasilio.org
- Catania, B. (1996). *Antonio Meucci: New York 1850-1871*. Seat. Available at: chezbasilio.org
- Casson, H. (1910). *The History of the Telephone*. Chicago: A.C. McClurg & Co.
- Chen, G. (2024). *The Invention of the Telephone – A Bewildering Story* (in Chinese). March 30, 2024. Disponibile online: <https://mp.weixin.qq.com/s/5JIzpyIf1AnI96DI0BY7Qw>.
- Haykin, S., & Moher, M. (2009). *Communication Systems*. 5ª edizione. New York: Wiley.
- Huurdeeman, A. A. (2003). *The Worldwide History of Telecommunications*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Kim, E. S. (2021), *Fundamentals of Microelectromechanical Systems (MEMS)*, McGrawHill.

U.S. House of Representatives (2002). House Resolution No. 269, "Expressing the sense of the House of Representatives to honor the life and achievements of nineteenth-century Italian-American inventor Antonio Meucci and his work in the invention of the telephone." Proceedings and Debates of the 107th Congress, First Session. Washington, D.C. Available at: [<https://www.congress.gov/bill/107th-congress/house-resolution/269/text>][<https://www.congress.gov/bill/107th-congress/house-resolution/269/text>].

- Meucci, A. (1871, December 28). Sound telegraph. Caveat no.3335. Washington, DC: U.S. Patent & Trademark Office. (Now kept at College Park, MD: National Archives & Records Administration, RG60 [Department of Justice], year files 6921-1885, box 10, folder 1); U.S. Patent & Trademark Office. (1885). Patents granted to and applications and caveats filed by A.Meucci (RG60 [Department of Justice], file 6921-1885). College Park, MD: National Archives & Records Administration
- Meucci, R. (2025a). The Forgotten Voice: Antonio Meucci and the Origins of Telecommunication Technology. *Foundations of Science* October 5, 2025. Available on line : <https://doi.org/10.1007/s10699-025-10019-y>
- Meucci, R. (2025b). From the *Telettrofono* to the Smartphone: Antonio Meucci's Legacy in Telecommunication History. In *Proceedings of IEEE HISTELCON 2025*.
- U.S. House of Representatives (2002). House Resolution No. 269, "Expressing the sense of the House of Representatives to honor the life and achievements of nineteenth-century Italian-American inventor Antonio Meucci and his work in the invention of the telephone." Proceedings and Debates of the 107th Congress, First Session. Washington, D.C. Disponibile su: <https://www.congress.gov/bill/107th-congress/house-resolution/269/text>.



Il Colle di
Galileo

Un viaggio scientifico di G. B. Donati nel 1862 (e la sua rendicontazione)

A scientific journey by G. B. Donati in 1862 (and its cost reporting)

Simone Bianchi

INAF-Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Italy

simone.bianchi@inaf.it

Riassunto. Nell'estate 1862 l'astronomo Giovanni Battista Donati intraprese un viaggio di studio a Londra, su mandato del Ministero della Pubblica Istruzione. Riproduciamo qui integralmente la sua relazione sul viaggio, poco nota, e presentiamo alcuni documenti relativi al rimborso delle spese sostenute da Donati.

Parole chiave: Giovanni Battista Donati.

Introduzione

L'astronomo Giovanni Battista Donati (1826-1873; Fig. 1), direttore dell'Osservatorio astronomico di Firenze dal 1859, fu uno spirito eclettico: lo si ricorda per le sue scoperte di comete, fra cui quella famosa del 1858 che rimase a lungo visibile ad occhio nudo, brillantissima; per i suoi studi pionieristici di spettroscopia, che portarono ad un primo catalogo di spettri stellari classificati in base

Abstract. In summer 1862, astronomer Giovanni Battista Donati travelled to London on a study trip commissioned by the Ministry of Education. Here we present an unabridged version of his little-known report on the trip, along with some documents relating to the reimbursement of Donati's expenses.

Keywords: Giovanni Battista Donati.

Introduction

Astronomer Giovanni Battista Donati (1826-1873; Fig. 1), director of the Florence Astronomical Observatory since 1859, was an eclectic man. He is remembered for his discoveries of comets, including the particularly famous one in 1858, which remained visible to the naked eye, shining

al colore delle stelle, e alla prima osservazione dello spettro di una cometa; per il suo interesse nella costruzione di strumenti scientifici, concretizzato nella creazione di un laboratorio meccanico che diventò poi le Officine Galileo; per gli studi sul magnetismo terrestre e le aurore boreali, in un tentativo di definire una “meteorologia cosmica”, antesignana del moderno concetto dello *space weather* (Galli, Gasperini & Bianchi 2013). Come lettori de *Il Colle di Galileo*, gli dobbiamo poi essere riconoscenti per la scelta di Arcetri come sede del nuovo osservatorio astronomico, inaugurato nel 1872; e per aver bloccato la vendita del podere demaniale della Cappella, su cui si insedieranno successivamente gli altri istituti scientifici del *Colle* (Bianchi 2017).

Di Donati ricorrono quest'anno i 200 anni dalla nascita; per iniziare a celebrarlo, propongo qui il testo di una relazione su un viaggio scientifico in Europa fatto nel 1862. La relazione è una testimonianza degli interessi eterogenei che doveva avere un astronomo del tempo, in contrasto con la specializzazione degli astronomi odierni. Il viaggio è interessante anche sotto un altro aspetto: si è infatti conservata parte della documentazione relativa alla rendicontazione delle spese. Missioni scientifiche e rimborsi spese: croce e delizia anche per i ricercatori moderni!

Il viaggio di Donati nel 1862

Promosso direttore della Specola del Reale Museo di Firenze alla vigilia dell'unità d'Italia, Donati fu coinvolto fin da subito nei tentativi di razionalizzare le ricerche astronomiche e meteorologiche del nuovo regno, allora coltivate dai nu-



Figura 1. Giovanni Battista Donati (1826-1873).

Figure 1. Giovanni Battista Donati (1826-1873).

merosi osservatori – mal equipaggiati – ereditati dagli stati preunitari. Nel luglio 1862, una commissione per il riordinamento degli Osservatori astronomici e meteorologici fu convocata nella capitale, Torino, dal ministro della pubblica istruzione Carlo Matteucci (1811-1868), fisico e già professore di Donati all'Università di Pisa. Gli scienziati convenuti a Torino, fra cui Donati, convennero che si doveva limitare il numero di osservatori a soli quattro, da finanziare adeguatamente, e coordinarne le attività grazie ad un ufficio centrale (Bianchi & Galli, 2014).

Per vari motivi, economici e politici, le proposte della commissione vennero però disattese; una soltanto ebbe immediata attuazione: l'incarico a Donati di recarsi a Londra per un viaggio di studio sui progressi inglesi nei metodi di osservazione¹. Donati partì subito da Torino alla volta di Londra, dove soggiornò per buona parte dell'agosto 1862; sia all'andata che al ritorno, fece numerose tappe intermedie (Fig. 2).

Proponiamo qui integralmente il testo della relazione sul viaggio, pubblicata a fine settembre 1862 sul settimanale *Rivista italiana di scienze, lettere ed arti colle effemeridi della pubblica istruzione* (Donati 1862).

Rapporto a S. E. il ministro della pubblica istruzione relativo al riordinamento degli osservatorii astronomici e meteorologici in Italia.

Eccellenza,

In seno alla Commissione nominata dall'E.V. per discutere intorno al riordinamento degli osservatorii astronomici e meteorologici del regno d' Italia, fu parla-

brightly for a long time; for his pioneering studies in spectroscopy, which led to the first catalogue of stellar spectra classified according to the colour of the stars, and to the first observation of a comet's spectrum; for his interest in the construction of scientific instruments, which resulted in the creation of a mechanical workshop that later became the *Officine Galileo*; for his studies on terrestrial magnetism and the Aurora Borealis, in an attempt to define a "cosmic meteorology", a precursor to the modern concept of space weather (Galli, Gasperini & Bianchi, 2013). As readers of *Il Colle di Galileo*, we must also be grateful to him for choosing Arcetri as the site for the new astronomical observatory, inaugurated in 1872, and for blocking the sale of the state-owned Cappella estate, which would later host the other scientific institutes of *Il Colle* (Bianchi 2017).

This year is the 200th anniversary of Donati's birth and, to begin celebrating it, I would like to share the text of a report on a scientific journey he made in Europe in 1862. The report is a testament to the variety of interests that an astronomer of the time had, as opposed to the specialisation of astronomers today. The journey is interesting also from another point of view: some of the documentation relating to the reporting of expenses has been preserved. Scientific missions and the reimbursement of expenses: a blessing and a curse even for modern researchers!

Donati's journey in 1862

Promoted to director of the Specola del R. Museo in Florence on the eve of Italian Unification, Donati became immediately involved in attempts to rationalise the astronomical



Figura 2. L'itinerario del viaggio di Donati, come risulta dalla sua *nota delle spese* (cit. nota 1). Le località contrassegnate dai caratteri più grandi sono quelle citate nella *Relazione*.

Figure 2. Donati's travel itinerary, as shown in his *expense claim* (see note 1). The places marked in a larger font are those mentioned in the *Report*.

and meteorological research of the new kingdom, cultivated at the time by numerous poorly equipped observatories inherited from the pre-unification states. In July 1862, a commission for the reorganisation of the astronomical and meteorological observatories was convened in the capital, Turin, by the Minister of Education Carlo Matteucci (1811-1868), a physicist who had been one of Donati's professors at the University of Pisa. The scientists who gathered in Turin, including Donati, agreed that the number of observatories should be limited to just four and that they should be adequately funded, with coordination of their activities by a central office (Bianchi & Galli, 2014).

For various economic and political reasons, however, the commission's proposals were disregarded. Only one was implemented immediately. Donati was sent to London on a study trip to learn about British advances in observation methods¹. Donati left Turin immediately and travelled to London, making numerous stops along the way and spending most of August 1862 there. He also made numerous stops during the journey back home (Fig. 2).

Here we present the full text of the report on the journey, published at the end of September 1862 in the weekly *Rivista italiana di scienze, lettere ed arti colle effemeridi della pubblica istruzione* (Donati 1862).

Report to His Excellency the Minister of Education regarding the reorganisation of astronomical and meteorological observatories in Italy.

Your Excellency,

to assai a lungo dell'applicazione della fotografia all'astronomia, e fu convenuto che a tal parte della scienza, potevano più particolarmente esser rivolti i lavori dell'osservatorio del regio museo di Firenze. Fu in seguito di tali considerazioni che l'E.V. dette a me (e come astronomo di Firenze, e come uno dei componenti la detta Commissione) l'onorevole incarico di andare in Inghilterra, affine di conoscere minutamente non solo quanto intorno a questa parte della scienza si era fatto colà, ma anche per avere nello stesso tempo alcuni dati relativi alla parte meteorologica, che la nostra Commissione discusse solo incidentalmente, dichiarando che se ne sarebbe occupata in altra occasione.

Onorato di una tale missione, io mi recai a Parigi, ove il signor Le-Verrier, ed il signor Yvon Villarceau mi accolsero colla massima gentilezza, e mi fecero minutamente conoscere tutte le particolarità dell'osservatorio imperiale. Molte furono le cose che ammirai negli strumenti e nella disposizione del detto osservatorio. Però citerò soltanto il grande Equatoriale della Torre dell'Ovest, il quale differisce in molte parti dagli Equatoriali come si costruiscono in Germania; e lo strumento dei passaggi, il quale è posto semplicemente sopra due solidi pilastri di pietra, e vi sono tolti i soliti movimenti per livellarlo e per metterlo in mira. Il signor Villarceau mi disse, che mentre prima dovevansi continuamente variare le correzioni da farsi ai passaggi osservati, ora invece le dette correzioni rimangono sempre costanti; o in altri termini, che prima lo strumento era soggetto a dei cambiamenti di posizione, e che ora si mantiene costantemente immobile.

Della parte meteorologica, all'osservatorio di Parigi, è stato ora incaricato il signor professore Marié Davy, il quale mi fece gentilmente vedere tutto quanto ad

Within the Commission appointed by Your Excellency to discuss the reorganisation of the astronomical and meteorological observatories of the Kingdom of Italy, there was much discussion about the application of photography to astronomy, and it was agreed that the work of the observatory of the Royal Museum of Florence could be particularly devoted to this branch of science. It was following these considerations that Your Excellency assigned me (as the astronomer of Florence and as one of the members of the aforesaid Commission) the honourable task of travelling to England, not only to learn in detail about everything that had been done there in this field of science, but also to gather some data on meteorology, which our Commission had only discussed incidentally, declaring that it would deal with it on another occasion.

Honoured by such a mission, I travelled to Paris, where Mr Le-Verrier and Mr Yvon Villarceau welcomed me with the utmost kindness and gave me a detailed introduction to all the particular features of the Imperial Observatory. There were many things I admired in the instruments and layout of the observatory. However, I will mention only the large equatorial telescope in the West Tower, which differs in many respects from the equatorial telescopes built in Germany, and the transit instrument, which is simply placed on two solid stone pillars, without the usual movements to level it and aim it. Mr Villarceau told me that, whereas once the corrections to be made to the passages observed had to be adjusted constantly, now these corrections remain constant; or, in other words, that the position of the instrument used to change but now it remains constantly immobile.

Professor Marié Davy has now been put in charge of meteorological matters at the Paris Observatory, and he kindly showed me everything related to this field. For magnetic observa-

essa ha relazione. Per le osservazioni magnetiche vi è all'osservatorio di Parigi un apparecchio che registra le variazioni della declinazione mediante la fotografia. In quanto agli altri elementi magnetici si osservano nel modo consueto. L'apparecchio automatico che registra fotograficamente l'andamento della declinazione magnetica è stato costruito in Inghilterra; ma il signor Marié mi disse che quanto prima saranno stabiliti all'osservatorio di Parigi degli apparecchi consimili per le osservazioni di tutti gli elementi magnetici, e che tali apparecchi saranno probabilmente commessi al signor Froment [Paul-Gustave Froment (1815-1865), N.d.A.].

Fin dall'inizio della relazione è chiaro che Donati non tratterà solo di astronomia, ma anche (e forse, soprattutto) di meteorologia e magnetismo. Nell'Osservatorio di Parigi, il direttore Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811-1877) e l'astronomo Antoine François Joseph Yvon Villarceau (1813-1883) gli fecero apprezzare la strumentazione astronomica, come il grande telescopio su montatura equatoriale (che la Specola di Firenze non aveva) e lo strumento dei passaggi per la determinazione del tempo dai transiti stellari al meridiano (di cui alla Specola esisteva un obsoleto esemplare del secolo precedente). L'incaricato per la meteorologia, Edme Hippolyte Marié-Davy (1820-1893), gli mostrò invece un magnetografo che operava su carta fotografica: l'applicazione della fotografia, non tanto per le osservazioni celesti, quanto per la registrazione delle osservazioni magnetiche e meteorologiche, sembra essere uno dei motivi principali del viaggio.

tions, the Paris Observatory has a device that records the changes in declination by means of photography. As for the other magnetic elements, they are observed in the usual way. The automatic device that photographically records the progress of magnetic declination was built in England, but Mr Marié told me that similar devices for observing all magnetic elements will soon be installed at the Paris Observatory, and that these devices will probably be entrusted to Mr Froment [Paul-Gustave Froment (1815-1865), author's note].

From the very beginning of the report, it is clear that Donati will not only deal with astronomy, but also (and perhaps above all) with meteorology and magnetism. At the Paris Observatory, director Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811-1877) and astronomer Antoine François Joseph Yvon Villarceau (1813-1883) introduced him to astronomical instruments, such as the large equatorially-mounted telescope (which the Specola of Florence did not have) and the instrument for determining time from stellar transits at the meridian (of which the Specola had an obsolete model from the previous century). The meteorologist, Edme Hippolyte Marié-Davy (1820-1893), showed him a magnetograph that used photographic paper. The application of photography, not so much for celestial observations as for recording magnetic and meteorological observations, seems to have been one of the main reasons for the trip.

From Paris, I travelled to London, where I went specifically to see Mr Airy, the director of Greenwich Observatory, and General Sabine, the director of Kew Meteorological Observatory. Kew Observatory is distinguished particularly by its automatic magnetic instruments, which record observations using photography. These devices record the declination, vertical force

Da Parigi mi recai a Londra, ove mi diressi particolarmente al signor Airy direttore dell'osservatorio di Greenwich, ed al signor generale Sabine direttore dell'osservatorio meteorologico di Kew.

L'osservatorio di Kew si distingue particolarmente per gli apparecchi magnetici automatici, che registrano le osservazioni mediante la fotografia. Questi apparecchi registrano la declinazione, la forza verticale e la forza orizzontale del magnetismo terrestre: la loro disposizione è benissimo studiata, perché riunisce questi tre apparecchi in un piccolissimo spazio, e ne fa quasi un solo ed unico apparecchio. Il prezzo di tutti insieme (con alcune utili ed importanti modificazioni, come vedonsi in altri apparecchi consimili alla esposizione universale) è di franchi 7,000; ed il costruttore ne è il signor Adié (*395 Strand, London*). All'osservatorio di Kew è applicata la fotografia anche alle osservazioni dell'elettricità atmosferica. Gli altri strumenti sono grafici, ma senza l'applicazione della fotografia, e vi sono poi gli strumenti che si osservano direttamente e che servono a dare lo zero di quei grafici. Ciò che vi è da notare all'osservatorio di Kew è anche il modo col quale, dalle curve date dagli strumenti automatici, si ricavano le tavole che contengono i numeri rappresentanti le fatte osservazioni. Tali numeri si ottengono mediante una macchinetta, l'uso della quale è semplicissimo, e che il generale Sabine fa adoperare a dei bassi ufficiali dell'armata. Per i più minuti ragguagli intorno ad una tal macchina, non che agli strumenti magnetici, ed ai procedimenti fotografici adoperati all'osservatorio di Kew, credo non potere far meglio che unire, in fine di questo mio rapporto, una memoria che sull'osservatorio di Kew ha scritto il signor Stewart, e che egli mi ha gentilmente donata².

and horizontal force of the Earth's magnetism. Their layout is very well designed, because it brings these three devices together in a very small space, making them into almost a single device. The price for all of them together (with some useful and important adjustments, as seen in other similar devices at the Universal Exhibition) is 7,000 francs; and the manufacturer is Mr. Adié (*395 Strand, London*). At Kew observatory, photography is also used to observe atmospheric electricity. The other instruments produce graphs, but without the use of photography, and then there are instruments that are observed directly and are used to give the zero point of the graphs.

What is also noteworthy at Kew Observatory is the way in which the curves produced by the automatic instruments are used to obtain tables containing the numbers that represent the observations made. These numbers are obtained using a machine, the use of which is very simple, and which General Sabine entrusts to lower-ranking military officers. For more detailed information about this machine, as well as the magnetic instruments and photographic processes used at Kew Observatory, I believe it would be best to include, at the end of my report, a memorandum written by Mr Stewart about Kew Observatory, which he kindly gave to me².

Kew Observatory in the suburbs of London, which was perhaps the main destination of Donati's journey, was well known for its observation of terrestrial magnetism, meteorology and solar activity, and for its automatic recording devices. Geophysicist Edward Sabine (1788-1883), a British Army general in furlough, was the main promoter of the Observatory's activities. Contrary to Donati's claims, however, he was not its director. It was Balfour Stewart (1828-1887) who supervised the institute on behalf of the British Association for the Advance-

L'Osservatorio di Kew nei sobborghi di Londra, forse la meta principale del viaggio di Donati, era ben noto per la sua attività di osservazione del magnetismo terrestre, della meteorologia e dell'attività solare, e per i suoi apparecchi di registrazione automatici. Il geofisico Edward Sabine (1788-1883), generale dell'esercito inglese in aspettativa, era il principale promotore dell'attività dell'Osservatorio; contrariamente da quanto sostiene Donati, non ne era però il direttore: a sovrintendere l'istituto era Balfour Stewart (1828-1887), per conto della *British Association for the advancement of science*, che lo gestiva. Donati apprezzò particolarmente gli apparecchi costruiti da Patrick Adie (1821-1886), nei quali le variazioni temporali delle componenti del campo magnetico terrestre venivano registrate automaticamente grazie a fasci sottili di luce proiettati su una carta fotosensibile, montata su cilindri rotanti (Fig. 3); Donati li acquistò nel 1864 per l'Osservatorio di Firenze, e successivamente pensò di installarli nel nuovo Osservatorio di Arcetri; invece rimasero negli scantinati della Specola dove ancora funzionavano nel 1912, anche se in quella collocazione potevano allora misurare solo le perturbazioni prodotte dalle linee tranviarie vicine (Lo Surdo 1914).

Anche all'osservatorio di Greenwich, sotto la direzione del signor Glaisher, si fanno le osservazioni magnetiche per mezzo di apparecchi automatici e fotografici: in questo osservatorio è anzi applicata la fotografia anche al termometro ed al barometro. Il termometro è un termometro ordinario: la luce di una fiaccola di gas passa a traverso la canna di questo termometro in quella parte ove non arriva il mercurio, ed è intercettata da quella porzione di detta canna che è piena di mer-

ment of Science, which managed it. Donati particularly appreciated the devices built by Patrick Adie (1821-1886), in which time variations in the components of the Earth's magnetic field were automatically recorded using fine beams of light projected onto photosensitive paper mounted on rotating cylinders (Fig. 3); Donati purchased them in 1864 for the Observatory in Florence, subsequently planning to install them in the new Observatory in Arcetri; instead, they remained in the basement of the Specola, where, despite still being in operation in 1912, they were only able to measure the disturbance produced by the nearby tram lines (Lo Surdo 1914).

Also at Greenwich Observatory, which is directed by Mr Glaisher, magnetic observations are carried out using automatic and photographic equipment. Photography is also used for the thermometer and barometer at this observatory. The thermometer is an ordinary thermometer. The light from a gas torch passes through the tube of this thermometer into the part not reached by mercury and is intercepted by the portion of the tube filled with mercury. In this way, the image of the thermometric column is directly projected onto photographic paper. The configuration of the barometer differs from that described above for the thermometer, because experiments have shown that daily fluctuations in the height of the barometric column are too slight to obtain sufficiently clear curves with the aforementioned configuration. Hence, the barometer is configured as follows: on the cistern there is a float that rises and falls in relation to the rise and fall of the barometric column; this float is connected by a string to the end of a lever that forms a sort of balance with uneven arms. The end of the shorter arm is connected to the aforementioned string. At the end of the other, much longer arm there is a small hole

curio; così che sopra una carta fotografica si ha direttamente l'immagine della colonna termometrica. La disposizione del barometro differisce da quella ora descritta per il termometro; perché è stato sperimentato che le variazioni diurne dell'altezza della colonna barometrica sono troppo piccole, perché coll'accennata disposizione possano ottenersi delle curve bastantemente chiare. Il barometro è dunque disposto nel modo seguente: sul suo pozzetto vi è un galleggiante che

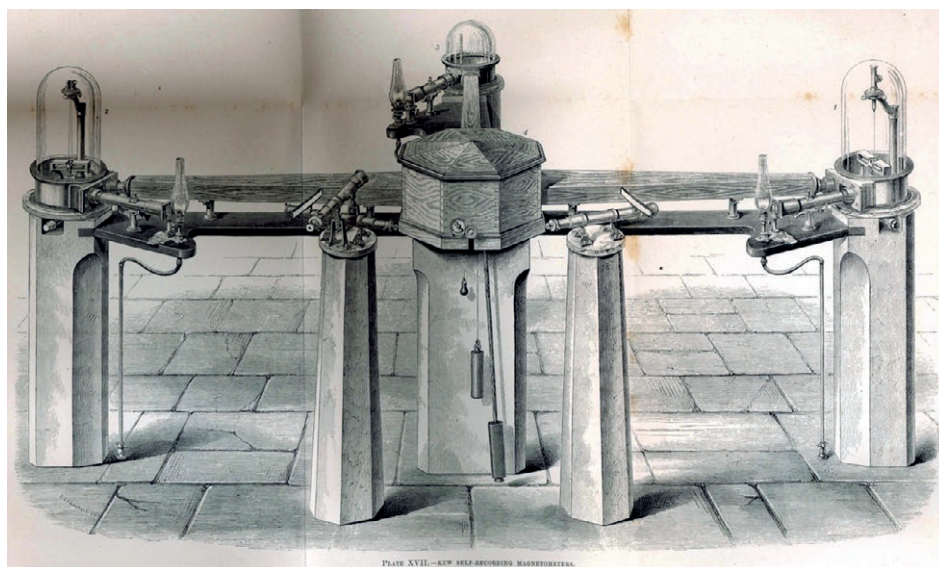


PLATE XVII.—Kew SELF-RECORDING MAGNETOMETER.

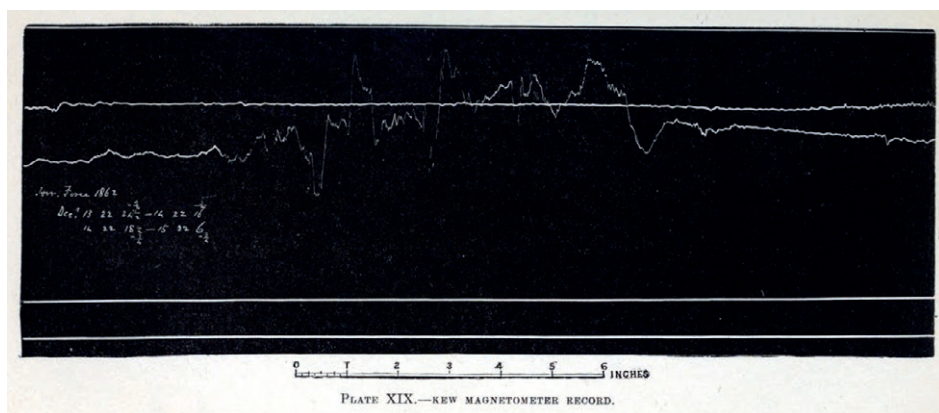


PLATE XIX.—KEW MAGNETOMETER RECORD.

Figura 3. In alto, vista schematica di un magnetografo di tipo Kew: le componenti del campo magnetico terrestre vengono osservate da tre strumenti, in cappe di vetro sotto vuoto, e registrate fotograficamente su cilindri ruotanti azionati da un moto ad orologeria, posti nella scatola centrale. In basso, fac-simile di una osservazione automatica col magnetografo (Gordon 1880).

Figure 3. Above, schematic view of a magnetograph of the type installed at Kew: the components of the Earth's magnetic field are observed by three instruments, in vacuum glass domes, and recorded photographically on clockwork rotating cylinders, placed in the central box. Below, facsimile of an automatic observation with the magnetograph (Gordon 1880).

si alza e si abbassa secondo che si abbassa o si alza la colonna barometrica: quel galleggiante è unito mediante una cordicella all'estremità di una leva che forma una specie di bilancia a braccia diseguali: il braccio più corto è quello che colla sua estremità è unito alla detta cordicella: all'estremità poi dell'altro braccio molto più lungo è praticato un piccolo foro, che, mediante l'anzidetta disposizione, si muove corrispondentemente alla colonna barometrica; e da quel piccolo foro passa la luce di una fiaccola di gas; la qual luce, proiettata sopra una carta fotografica avvolta ad un cilindro che si muove intorno al suo asse verticale, dà l'andamento dell'altezza del barometro.

È inutile che io mi trattenga a parlare della importanza astronomica dell'osservatorio di Greenwich, che è di troppo conosciuto. Solo dirò che il grande Equatoriale di questo osservatorio è mosso non già dalla forza di un peso, come si usa comunemente, ma sibbene dalla forza di un getto di acqua, e che è da notarsi il congegno mediante il quale il detto getto può regolarsi in modo da dare alla macchina un movimento uniforme. Questo grande Equatoriale è ora adoperato dal signor Airy per fare delle ricerche sulle strie degli spettri stellari, analogamente a quello che ho già fatto io, con i mezzi di cui potevo servirmi, all'osservatorio di Firenze.

Anche durante la visita all'Osservatorio di Greenwich la parte da leone è quella relativa al magnetismo e alla meteorologia, presentata all'ospite dal meteorologo James Glaisher (1809-1903): con metodi simili a quelli adoperati nell'Osservatorio di Kew, la registrazione fotografica delle letture veniva effettuata anche su termometri e barometri. L'astronomo reale George Biddell Airy (1801-1892) era

which, as a result of the aforementioned configuration, moves in relation to the barometric column. The light of a gas torch flows through that small hole and it is that light, projected into a piece of photographic paper wrapped around a cylinder that moves around its vertical axis, that indicates the trend in height of the barometer.

There is no point in dwelling on the astronomical importance of the Greenwich Observatory, which is too well known. I shall only say that the large equatorial telescope of this observatory is not moved by the force of a weight, as is commonly the case, but rather by the force of a jet of water, and that it is worth noting the device with which the jet can be adjusted to convey uniform movement to the machine. This large equatorial telescope is now used by Mr Airy to conduct research on the lines of stellar spectra, similarly to my own work, done with the resources available to me, at the Florence Observatory.

Also during the visit to Greenwich Observatory, the lion's share of the attention was paid to magnetism and meteorology, presented to the guest by meteorologist James Glaisher (1809-1903): using methods similar to those employed at Kew Observatory, photographic registration of readings was also carried out on thermometers and barometers. Royal Astronomer George Biddell Airy (1801-1892) was working on stellar spectroscopy at the time, a subject on which Donati had recently published his first results (Donati 1862b), but Airy used a large equatorial mount, rather than the makeshift equipment – including a 17th-century burning lens from the Medici collections – used by Donati. The clockwork mechanism used to follow the celestial vault is curious, as it uses a hydraulic motor instead of a weight.

invece in quel momento dedito alla spettroscopia stellare, su cui da poco Donati aveva pubblicato i suoi primi risultati (Donati 1862b): ma Airy adoperava un grande equatoriale, e non i mezzi di fortuna – come la seicentesca lente ustoria delle collezioni mediche – usati da Donati. Curioso il congegno ad orologeria adottato per l'inseguimento della volta celeste, con un organo motore idraulico invece di un peso.

Fino ad ora si facevano le fotografie del disco del sole all'osservatorio di Kew; ed alcune prove se ne vedono nel palazzo dell'esposizione universale. La immagine del sole di dette fotografie ha circa un decimetro di diametro, e le macchie solari si distinguono rettamente e sono perfettamente nel foco. Queste osservazioni fotografiche dell'osservatorio di Kew distoglievano però dalle osservazioni magnetiche, che sono lo scopo principale del detto osservatorio, e quindi è stato ultimamente convenuto che delle fotografie solari se ne occupi il signor Warren De La Rue nel suo osservatorio di Cranford, Middlesex presso Londra. Io andai quindi a visitare il detto osservatorio, e vidi minutamente tutti i lavori del signor De La Rue. Il quale mi accolse in un modo veramente cordiale, e di cui conserverò sempre una grata memoria. In casa del signor De La Rue combinai anche il signor Carrington, che tanto si è occupato delle macchie solari, sulle quali, ancora recentemente, ha scritto una lunga e dotta memoria che mi fece conoscere, ma che non è per anche pubblicata.

Il metodo che tiene il signor De La Rue per fare le sue fotografie solari, è presso a poco quello che io stesso avevo immaginato di adoperare all'osservatorio di Firenze.

Until now, photographs of the solar disk had been taken at Kew Observatory, and some examples can be seen at the Universal Exhibition building. The image of the sun in these photographs is about a decimetre in diameter, and the sunspots are clearly distinguishable and perfectly in focus. However, these photographic observations at Kew Observatory distracted from the magnetic observations, which are the main purpose of this observatory, and so it was recently agreed that Mr Warren De La Rue would be responsible for solar photography at his observatory in Cranford, Middlesex, near London. So I visited the observatory and saw all of Mr De La Rue's work in detail. He welcomed me in a most cordial manner, and I will always remember him fondly. At Mr De La Rue's house, I also met Mr Carrington, who has studied sunspots extensively and recently wrote a long and knowledgeable paper on the subject, which he showed me, but which has not yet been published.

The method used by Mr De La Rue to take his solar photographs is more or less the same as the one I had imagined using at the observatory in Florence.

The machine consists of a Newtonian telescope, on a parallactic mount, driven by a clock-work mechanism, to which, in order to make the motion more regular, a device similar to that used at the Greenwich Observatory is attached, although it works in a different way; but it is impossible for me to describe it here, even briefly. In order to take photographs of the sun, a special eyepiece made by Mr Dallmeyer (19 Bloomsbury Street, London) has been adapted to the telescope. I ordered a similar eyepiece from Mr Dallmeyer [John Henry Dallmeyer (1830-1883), author's note] for the apparatus to be used for taking photographs of the sun at Florence observatory.

La macchina consiste in un telescopio Newtoniano, montato parallatticamente, mosso da un meccanismo di orologeria, a cui, per rendere il moto più regolare, è unito un congegno che è simile a quello dell'osservatorio di Greenwich, qualunque agisca in un modo differente; ma è impossibile che io qui lo descriva anche sommariamente. Al detto telescopio vi è adattato, per avere le fotografie del sole, un oculare speciale costruito dal signor Dallmeyer (19 *Bloomsbury Street, London*). Io ordinai al signor Dallmeyer [John Henry Dallmeyer (1830-1883), N.d.A.] un oculare consimile per l'apparecchio che deve servire a fare le fotografie solari all'osservatorio di Firenze.

Figlio di un ricco tipografo, Warren De La Rue (1815-1885) fu astronomo per diletto e pioniere della fotografia solare, coltivata in collaborazione con gli altri studiosi del *Kew Observatory*. Donati fu invitato a visitare il suo osservatorio privato vicino a Londra, dove incontrò un altro astronomo dilettante, Richard Christopher Carrington (1826-1875), figlio a sua volta di un facoltoso produttore di birra. Carrington è famoso per i suoi studi sull'attività solare e per essere stato testimone nel 1859 di una delle più forti eruzioni solari mai registrate. Forse è qui che Donati iniziò a interessarsi alla *meteorologia cosmica*, ovvero all'influsso dell'attività solare sulle variazioni del magnetismo terrestre e sulle sue manifestazioni, come le aurore (e le interferenze sulle linee telegrafiche). Nel suo piccolo, già dal 1856 Donati aveva pensato ad uno strumento per la fotografia solare (Galli et al. 2013), per il quale comprò a Londra un accessorio. Purtroppo, nessuna traccia è rimasta di queste osservazioni a Firenze.

The son of a wealthy printer, Warren De La Rue (1815-1885) was an amateur astronomer and pioneer of solar photography, which he cultivated in collaboration with other scholars at Kew Observatory. Donati was invited to visit his private observatory near London, where he met another amateur astronomer, Richard Christopher Carrington (1826-1875), he himself the son of a wealthy brewer. Carrington is famous for his studies of solar activity and for witnessing one of the strongest solar flares ever recorded, in 1859. It was perhaps here that Donati began taking an interest in *cosmic meteorology*, that is, the influence of solar activity on changes in the Earth's magnetism and its manifestations, such as auroras (and interference with telegraph lines). In his own small way, Donati had already thought of an instrument for solar photography in 1856 (Galli et al. 2013), for which he bought an accessory in London. Unfortunately, no trace of these observations remains in Florence.

Mr Hind, who made famous with his discoveries Mr Bishop's observatory in Hyde Park, which has now been demolished, took me to see a new observatory that Mr Bishop's son had recently built on his estate near Twickenham. The ecliptic charts that Mr Hind had already begun in Bishop's old observatory will be completed in this observatory. I also visited the large lighthouse factory that Messrs Chance & Co. have near Birmingham in England and noted its smallest details. If we could manufacture such equipment for our seaports ourselves, without having to import it from abroad, there is no denying that this would be of great benefit to our country's internal economy. But perhaps the needs are too urgent to hope that they can be immediately satisfied with the means currently available in Italy.

Il signor Hind che illustrò colle sue scoperte l'osservatorio che il signor Bishop aveva nell'Hyde Park, il quale osservatorio ora è demolito, mi condusse a vedere un nuovo osservatorio che il figlio del signor Bishop ha fatto recentemente erigere nei suoi possessi presso Twickenham. In questo osservatorio si completeranno le carte eclittiche, che il signor Hind aveva già incominciato nell'antico osservatorio di Bishop. Andai anche a visitare, in Inghilterra, la gran fabbrica di fari che i signori Chance e comp., hanno presso Birmingham; e ne notai le più piccole particolarità. Se si potessero fra di noi eseguire per i nostri porti marittimi tali apparecchi, senza aver bisogno di farli venire dall'estero, non è da negarsi che grandissimo vantaggio ne verrebbe all'economia interna del nostro Stato. Ma forse i bisogni di questo sono troppo urgenti perché sia sperabile che possano subito essere soddisfatti coi mezzi che si possiedono attualmente in Italia.

Alla esposizione universale mi fermai più particolarmente ad ispezionare gli strumenti *filosofici*, i quali formano uno dei più splendidi ornamenti della esposizione stessa. Fra essi figurano particolarmente quelli costruiti dai signori Negretti e Zambra (*1 Hatton Garden, London*), i quali costruiscono una serie di apparecchi meteorologici, fra i quali raccomanderei in ispecial modo l'anemoscopio di Robinson, che registra automaticamente la velocità, la forza e la direzione del vento. Il prezzo di un tale apparecchio, compreso pure un pluviometro registratore è di lire ital. 3,000. Anche il termometro a massimo immaginato dai signori Negretti e Zambra merita una speciale considerazione.

At the Universal Exposition, I stopped more particularly to inspect the *philosophical* instruments, which are one of the most splendid ornaments of the exhibition. They include, in particular, those built by Messrs Negretti and Zambra (1 Hatton Garden, London), who manufacture a series of meteorological instruments, among which I would especially recommend Robinson's anemoscope, which automatically records the speed, strength and direction of the wind. The price of such an instrument, including a rain gauge and recorder, is 3,000 Italian lire. The maximum thermometer designed by Messrs Negretti and Zambra also deserves special consideration.

On another trip out of town, Donati visited another private observatory, built by wine magnate George Bishop (1785-1861) and transferred to his son's home after his death. He was accompanied by astronomer John Russell Hind (1823-1895), who had been its director for almost twenty years. A visit to the large glassworks Chance Brothers and C. took Donati further afield, a few miles from Birmingham: the company's products included glass for telescope lenses, but it was the lenses for lighthouses that caught the astronomer's attention. He also visited the Great London Exposition, open from May to November 1862, where Donati appreciated the meteorological instruments produced by the company founded by the Italian Enrico Angelo Ludovico Negretti (1818-1879) and the Anglo-Italian Joseph Warren Zambra (1822-1897).

From England, I moved to Brussels, where Mr Quetelet gave me a detailed tour of his astronomical and meteorological observatory. The meteorological instruments are almost all graphical, and the magnetic ones are observed directly every hour. Mr Quetelet gave me the report of the Meteorological Congress held in Brussels in 1853, which I think it is useful to include

In un'altra gita fuori porta, Donati visitò un ulteriore osservatorio privato, quello realizzato dal magnate della produzione vinicola George Bishop (1785-1861) e dopo la sua scomparsa trasferito nell'abitazione del figlio. Lo accompagnava l'astronomo John Russell Hind (1823-1895), che ne era direttore da quasi vent'anni. La visita della grande vetreria *Chance Brothers and C.* portò Donati più lontano, a poche miglia da Birmingham: fra i prodotti della ditta c'erano anche vetri per obbiettivi telescopici, ma furono le lenti per fari ad attirare l'attenzione dell'astronomo. Non mancò poi la visita alla *Great London Exposition*, aperta da maggio a novembre 1862, dove Donati apprezzò gli strumenti meteorologici prodotti dalla società fondata dall'italiano Enrico Angelo Ludovico Negretti (1818-1879) e dall'anglo-italiano Joseph Warren Zambra (1822-1897).

Dall'Inghilterra mi trasferii a Bruxelles ove il signor Quetelet mi fece visitare minutamente il suo osservatorio astronomico e meteorologico. Gli apparecchi meteorologici sono quasi tutti grafici, ed i magnetici vengono osservati direttamente ogni ora. Dal signor Quetelet ebbi la relazione del Congresso meteorologico che si tenne a Bruxelles nel 1853; la qual relazione credo utile di qui unire in fine, perché possa facilmente essere all'uopo consultata, sopra tutto per la parte meteorologica relativa alla marina.

Da Bruxelles mi recai a Leida, per visitarvi l'osservatorio nazionale dell'Olanda. E ne fui pienamente soddisfatto, poiché quell'osservatorio è da prendersi a modello sotto tutti i rapporti, sia per gli strumenti che per la costruzione del fabbricato. Il signor Kaiser che lo dirige vi coltiva, coll'aiuto dei suoi assistenti, quasi tutti i rami

here at the end, so that it can be easily consulted when necessary, especially the part relating to marine meteorology.

From Brussels I went to Leiden to visit the Dutch National Observatory. And I was completely satisfied, because that observatory is a model in every respect, both in terms of its instruments and the construction of the building. Mr Kaiser, who runs it, cultivates almost every branch of astronomy, including the part related to photography, with the help of his assistants.

From Leiden I went to Amsterdam to see the works used for the famous draining of Lake Harlem and the machines that are still in operation there. Without presuming to be an expert on the subject, I will just note in passing that I believe similar works could be carried out in many parts of Italy to profit from our marshy lands.

I then went to Utrecht, where the most important Dutch meteorological observatory is located. Mr Krecke, the director, kindly gave me a description of the observatory, which I am including here, although there have been significant improvements at Utrecht Observatory since this description was written. What I find particularly noteworthy is a device for measuring the distance of clouds. Every year, Utrecht observatory publishes major meteorological works, which Mr Krecke promised me he would send periodically to the museum in Florence. And here I must mention that similar offers were kindly made to me by the other directors of all the observatories that I visited. I also stopped at Bilk observatory near Dusseldorf, where Mr Luther has made many discoveries of small planets. And then I visited the famous observatory in Bonn, which is so magnificently directed by Mr Argelander. He made me particularly appreciate the merits of an instrument that Mr Schwerd [Friedrich Magnus Schwerd (1792-1871), author's note] in Speyer had built for celestial photometric observations.

dell'astronomia, non esclusa la parte che ha rapporto alla fotografia.

Da Leida andai ad Amsterdam, per vedere i lavori che servirono al famoso essiccamento del lago di Harlem, e le macchine che in questo luogo sono tuttora in azione: e senza presumere di essere intendente in tal materia, noterò solo incidentalmente che io credo che in molte parti d'Italia potrebbero farsi dei lavori consimili per trarre profitto dai nostri terreni paludosi.

Andai quindi ad Utrecht, ove è il principale osservatorio meteorologico dell'Olanda. Il signor Krecke che ne è il direttore mi favorì una descrizione del detto osservatorio; la quale qui unisco, quantunque dal tempo in cui la detta descrizione fu fatta fino ad ora, sieno stati introdotti nell'osservatorio di Utrecht dei grandissimi miglioramenti. Quello che mi pare degno particolarmente di nota è un apparecchio per misurare la distanza delle nubi.

Dall'osservatorio di Utrecht si pubblicano annualmente dei grandi lavori meteorologici, che il signor Krecke mi promise che avrebbe periodicamente inviati al museo di Firenze. E qui non posso tralasciare di dire che offerte consimili mi furono gentilmente fatte anche dagli altri direttori di tutti gli osservatorii che ho visitato. Mi fermai anche all'osservatorio di Bilk presso Dusseldorf, ove il signor Luther ha fatto tante scoperte di piccoli pianeti. E quindi visitai il celebre osservatorio di Bonn, che si stupendamente dirige il signor Argelander. Il quale mi fece particolarmente apprezzare i pregi di un apparecchio che il signor Schwerd [Friedrich Magnus Schwerd (1792-1871), N.d.A.] a Spire ha costruito per le osservazioni fotometriche celesti.

Finalmente mi trasferii a Berna, ove esiste un osservatorio meteorologico, diretto

Lastly, I travelled to Bern, where there is a meteorological observatory, managed by Professor Wild; he gave me the report prepared by the Meteorological Society established in Switzerland last year. The society's periodical publications will begin as soon as possible and will also be sent to the museum in Florence.

For his return journey, Donati chose a different route through Belgium, the Netherlands, Germany and Switzerland, with numerous daily stops, which allowed him to visit other observatories, establish new acquaintances, exchange publications and learn about different observation methods and technological innovations. Some observatories were more specifically astronomical, such as those in Leiden, Bilk (Düsseldorf) and Bonn, directed by Frederik Kaiser (1808-1872), Karl Theodor Robert Luther (1822-1900) and Friedrich Wilhelm August Argelander (1799-1875) respectively. Others were more devoted to meteorology, such as that in Brussels directed by Lambert Adolphe Jacques Quetelet (1796-1874), or those in Utrecht and Bern, directed respectively by Frederik Wilhelm Christiaan Krecke (1812-1882) and Heinrich von Wild (1833-1902), which were purely meteorological.

From everything I have had the opportunity to observe abroad, and from what I know of Italy, I can conclude that there is a great need of improvement in the astronomical observatories of our country, and that the measures proposed by the Commission appointed by Your Excellency are both fair and indispensable. As for meteorology, it seems to me that Italy already has sufficient resources to cultivate it, and that we need only re-organise them and establish some rules for the navy too, which, together with the permanent observatories, should contribute to

dal signor professore Wild; il quale mi dette il rapporto compilato dalla Società meteorologica che si istituì in Svizzera nell'anno scorso. Le pubblicazioni periodiche di questa società incominceranno quanto prima, e saranno anch'esse inviate al museo di Firenze.

Per la via del ritorno, Donati scelse un itinerario diverso attraverso Belgio, Olanda, Germania e Svizzera – costellato di numerose tappe giornalieri – che gli permise di visitare altri osservatori, stabilire nuove conoscenze e scambi di pubblicazioni e conoscere diversi metodi osservativi e ritrovati tecnologici. Alcuni osservatori erano più specificatamente astronomici, come quelli di Leida, Bilk (a Dusseldorf) e Bonn, diretti, rispettivamente, da Frederik Kaiser (1808-1872), Karl Theodor Robert Luther (1822-1900), e Friedrich Wilhelm August Argelander (1799-1875). Altri erano più dediti alla meteorologia, come quello di Bruxelles diretto da Lambert Adolphe Jacques Quetelet (1796-1874), o quelli prettamente meteorologici di Utrecht e Berna, diretti rispettivamente da Frederik Wilhelm Christiaan Krecke (1812-1882) e Heinrich von Wild (1833-1902).

Da tutto quello che ho avuto occasione di osservare all'estero, e da quanto conosco dell'Italia, io per parte mia ne concludo: che grandissimi sono i bisogni che presso di noi si hanno negli osservatorii astronomici, e che giuste ed indispensabili sono le misure che furono proposte dalla Commissione nominata dall'E.V. In quanto poi alla meteorologia, parmi che in Italia vi siano di già bastanti elementi per coltivarla, e solo si dovrebbero nuovamente ordinare, e dare alcune regole anche alla marina: che dovrebbe insieme agli osservatorii fissi contribuire alla pub-

the publication of meteorological annals, to be published by a central meteorological observatory, to be established in one of Italy's cities.

What I think we lack almost entirely are the magnetic observations carried out in that way that has become necessary if they are to be helpful to the progress of science. Observations of this kind carried out sporadically and interrupted during the night are practically useless nowadays. Magnetic variations, which were regarded as not subject to any regular law before 1840 and were attributed mainly to temperature, have been found, following the work of Gauss, Humboldt, Sabine, etc., to depend on a theory that is gradually being completed as more facts on which it can be based become available. But the more a theory is perfected, the more accurate the observations must be; consequently, magnetic observations must now be extremely precise. These can best be made with equipment that records the behaviour of magnetic elements by means of photography.

The annual cost for the photographic part can be calculated at about 990 Italian lire, and this equipment would not have to be part of all meteorological observatories, with just one Italian observatory being sufficient. In the other observatories, all the magnetic elements would have to be determined once a year, either with instruments belonging to the observatories or with instruments that could be sent as and when necessary from the central meteorological observatory to the various locations where they are required. I believe it is useful to attach to my report the instructions published by General Sabine for carrying out similar observations both on land and at sea. While I am of the opinion that the application of photography to magnetic instruments is indispensable, I believe that it is superfluous, or at least not at all necessary for meteorological instruments. When these are graphic and manufactured to the finest

blicazione di Annali meteorologici, da darsi alla luce per cura di un osservatorio meteorologico centrale, da stabilirsi in una delle città d'Italia.

Quello che manca quasi affatto tra di noi, mi paiono le osservazioni magnetiche condotte in quel modo che oramai è necessario, se vogliansi rendere utili all'avanzamento della scienza. Le osservazioni di questo genere fatte a salti ed interrotte durante la notte non servono oramai quasi a nulla. Le variazioni magnetiche che prima del 1840 erano considerate come non soggette ad alcuna legge regolare, e che si attribuivano per la massima parte alla temperatura, dopo i lavori di Gauss, di Humboldt, di Sabine, ecc. ecc., sono state trovate essere dipendenti da una teoria che progressivamente si completa a misura che crescono i fatti su cui essa può basarsi. Ma quanto più una teoria si perfeziona, tanto più è necessaria l'esattezza delle osservazioni; e quindi esattissime debbono oramai essere le osservazioni magnetiche. Le quali meglio non possono farsi che cogli apparecchi che registrano l'andamento degli elementi magnetici per mezzo della fotografia.

La spesa annua per la parte fotografica, può calcolarsi a circa 990 lire italiane, e tali apparecchi non dovrebbero far parte di tutti gli osservatorii meteorologici, ma un solo osservatorio basterebbe che ne fosse provvisto in tutta l'Italia. Negli altri osservatorii si dovrebbero determinare una volta all'anno tutti gli elementi magnetici, o con istrumenti appartenenti agli osservatorii stessi, e con istrumenti che dall'osservatorio meteorologico centrale potrebbero essere di quando in quando spediti nelle diverse località. Credo far cosa utile di unire in fine di questo mio rapporto le istruzioni che il general Sabine ha pubblicato per eseguire simili osservazioni tanto in terra che in mare. Mentre io sono di avviso che sia indispen-

specifications, they can fully serve their purpose.

Of all the locations I know in Italy, I believe that the best place to establish a complete magnetic observatory would perhaps be the garden of the Royal Museum in Florence. In this way, the place where the first meteorological instruments were invented and where the meteorological events of our atmosphere were studied for the first time, where, in short, the physical sciences were born, would once again become their main centre in Italy. And there can be nobody who doubts that many fruits can still be reaped from magnetic observations, for, as General Sabine rightly says, if we examine magnetic phenomena carefully, both as a whole and in their tiniest details, it is impossible not to foresee that we observe in them some cosmic relationship that is unknown for now, but which they will reveal to us.

The project, outlined here, for a central Italian magnetic and meteorological observatory, to be built in Florence on the model of the one at Kew, was then discussed more extensively in another report, drawn up together with a "Committee appointed to study the basis for a new system of meteorological and magnetic observations" set up together with Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1901), who had just become director of the Brera Astronomical Observatory in Milan at the end of summer 1862, and Giovanni Cantoni (1818-1897), professor of physics in Pavia (Donati, Schiaparelli & Cantoni 1862).

Before bringing my considerations to a close, I would like to tell Your Excellency about another matter that caught my attention during my journey.

At all the stations along the long railway lines I travelled on, I found that the clocks were gen-

sabile l'applicazione della fotografia agli apparecchi magnetici, credo che questa sia superflua, o almeno non affatto necessaria per gli apparecchi meteorologici. Quando questi siano grafici e costruiti secondo le migliori disposizioni, possono pienamente corrispondere al loro scopo.

Fra quante località io conosco in Italia, credo che la migliore sarebbe forse quella del giardino del regio museo di Firenze per stabilirvi un osservatorio magnetico completo. E così il luogo ove nacqero i primi strumenti meteorologici, ed ove furono per la prima volta studiate le vicende meteorologiche della nostra atmosfera; dove in somma ebbero culla le scienze fisiche, tornerebbe nuovamente ad essere, in Italia, la sede principale di queste. E che dalle osservazioni magnetiche molti frutti possano ancora raccogliersi, nessuno al certo vi sarà che ne dubiti; poiché, come giustamente dice il general Sabine, se noi esaminiamo attentamente i fenomeni magnetici, sia nel loro complesso, sia nei loro più piccoli particolari, è impossibile il non presagire che noi osserviamo in essi un qualche rapporto cosmico per ora sconosciuto, ma che essi serviranno a svelarci.

Il progetto, qui abbozzato, di un osservatorio magnetico e meteorologico centrale italiano, da farsi a Firenze sul modello di quello di Kew, venne poi discusso più estesamente in un'altra relazione, redatta insieme ad una "Giunta incaricata di studiare le basi di un nuovo ordinamento delle osservazioni meteorologiche e magnetiche" costituita insieme a Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1901), diventato direttore dell'Osservatorio astronomico di Brera a Milano proprio sul finire dell'estate 1862, e a Giovanni Cantoni (1818-1897), professore di fisica a Pavia (Donati, Schiaparelli & Cantoni 1862).

erally set to the time of the capital of the country to which the railway line belonged: and this is right, as it is essential for the service, of the railway and the telegraph, that the same time be considered at the same physical moment everywhere on the same line: for if the difference in longitude between the various stations were to be taken into account, the service would undoubtedly be confused and uncertain. However, within the cities and towns where the various stations are located, local time, i.e. the time that actually corresponds to that city or town, is considered; and this is also right, because there would be countless inconveniences if, for example, the clocks in a certain place showed midday when it was only eleven o'clock in that place. There is, therefore, a time difference between the clocks at stations and the clocks in the corresponding towns, and passengers, having no way of knowing this, often arrive at the station either too early or too late. In Italy, we do not yet have railways that are long enough for this to pose a significant problem, but I know that, in some towns, clocks are not set to the actual time in that town but to the time at the railway station instead; and in other towns, some clocks are set to one time and others to another time. Of course this leads to confusion, which the Government must remedy immediately, because if a standard is not established, such confusion will only increase with the expansion of our railway lines. I believe that the best way to overcome the aforementioned problems would be as follows. The same time, which will be that of the main city through which the line passes, or that of the capital, must be used along the whole length of the railway line. But in every city and town, local time will then have to be taken into account; as is not only logical, but necessary. However, in order for the inhabitants of the various towns and travellers to easily know the difference between the time of the railway and that of their respective stations, there should be two clocks, positioned side by

Prima di dar termine a queste mie considerazioni, mi permetterò di accennare all'E.V. anche un altro soggetto, al quale nel corso del mio viaggio mi venne fatto di rivolgere l'attenzione.

In tutte le stazioni delle lunghe vie ferrate che ho percorso, ho trovato in generale gli orologi regolati sul tempo della capitale dello Stato a cui la via ferrata apparteneva: ed una tal cosa è giusta essendo indispensabile per il servizio, e della via ferrata e del telegrafo, che sulla medesima linea si conti da per tutto il medesimo tempo nello stesso istante fisico: ché se si volesse tener conto della differenza di longitudine delle varie stazioni, il servizio sarebbe senza dubbio confuso ed incerto. Nell'interno delle città e dei paesi ove sono le varie stazioni si conta però il tempo *locale*, cioè il tempo che *realmente* corrisponde a quella città o paese; ed anche questa è una cosa giustissima, perché si andrebbe incontro ad una infinità di inconvenienti volendo che in un certo luogo gli orologi segnassero per esempio il mezzodì, quando per quel luogo non fossero che le *undici*. Esiste dunque una differenza di tempo fra gli orologi delle stazioni, e gli orologi dei paesi corrispondenti, e da una tal differenza nasce spessissimo l'inconveniente che i passeggeri, non avendo modo di conoscerla, vanno alla stazione o troppo presto, o troppo tardi. Noi in Italia non abbiamo, per ora, strade ferrate abbastanza lunghe, perché un tale inconveniente apparisca molto grande; ma pure so che in alcune città si pretende che gli orologi non siano regolati sul tempo che realmente si ha in quella città, ma sibbene sul tempo della stazione della via ferrata; ed in altre città, parte degli orologi sono regolati secondo un tempo, e parte secondo l'altro tempo. Da tutto questo nasce necessariamente una confusione, alla quale il Governo

side, in the main stations: one showing the time along the line and the other showing the time at the station. These combined clocks should be located both inside and outside the stations, and it should be clearly indicated which clock shows the time on the line and which shows the time at the station.

With this measure, I believe that the problems arising from the perception that time passes too slowly when using steam and the telegraph would be eliminated. This is because passengers would be able to understand the difference between railway time and the time of the places they pass through, and the inhabitants of the various towns would quickly learn the difference between the time in their town and the time at the station.

As early as 1860, when the provisional government of Tuscany had decided to switch from true time – measured with sundials – to mean time, Donati had advocated the use, alongside the mean time of Florence adopted by the railway and telegraphs, of local mean time for other civil uses in the various towns throughout the region. In Tuscany, with its many *bell towers* (i.e. localisms), the difference between standard time and local time, due to the difference in longitude, clearly did not cause too much concern! When a single time was adopted for the entire Italian railway network (Rome mean time, from 1866), several cities immediately adopted it as civil time, contrary to Donati's ideas. Florence, however, did not, maintaining its local time until 1878 (Bianchi 2019).

Everything that I have had the honour of expounding briefly to Your Excellency may not fully correspond to everything that may be asked of me; but I am aware that I have acquired much

deve fin d'ora mettere un riparo; perché se non si stabilisce una norma, una tal confusione si farà sempre grande coll'aumentare delle nostre linee ferrate. Il metodo che io crederei il migliore per ovviare agli anzidetti inconvenienti sarebbe il seguente. Lungo tutta la stessa strada ferrata si dovrà contare lo stesso tempo, che sarà quello della città principale per cui quella strada passa, o della capitale. Ma in ogni città e paese si dovrà poi contare il tempo *locale*; come è non solo logico, ma necessario di fare. Affinché però, e gli abitanti dei vari paesi, ed i viaggiatori possano facilmente sapere la differenza che passa fra il tempo della via ferrata, e quello dei rispettivi luoghi di stazione, bisognerebbe che, nelle stazioni principali, vi fossero due orologi, l'uno accanto all'altro: uno dei quali segnasse l'ora che si conta lungo la linea, e l'altro l'ora che si conta nel luogo della stazione: e tali orologi combinati dovrebbero essere tanto nell'interno che all'esterno delle dette stazioni; e bisognerebbe che fosse chiaramente indicato qual è l'orologio che segna il tempo della linea, e quale è quello che segna il tempo corrispondente al luogo di stazione.

Con questo provvedimento credo che sarebbero tolti gli inconvenienti, i quali derivano dal sembrare che il tempo scorra troppo lentamente quando si adopera il vapore ed il telegrafo. Perché per tal modo i passeggeri potrebbero conoscere la differenza che vi è fra il tempo della strada ferrata e quello dei luoghi pei quali passano: e gli abitanti dei vari paesi saprebbero ben presto a mente la differenza che passa fra il tempo del loro luogo e quello della stazione.

Già nel 1860, quando il Governo provvisorio toscano aveva stabilito di passa-

useful scientific knowledge during the journey that Your Excellency entrusted me to undertake; and therefore I feel it is my duty, in closing this report, to express my particular and most sincere thanks to Your Excellency.

I remain, Your Excellency's // Milan, 5 September 1862 // most humble and devoted servant

G. B. DONATI

Donati wrote the report upon his return to Italy, during his first week-long stay in Milan. The astronomer then travelled to Turin for three days, evidently to confer with Minister Matteucci, who was particularly interested in developments in meteorology. It was perhaps on this occasion that the "Giunta" was appointed, subsequently drafting the second report, dated 17/9/1862 (Donati et al. 1862), during the next week spent by Donati in Milan.

The travel expense report

From his departure for Turin to participate in the commission until his return from his trip to Europe, Donati's mission lasted a full 82 days. After finally arriving at Florence Observatory, on 22 September 1862 the astronomer sent the Ministry a note detailing the expenses incurred, from which all the stages of the trip can be deduced (Fig. 2; the sources used in this paragraph

re dal tempo vero – misurato con le meridiane – al tempo medio, Donati aveva caldeggiato l'utilizzo, accanto al tempo medio di Firenze adottato dalla ferrovia e dai telegrafi, del tempo medio locale per gli altri usi civili delle diverse località della regione. Nella Toscana dei tanti campanili, la differenza fra il tempo di riferimento e quello locale, dovuta alla differenza di longitudine, evidentemente non destava troppe preoccupazioni! Quando poi si adottò un unico tempo per tutta la rete ferroviaria italiana (il tempo medio di Roma, dal 1866) diverse città lo adottarono subito come tempo civile – contrariamente alle idee di Donati; non Firenze però, che mantenne il suo tempo locale fino al 1878 (Bianchi 2019).

Tutto ciò che ho avuto l'onore di esporre in un modo sommario all'E.V. non corrisponderà forse pienamente a tutto quello che può dimandarmisi; ma in ogni modo io ho la coscienza di avere acquistato molte utili cognizioni scientifiche nel viaggio che l'E.V. mi commise di fare; e quindi sento il dovere, nel chiudere questo mio rapporto, di esprimere all'E.V. i miei particolari e sincerissimi ringraziamenti.

Sono dell'E. V. // Milano, 5 settembre 1862 // Umil^{mo} dev^{mo} servo

G. B. DONATI

La relazione venne scritta da Donati al ritorno in Italia, in un primo soggiorno a Milano di una settimana. L'astronomo si recò poi a Torino per tre giorni, evidentemente per conferire con il Ministro Matteucci, interessato soprattutto agli sviluppi della meteorologia. Fu forse in questa occasione che venne nominata la

are referred to in note 1). The various expense items in the note relate to both stages of the journey and stays in certain places for several days. For each item, Donati indicated the total expense with no further details. The longest stays were in Turin, where he spent 17 days for the astronomers' meeting, Paris, 9 days, London, the scientific destination of the mission, 25 days, Milan, 15 days, punctuated by another 3-day visit to Turin. If we divide the total cost of each stay in these cities by its duration, we obtain exact averages of 14 lire per day in Milan and Turin, 20 lire in Paris and 30 in London. Instead, the items relating to the legs of the journey had to include both the travel between both ends of the leg and the stay at each destination.

In total, Donati had paid the sizable sum of 3100 lire out of his own pocket. This was a considerable sum of money at the time, not far off his annual salary as professor of astronomy at the Institute of Superior Studies in Florence (4,000 lire, plus an allowance of 400 lire for directing the Observatory; *Istituto di Studi Superiori* 1859). In today's terms it would be the equivalent of almost €17,600 in 2023 (according to the latest ISTAT money revaluation tables).

As today's scholars who travel on missions for their institutions are well aware, claims for the reimbursement of expenses sometimes hit a snag because they have not followed all the reporting rules imposed by the administration to the letter. We can therefore well imagine how Donati must have felt when he received the Ministry's reply on the 10th of October. First of all, the Secretary of Education, Francesco Brioschi (1824-1897), reminded Donati that, when he had been assigned the task of making the trip, the Ministry "had not concealed from you the limited means at its disposal to cover the necessary expenses". Then it requested a detailed ac-

“Giunta”, che poi redasse, nella successiva settimana di soggiorno milanese di Donati, la seconda relazione, datata 17/9/1862 (Donati et al. 1862).

La rendicontazione del viaggio

La missione di Donati, dalla partenza per Torino per partecipare alla commissione fino al ritorno dal viaggio in Europa, durò ben 82 giorni. Giunto finalmente in sede all'Osservatorio di Firenze, il 22 settembre 1862 l'astronomo inviò al Ministero la nota delle spese affrontate, dalla quale si ricavano tutte le tappe del viaggio (Fig. 2; le fonti utilizzate in questo paragrafo sono citate in nota 1). Le varie voci di spesa della nota sono relative sia a tappe di viaggio, sia a soggiorni in alcune località per più giorni. Per ogni voce, Donati forniva il totale della spesa senza ulteriori dettagli. Le permanenze di lunga durata sono quelle di Torino, 17 giorni per la riunione degli astronomi; Parigi, 9 giorni; Londra, meta scientifica della missione, 25 giorni; Milano, 15 giorni, inframezzati da una ulteriore visita a Torino di 3 giorni. Se si divide il costo totale di ciascun soggiorno in queste città per la sua durata, si ottengono medie esatte di 14 lire per ciascun giorno a Milano e Torino, 20 lire a Parigi e 30 a Londra. Le voci relative alle tappe di viaggio dovevano invece includere sia il viaggio fra gli estremi della tappa che il soggiorno in ciascuna destinazione.

In totale, Donati aveva anticipato di tasca propria una cifra considerevole, 3100 lire. Considerevole sia per l'epoca, visto che non era poi molto lontana dal

count of the expenses that represented “what you actually had to pay out of your own pocket on the aforementioned trip, which is all the more necessary since the Court of Auditors would never allow fixed daily allowances for each day that are not envisaged and determined by any of the regulations in force for this Ministry”.

Donati replied on the 14th of the same month, arguing that the expense claim submitted, but rejected by the Ministry, did in fact represent the expenses incurred, and that if a more detailed claim was required, he would certainly be able to provide one, even though it would be “too difficult and painful to distinguish in detail all the expenses of mere necessity and convenience that I incurred”. He therefore urged the Ministry to “at least inform me with some degree of accuracy of the rules I must follow in order to draw up another claim corresponding to what I should have spent, and not to what I did spend, which, as I have said, is precisely represented by the claim which I am submitting here”. However, the astronomer was keen to point out that he had travelled “in accordance with my usual habits” and without placing himself “in a position superior to my rank”, finally emphasising that his expenses were in line with the allowance granted to Italian commissioners at the London Exposition, who had received 2,000 lire from the same Ministry for a two-month stay without travel expenses. The Ministry's reply on the 23rd of October offered two solutions:

either to grant you a daily allowance of L. 14, as established by the regulations in force for members of the Superior Council of General Inspectors, plus reimbursement of transport costs; or to reimburse you for all travel and living expenses that you actually incurred.

suo stipendio annuale come titolare della cattedra di Astronomia dell'Istituto di Studi Superiori di Firenze (4000 lire, più un'indennità di 400 lire per la direzione dell'Osservatorio; *Istituto di Studi Superiori* 1859); che in termini attuali, essendo corrispondente a quasi 17600 € del 2023 (secondo le ultime tabelle ISTAT di rivalutazione del denaro).

Come ben sanno gli studiosi odierni che si recano in missione per il proprio istituto, a volte la richiesta di rimborso subisce qualche intoppo, per non aver seguito esattamente tutte le regole imposte dall'amministrazione per la rendicontazione. Possiamo quindi ben immaginare lo stato d'animo con cui Donati ricevette, il 10 ottobre successivo, la risposta del Ministero. Il segretario della Pubblica Istruzione Francesco Brioschi (1824-1897) per prima cosa ricordò a Donati che, al momento dell'incarico di effettuare il viaggio, il Ministero "non le dissimulava la esiguità di mezzi onde poteva disporre per coprire le spese occorrenti"; poi richiese una nota delle spese che rappresentasse "effettivamente ciò che Ella ebbe a sborsare del proprio nel preindicato viaggio, la qual cosa è tanto più doverosa dappoiché la Corte dei Conti non sarebbe mai per consentire a diarie fisse per ciascun giorno che non sarebbero prevedute e determinate da alcuno dei Regolamenti in vigore per questo Ministero".

Donati replicò, il 14 dello stesso mese, contestando che la nota spese presentata, ma respinta dal Ministero, rappresentava effettivamente le spese sostenute, e che se invece fosse stata richiesta una nota più particolareggiata, avrebbe senz'altro potuto farla, anche se sarebbe stato "di troppo difficile e penoso il distinguere minutamente tutte le spese di mera necessità e convenienza che mi sono occorse".

Evidently, the astronomer must have been partially familiar with the rules, given that his daily expenses for his stay in Italian cities amounted to exactly the amount specified in the daily allowance, while those for London were similar to the daily average granted to the commissioners of the Exposition. We can try to estimate the transport costs from the total amount for the various legs of the journey, at approximately 1,700 lire. At that time, a first-class rail ticket from Milan to Turin cost about 15 lire, while the Turin-Paris leg cost about 100 lire (Fabi 1861); these figures correspond to about 60% and 80% of the expenses indicated by Donati for the two stages. It could therefore be assumed that transport costs accounted for roughly 70% of the total cost of the journey, although this is probably an overestimate: the routes indicated led to places where Donati had stayed for a long time; on the other hand, many other daily routes – those on the return journey from London – must also have included the cost of accommodation in the total cost, covered by the daily allowance. The amount approved by the Ministry in the first solution, therefore, including the daily allowance for the 82 days of the mission and transport costs only, would have been equivalent to a maximum of approximately 2,300 lire.

Unfortunately, the documentation preserved ends with this last reply from the Ministry, and we do not know which solution Donati accepted: whether to provide the detailed note and obtain the full amount declared of 3,100 lire, if possible; or to accept the reimbursement of daily allowances and transport, losing at least 800 lire. Even today, daily allowances are often insufficient to cover all the expenses incurred during a work mission, so reporting generally involves a detailed list of all expenses, complete with receipts and invoices. Donati, on

Quindi esortava il Ministero a fargli “almeno conoscere con una certa esattezza le norme su cui devo regolarmi per fare io stesso un'altra Nota che corrisponda a ciò che avrei dovuto spendere, e non a ciò che ho speso, che, come ho detto, è precisamente rappresentata dalla Nota che qui rinvio”. Comunque l'astronomo teneva a precisare che aveva viaggiato “secondo le mie consuetudini” e comunque senza essersi messo “in una posizione superiore al mio grado”, facendo infine notare che le sue spese erano congrue con l'indennità concessa ai commissari italiani all'Esposizione di Londra, che per due mesi di permanenza e senza spese di viaggio avevano ricevuto 2000 lire dallo stesso Ministero. La risposta del Ministero del 23 ottobre successivo offrì due soluzioni:

o tenerle assegnata una diaria di L. 14 al giorno, siccome stabiliscono le discipline vigenti pei membri del Consiglio superiore pegl'Ispettori Generali, oltre al rimborso delle spese di trasporto;

o invece rimborsarle tutte le spese sia di viaggio e sia di mantenimento, che in effetto Ella ebbe ad incontrare.

Evidentemente l'astronomo doveva conoscere in parte le regole, visto che le spese giornaliere per la permanenza nelle città italiane ammontavano esattamente a quanto previsto dalla diaria indicata, mentre quelle per Londra erano simili alla media giornaliera concessa ai commissari dell'Esposizione. Possiamo provare a stimare le spese di trasporto dalla cifra totale delle varie tappe di trasferimento, circa 1700 lire. A quell'epoca un biglietto ferroviario di prima classe Milano-Torino costava circa 15 lire, mentre per la tratta Torino-Parigi ne occorre-

the other hand, who on several occasions during his career had shown himself to be reluctant to comply with regulations, may even have agreed to accept the loss: as he wrote to the Ministry on 14 October 1862, “I will gladly make such a sacrifice, as I feel that the journey I have undertaken has been of the utmost benefit to me, and I will therefore always be personally grateful to Your Excellency. [...]”

Notes

- 1 He was assigned the mandate in a letter from the Ministry of Education, dated Turin 18/7/1862 (Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Miscellaneous Papers, 298/134), signed by the Secretary General Francesco Brioschi (1824-1897). The other documents relating to the report on the mission are: *expense claim* of G. B. Donati, Florence, 22/9/1862 (BNCF C.V. 325, 89); letter from Brioschi to Donati, Turin, 10/10/1862 (BNCF C.V. 298, 135); draft from Donati to the Ministry, Florence 14/10/1862 (INAF Archive-Arcetri, Donati fund, series 2, file 1); letter from Brioschi to Donati, Turin, 23/10/1862 (ibidem).
- 2 Here and on four other occasions, Donati refers to publications annexed to the report submitted to the Ministry, but no details are given either in the printed version of the report and in its manuscript (kept together with the *expense claim*, see note 1).

circa 100 (Fabi 1861); queste cifre corrispondono al 60 e all'80% circa delle spese indicate da Donati per le due tappe. Si potrebbe quindi assumere che le spese di trasporto siano grossomodo il 70% del totale delle tappe, anche se probabilmente si tratta di una sovrastima: le tratte indicate conducevano infatti a località dove Donati aveva soggiornato a lungo; invece, molte altre tratte giornaliere – quelle del ritorno da Londra – dovevano anche includere nel costo totale la spesa per il pernottamento, coperta dalla diaria. La cifra ammessa dal Ministero nella prima soluzione, quindi, includendo la diaria per gli 82 giorni di missione e le sole spese di trasporto, sarebbe stata equivalente ad un massimo di circa 2300 lire.

Purtroppo la documentazione conservata si ferma a quest'ultima risposta del Ministero e non sappiamo che soluzione accettò Donati, se fornire la nota dettagliata e ottenere tutta la cifra dichiarata di 3100 lire, sempre che fosse stato possibile; oppure accettare il rimborso di diaria e trasporti, perdendo almeno 800 lire. Anche oggi le diarie sono spesso insufficienti a coprire tutte le spese occorse durante una missione di lavoro, per cui in genere la rendicontazione comporta un elenco dettagliato, con tanto di ricevute e scontrini, di tutte le spese. Donati invece, che in diverse occasioni durante la sua carriera si era mostrato refrattario ai vincoli dei regolamenti, potrebbe anche aver accettato di rimmetterci: come aveva scritto al Ministero il 14/10/1862 “farò volentieri un tal sacrificio, in quanto che sento la massima utilità che per me stesso è derivata dall'intrapreso viaggio, e quindi sarò sempre grato personalmente all'E.V. [...]”

Bibliography

- Bianchi, S., Galli, D. (2014). Il riordino degli Osservatori astronomici all'indomani dell'unità d'Italia. *Giornale di Astronomia*, 40:4, pp. 35-44.
- Bianchi, S. (2017). L'“Istituto Elettrico” nel “Podere della Cappella”, *Il Colle di Galileo*, 6:2, pp. 15-31.
- Bianchi, S. (2019). Il segnale orario a Firenze, *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 74:1, pp. 61-89.
- Donati, G. B. (1862). Rapporto a S. E. il ministro della pubblica istruzione relativo al riordinamento degli osservatorii astronomici e meteorologici in Italia. *Rivista italiana di scienze, lettere ed arti colle effemeridi della pubblica istruzione*, 3:105, 22/9/1862, pp. 1701-4.
- Donati, G. B. (1862b). *Memorie astronomiche estratte dagli Annali del R. museo fiorentino*. Cellini, Firenze.
- Donati, G. B., Schiaparelli, G. V., Cantoni, G. (1862). Relazione della Giunta incaricata di studiare le basi di un nuovo ordinamento delle osservazioni meteorologiche e magnetiche, *Rivista italiana di scienze, lettere ed arti colle effemeridi della pubblica istruzione*, 3:107, 6/10/1862, pp. 1736-9.
- Fabi, M. (1861). Viaggio in Italia: nuovissima guida descrittiva storico-statistica, coll'indicazione delle poste, strade ferrate, battelli a vapore, diligenze, ecc., ecc. *Ed. X totalmente rifiuta*. Civelli, Milano.

Note

- ¹ L'incarico fu conferito con lettera del Ministero della Pubblica Istruzione, datata Torino 18/7/1862 (Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, Carteggi Vari, 298/134), firmata dal segretario generale Francesco Brioschi (1824-1897). Gli altri documenti relativi alla rendicontazione della missione sono: *nota delle spese* di G. B. Donati, Firenze, 22/9/1862 (BNCF C.V. 325, 89); lettera di Brioschi a Donati, Torino, 10/10/1862 (BNCF C.V. 298, 135); minuta di Donati al Ministero, Firenze 14/10/1862 (Archivio INAF-Arcetri, fondo Donati, serie 2, fascicolo 1); lettera di Brioschi a Donati, Torino, 23/10/1862 (ibidem).
- ² Qui e in altre quattro occasioni Donati fa riferimento a pubblicazioni allegate alla relazione consegnata al Ministero, di cui però non è data alcuna specifica, né nel testo stampato, né nel manoscritto della relazione (conservato insieme alla *nota delle spese*, cit. nota 1).

Bibliografia

- Bianchi, S., Galli, D. (2014). Il riordino degli Osservatori astronomici all'indomani dell'unità d'Italia. *Giornale di Astronomia*, 40:4, pp. 35-44.
- Bianchi, S. (2017). L'“Istituto Elettrico” nel “Podere della Cappella”, *Il Colle di Galileo*, 6:2, pp. 15-31.
- Bianchi, S. (2019). Il segnale orario a Firenze, *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 74:1, pp. 61-89.

- Galli D., Gasperini A., Bianchi S. (2013). Dalla meccanica celeste alla spettroscopia stellare. Corrispondenza tra Giovanni Battista Donati e Ottaviano Fabrizio Mossotti, *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 68:1, pp. 15-84.
- Gordon, J. E. H. (1880). *A physical treatise on Electricity and Magnetism: Volume I*. Sampson Low, Marston, Searle & Rivington, London .
- Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento in Firenze*, 1859, Stamperia Reale, Firenze.
- Lo Surdo, A. (1914). I magnetografi modello Kew e le perturbazioni magnetiche del tranvai, in *Annuario del R. Osservatorio del Museo in Firenze - 1911*, Mariano Ricci, Firenze, pp. 29-31.

- Donati, G. B. (1862). Rapporto a S. E. il ministro della pubblica istruzione relativo al riordinamento degli osservatorii astronomici e meteorologici in Italia. *Rivista italiana di scienze, lettere ed arti colle effemeridi della pubblica istruzione*, 3:105, 22/9/1862, pp. 1701-4.
- Donati, G. B. (1862b). *Memorie astronomiche estratte dagli Annali del R. museo fiorentino*. Cellini, Firenze.
- Donati, G. B., Schiaparelli, G. V., Cantoni, G. (1862). Relazione della Giunta incaricata di studiare le basi di un nuovo ordinamento delle osservazioni meteorologiche e magnetiche, *Rivista italiana di scienze, lettere ed arti colle effemeridi della pubblica istruzione*, 3:107, 6/10/1862, pp. 1736-9.
- Fabi, M. (1861). Viaggio in Italia: nuovissima guida descrittiva storico-statistica, coll'indicazione delle poste, strade ferrate, battelli a vapore, diligenze, ecc., ecc. *Ed. X totalmente rifusa*. Civelli, Milano.
- Galli D., Gasperini A., Bianchi S. (2013). Dalla meccanica celeste alla spettroscopia stellare. Corrispondenza tra Giovanni Battista Donati e Ottaviano Fabrizio Mossotti, *Atti della Fondazione Giorgio Ronchi*, 68:1, pp. 15-84.
- Gordon, J. E. H. (1880). *A physical treatise on Electricity and Magnetism: Volume I*. Sampson Low, Marston, Searle & Rivington, London .
Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento in Firenze, 1859, Stamperia Reale, Firenze.
- Lo Surdo, A. (1914). I magnetografi modello Kew e le perturbazioni magnetiche del tranvai, in *Annuario del R. Osservatorio del Museo in Firenze - 1911*, Mariano Ricci, Firenze, pp. 29-31.

SPETTRA 2025

Pietro Bolli

Scientific Organizing Committee:

- Pietro Bolli (INAF Arcetri Astrophysical Observatory)
- Gianfranco Brunetti (INAF Institute of Radio Astronomy, Bologna)
- Gianni Comoretto (INAF Arcetri Astrophysical Observatory)
- Simone Esposito (INAF Arcetri Astrophysical Observatory)
- Federica Govoni (INAF Astronomical Observatory of Cagliari)
- Renzo Nesti (INAF Arcetri Astrophysical Observatory)
- Federico Perini (INAF Institute of Radio Astronomy, Bologna)
- Sergio Poppi (INAF Astronomical Observatory of Cagliari)
- Simona Righini (INAF Institute of Radio Astronomy, Bologna)

The first SPETTRA summer school, SPETTRA being the acronym of *SPECIALIZED Training in Technologies for Radio Astronomy*, took place at the INAF Radioastronomical Station of Medicina (Bologna) from the 15th to the 19th of September 2025.

The school was organized by the Italian National Institute for Astrophysics (INAF) as part of a collaboration between the Astrophysical Observatory of Arcetri, the Astronomical Observatory of Cagliari and the Institute of Radio Astronomy of Bologna. The event was also supported by Commission J (Radio Astronomy) of the Italian National Committee of the International Union of Radio Sciences (URSI).

SPETTRA was dedicated to the memory of Gianni Tofani (1938-2015), a leading figure at Arcetri Astrophysical Observatory with his fundamental contribution to the development of Italian radio astronomy. Gianni Tofani's technological and scientific production ranges from the development of radio telescopes for the observation of solar activity, in the 1960s, to the creation of the reflector antennas in Medicina, Noto and the Sardinia Radio Telescope (SRT).

The school was made possible by the generous financial support of a group of friends of G. Tofani, coordinated by Alberto Pecci, and it continued the 'Gianni Tofani' Award series (2022 and 2023 editions), maintaining the original spirit but proposing a new format.

The aim of the school was to train and attract brilliant young astronomers and technologists into cutting-edge radio astronomy technologies, offering them hands-on experience in a dynamic research environment. The program offered a unique blend of theoretical learning and practical laboratory applications.



The lectures were given by more than twenty researchers and technologists, mostly affiliated with INAF. The program started with a more science-oriented introduction to the fundamentals of radio astronomy and then followed the entire receiving chain of a radio telescope, from the antenna to the cryogenic front-end receivers and finally to the digital acquisition and data reduction systems. Besides the hardware, the software used to control and monitor the operation of the radio telescope was presented, as along with all the activities necessary to the success of scientific observation (calibration, pointing, focusing etc). Along with the single-dish method, participants were trained in the interferometer technique, which allows a significant increase in angular resolution. The program ended with a description of project management and system engineering, both of which are key disciplines in complex projects today, and with a perspective on future technologies for radio astronomy. Students were also made aware of the protection of radio astronomy frequency bands against man-made radio frequency signals.

Besides theoretical lectures, the characteristics of several national and international radio telescopes (Sardinia Radio Telescope, Atacama Large Millimeter/submillimeter Array, Square Kilometer Array, Low Frequency Aperture Array, Meerkat) were presented, providing insights into real observing radio facilities. The choice of these radio telescopes also made it possible to cover different technologies implemented in radio astronomy, from low (tens of MHz, LOFAR and SKA-Low) to high frequencies (hundreds of GHz, ALMA).

Lastly, INAF tutors organized laboratory sessions on topics that are common experimental activities conducted for developing radio astronomical instrumentations: *i)* RF characterization of microwave components; *ii)* introduction to electromagnetic numerical simulations using commercial software applications; *iii)* Radio Frequency over Fiber technology; *iv)* Radio Frequency Interference monitoring; *v)* setup strategies for computational analysis of monitoring data.

The school was attended by 30 students from various Italian universities, along with a representative group of international students. The gender balance of the students was good: 44% female / 56% male. Despite the wide diversity in student backgrounds (from astrophysics to engineering) and age (from bachelor's students to post-doc), a survey conducted at the end of the week showed a very high level of satisfaction with the effectiveness of the school. Another positive aspect was that students and lecturers stayed in the same hotel, allowing pleasant and ongoing exchanges that transcended the formality of lectures alone.

One of the most touching moments of SPETTRA was the memorial ceremony for Gianni Tofani. In the presence of Annamaria Petrioli Tofani and Paola and Alberto Pecci, several of Tofani's former collaborators shared heartfelt memories of his many contributions to radio astronomy.

In conclusion, SPETTRA was a new initiative proposed by INAF aimed at training excellence in the Italian scientific landscape. Its main aim was to provide a select group of young researchers and students with theoretical insights

and practical experience in radio astronomy technologies. The aim was to advance their expertise in the field, representing a strategic investment in the next generation of researchers and technologists. Positioning itself as a link between basic research and practical application, the SPETTRA school was a key event in the context of INAF's educational mission, embracing both Italian observational infrastructures and major international collaborations.



Figure 1. SPETTRA group photo with donors, organizers, lecturers and students during the memorial ceremony for Gianni Tofani at the “Marcello Ceccarelli” Medicina Radio Telescope Visitor Center. Credits: S. Righini (INAF-IRA).



66th National Congress of the Italian Astronomical Society: A bridge between past and future

Giovanni Sabatini, Antonella Gasperini

Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) - Osservatorio astrofisico di Arcetri,
Florence, Italy

Abstract. The 66th National Congress of the Italian Astronomical Society (SAIt) was held at Palazzo Affari in Florence from the 3rd to the 6th of June. The event was a valuable opportunity for the Italian astronomical community to connect, share recent research and discuss the past, present and future of astrophysics in Italy.

Keywords: astronomy, astrophysics, space missions, technology, telescopes.

This year, the 66th National Congress of the Italian Astronomical Society (SAIt) was held at Palazzo Affari, in the heart of the city of Florence, from the 3rd to the 6th of June. The Congress, which represents the annual meeting of the Italian astronomical community, serves as a fundamental forum for discussing the main advancements in national astronomical and astrophysical research and future perspectives in the field.

Entitled “From the Solar System to the Deep Universe: From Project to Project, a Relay to the Future”, the event celebrated the crucial scientific contributions of missions with major involvement from the Italian astronomical community that have recently been completed or are nearing the end of their observational phase, such as INTEGRAL and the GAIA. At the same time, the congress highlighted the progress anticipated in all fields of astrophysics, both scientifically and technologically, thanks to a new generation of space missions and ground-based projects, including Euclid, Ariel, Plato, Juice, Bepi Colombo, LSST, ELT, SKA, CTA and ET.

Over 140 astronomers from the National Institute for Astrophysics (INAF) and several Italian universities gathered for the event. Its central goal was to foster discussion and collaboration among scientists from different fields and generations. The congress was also attended by INAF governance, including President Prof. Roberto Ragazzoni and Governing Board members. A session was also dedicated to the teaching of astronomy, a non-curricular subject in the Italian educational system, characterized by its high level of interdisciplinary content and its strong cultural and educational value. Topics concerning public engagement and the enhancement of historical astronomical heritage were also thoroughly explored.

The annual Members' Assembly and the traditional SAIt awards ceremony were held during the three days in Florence. The XX Edition of the Pietro Tacchini Award was granted to Dr. Massimiliano Parente for his Ph.D. thesis, "*Dust in hydrodynamical and semi-analytic galaxy evolution simulation*". He was recognized for the originality of his work and his personal contribution to the development of dust models in simulations. A special mention went to Dr. Federico Esposito for his thesis, "*Impact of active galactic nuclei on the molecular gas: a radiative and kinematic perspective*", in recognition of his significant contribution to AGN line emission models and the richness of his multiband analysis. The IX Edition of the Giuseppe Lorenzoni Award was won by Dr. Andrea Botteon for his work, "*Magnetic fields and relativistic electrons fill entire galaxy cluster*" published in Science Advances in 2022 (<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abq7623>). This work was cited for its significant contribution to the study of the non-thermal component associated with the intracluster medium in galaxy clusters. An honorable mention also went to Dr. Michele Fiori for his work "*Modelling the gamma-ray pulsar wind nebulae population in our galaxy*" published in Monthly Notices of the Royal Astronomical Society in March 2022 (<https://academic.oup.com/mnras/article/511/1/1439/6501213>). The SAIt recognized his detailed and realistic modeling as a solid foundation for interpreting current and future data in the high-energy and very-high-energy bands. There was no winner for the VII Edition of the Guido Horn D'Arturo Award in 2025.

The 66th National Congress of the SAIt was a vibrant event which, while being rich in contributions, awards and social events, still succeeded in keeping the attention focused firmly on the future of Italian astronomical research. To mark the Congress, the Arcetri Astrophysical Observatory hosted a public event with astrophysicist Patrizia Caraveo, President of the Italian Astronomical Society, entitled "*L'assalto dello spazio*".

You can relive the entire event by consulting Volume 3/2025 of the Video Memorie della SAIt: <https://www.memsait.it/videomemorie/SAIT%20LXVI%20Congresso-3-2025.php>.



Figure 1. Ceremonial Photo of the 66th National Congress of the Italian Astronomical Society, in Florence (3-6 June 2025).



Hunting for binary stars and exotic stellar populations in star clusters and beyond

Sara Saracino, Nicoletta Sanna, Elena Pancino
INAF-OAA, Italy

Abstract. The first edition of a three-day workshop dedicated entirely to binary systems in star clusters and beyond was held at the Department of Physics and Astronomy of the University of Florence. The goal of the workshop, organized as part of the ERC-funded StarDance project, led by Dr. Pancino, was to bring together experts in simulations of detailed binary evolution and population synthesis codes, asteroseismologists and observers of binary stars in different environments (e.g., open vs globular clusters) to share ideas, discuss current results and build new collaborations that can help us take the field a step further.

Keywords: binaries, star clusters, stellar rotation, exotic stellar populations (blue stragglers stars, blue lurkers).

Binary stars have long served as fundamental astrophysical laboratories, providing some of the few direct means to measure stellar masses and distances. These systems are fundamental for calibrating models of stellar evolution and have become key to understanding the diverse and exotic stellar populations observed in clusters. Their relevance extends to the final stages of stellar evolution and to unveiling hidden populations of compact objects – black holes, neutron stars, pulsars and white dwarfs. In the age of gravitational-wave astrophysics, binary stars have taken center stage, as mergers of compact remnants such as black holes and neutron stars are now being observed directly. Moreover, understanding binary evolution remains crucial for studying Type Ia supernovae, which continue to serve as standard candles for probing the distant universe.

In recent years, advances in large-scale spectroscopic, photometric, astrometric and asteroseismic surveys – such as *Gaia*, *Kepler*, *APOGEE* and *LAMOST* – have dramatically expanded the number of known and well-characterized binary systems. Yet our understanding of binaries remains far from complete. Despite their remarkable precision, even space-based missions like *Gaia* face limitations when it comes to identifying and characterizing binaries in dense stellar environments, such as globular and massive young clusters. In this context, instruments like MUSE at the ESO Very Large Telescope have demonstrated the potential of integral field spectroscopy to overcome these challenges, delivering unprecedented datasets that are reshaping our understanding of binary populations in crowded regions.

At the same time, innovative and underexplored strategies are emerging. These include the application of machine learning techniques to large survey catalogs and archival spectra, as well as the use of indirect diagnostics like signatures of stellar interaction and chromospheric activity to uncover new binary candidates.

On the theoretical side, a new generation of public codes for modeling the evolution of binary systems – ranging from population synthesis tools like *SEVN* to detailed stellar evolution frameworks such as *MESA* – is transforming the field. However, despite their sophistication, these models still rely on significant approximations, the effects of which are not yet fully understood. Progress in this area depends critically on assembling large, homogeneous samples of well-characterized binaries against which theoretical predictions can be rigorously tested.

The conference gathered 45 participants from around the world, with a strong representation from Europe (33 participants) and a significant presence from other continents, including North America (5), South America (4), Australia (2) and Asia (1). The meeting featured ten invited speakers and its format was designed to promote collaboration and discussion: each invited participant was encouraged to bring one or two collaborators, with whom they shared a 45-minute slot. The slot was divided into 20 minutes of scientific presentation and 25 minutes of guided discussion, allowing a dynamic exchange of ideas and perspectives. This interactive format proved extremely successful, fostering open dialogue and active participation from all attendees.

Every day ended with a focused discussion session, dedicated alternately to observations, theoretical modeling, and the potential synergies between the two. These sessions encouraged cross-disciplinary engagement, identified key challenges in connecting data and models, and laid the foundations for future collaborations and coordinated efforts.

The workshop website is available at the following link: <https://sites.google.com/inaf.it/binariesworkshop2025/home-page?authuser=0> while presentations and posters can be found in the “StarDance - Binaries Workshop 2025” community created in Zenodo: https://zenodo.org/communities/stardance_binaries25/about. A group picture is shown in Figure 1.

This event received funding from INAF and from the ERC-funded project StarDance (PI. Pancino).



Figure 1. Group picture with all the participants at the Workshop.



Il Colle di
Galileo

Cosmic Duets: il primo campione statistico di dual e lensed AGN

Cosmic Duets: the first statistical sample of dual and lensed AGN

Martina Scialpi

Università di Firenze, via G. Sansone 1, 50019 Sesto F.no, Firenze, Italy

INAF – Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Largo E. Fermi 5, 50125, Firenze, Italy

Università di Trento, Via Sommarive 14, I-38123 Trento, Italy

Sommario. Il progetto *Cosmic Duets* sfrutta l'elevata risoluzione angolare di Gaia per selezionare AGN multipli e combina spettroscopia a bassa e alta risoluzione spaziale per distinguere sistemi di buchi neri supermassicci doppi da quelli lensati gravitazionalmente, con separazioni sub-arcsec. Un *Large Program* di 138 ore con MUSE al VLT consentirà di osservare 150 sistemi per misurare masse, luminosità e separazioni dei buchi neri doppi, stimare la *dual fraction* e fornire vincoli osservativi sul tasso di eventi di onde gravitazionali che ci aspettiamo di detectare con la missione spaziale LISA. Inoltre, i sistemi lensati osservati in questo programma permetteranno di studiare in dettaglio la struttura interna delle galassie lente, vincolare la distribuzione di materia barionica e oscura e stimare la funzione iniziale di massa stellare.

Parole chiave: astronomia extragalattica, nuclei galattici attivi, spettroscopia, onde gravitazionali, lensing gravitazionale.

Lo studio dei sistemi binari di buchi neri supermassicci ha assunto un ruolo centrale per comprendere l'evoluzione delle galassie e la produzione di onde gra-

Abstract. The *Cosmic Duets* project exploits Gaia's high angular resolution to select multiple AGN and combines low and high spatial resolution spectroscopy to distinguish dual AGN from those that are gravitationally lensed, with sub-arcsec separations. A *Large Program* of 138 hours with MUSE at the VLT will allow the observation of 150 systems to measure the masses, luminosities and separations of merging black holes, estimate the dual fraction and provide observational constraints on the rate of gravitational wave events anticipated with the LISA space mission. The lensed systems observed in this programme will also allow the detailed study of the internal structure of lens galaxies, constrain the distribution of baryonic and dark matter, and estimate the initial stellar mass function.

Keywords: extragalactic astronomy, active galactic nuclei, spectroscopy, gravitational waves, gravitational lensing.

vitazionali. In questo contesto si è sviluppato *Cosmic Duets*, un programma osservativo che utilizza diversi telescopi e strumenti spettroscopici per identificare e caratterizzare in modo sistematico e statistico dual e lensed Active Galactic Nuclei (AGN) nell'intervallo di redshift $0.5 < z < 3.0$.

Secondo il modello cosmologico Λ CDM, le galassie si formano ed evolvono attraverso fusioni gerarchiche: sistemi più piccoli si combinano per generare strutture più massicce, modificandone morfologia, formazione stellare e composizione chimica. Al centro di ogni galassia risiede un buco nero supermassiccio che si alimenta tramite accrescimento di gas. Quando due galassie si fondono, i rispettivi buchi neri entrano in orbita reciproca fino alla coalescenza, emettendo onde gravitazionali. Se entrambi sono attivi, il sistema prende il nome di dual AGN nel caso di separazioni dell'ordine del kiloparsec o di un binary AGN in caso di separazioni dell'ordine del parsec. Questi sistemi rappresentano tra le principali sorgenti di onde gravitazionali a bassa frequenza, rilevabili dagli esperimenti Pulsar Timing Arrays (PTA) e, in futuro, dalla missione spaziale Laser Interferometer Space Antenna (LISA).

La selezione dei candidati avviene mediante il metodo Gaia Multi Peak (GMP), sviluppato per sfruttare l'elevata risoluzione angolare del satellite Gaia. Questa tecnica consente di identificare componenti multiple come picchi distinti nel profilo di luce, individuando sistemi con separazioni comprese tra $0.1''$ e $0.7''$. Tali sistemi possono corrispondere a dual AGN, a immagini multiple di un singolo AGN lensato gravitazionalmente, oppure ad allineamenti casuali tra un AGN e una stella.

Gli allineamenti casuali tra un AGN e una stella rappresentano casi di con-

The study of dual Active Galactic Nuclei (AGN) has taken on a central role in understanding the evolution of galaxies and the production of gravitational waves. This is the context in which *Cosmic Duets*, an observational program that uses various telescopes and spectroscopic instruments to systematically and statistically identify and characterise dual and lensed AGN in the redshift range $0.5 < z < 3.0$, was developed.

According to the Λ CDM cosmological model, galaxies form and evolve by means of hierarchical mergers: smaller systems combine to generate more massive structures, altering their morphology, stellar formation and chemical composition. At the centre of every galaxy there is a supermassive black hole that feeds on gas accretion and mergers with other black holes. When two galaxies merge, their respective black holes enter into mutual orbit until they coalesce, emitting gravitational waves. If both are active, the system manifests itself as a dual AGN for separations within the range of kiloparsecs or as a binary AGN for separations within the range of parsecs. These systems are the parent population of the main sources of low-frequency gravitational waves, detectable by Pulsar Timing Array (PTA) experiments and, in the future, by the Laser Interferometer Space Antenna (LISA) space mission.

Candidates are selected using the Gaia Multi Peak (GMP) method, developed to exploit the high angular resolution of the Gaia satellite. This technique allows the identification of multiple components as distinct peaks in the light profile, detecting systems with separations between $0.1''$ and $0.7''$. Such systems may correspond to dual AGN, multiple images of a single gravitationally lensed AGN, or random alignments between an AGN and a star.

taminazione che devono essere accuratamente identificati ed esclusi dall'analisi, mentre i sistemi lensati costituiscono, al contrario, un'importante opportunità scientifica. Il lensing gravitazionale, previsto dalla relatività generale, agisce amplificando e distorcendo la luce della sorgente di fondo, e permette così di indagare in dettaglio la struttura interna delle galassie lente, soprattutto se le separazioni delle immagini sono così piccole ($<0.7''$). Attraverso queste osservazioni è possibile misurare con elevata precisione la massa racchiusa entro il raggio di Einstein, stimare il rapporto massa-luminosità e derivare la funzione iniziale di massa stellare (IMF), fornendo vincoli stringenti sulla distribuzione della materia barionica e oscura. Inoltre, lo studio statistico di un campione ampio di sistemi lensati consente di esplorare l'evoluzione delle proprietà delle galassie lente con il redshift, contribuendo a una migliore comprensione della formazione e crescita delle strutture nell'universo.

Osservazioni e risultati

Il progetto combina due fasi principali: una fase di spettroscopia non risolta spazialmente, necessaria per determinare redshift e identificare contaminanti stellari, e una seconda fase di spettroscopia ad alta risoluzione spaziale per caratterizzare in dettaglio le componenti multiple.

La prima fase ha impiegato circa 500 ore di tempo osservativo presso il Telescopio Nazionale Galileo (TNG) alle Isole Canarie con lo spettrografo DOLO-

Random alignments between an AGN and a star represent cases of contamination that must be carefully identified and excluded from the analysis, while lensed systems, on the other hand, constitute an important scientific opportunity.

Gravitational lensing, predicted by general relativity, amplifies and distorts the light from the background source, allowing us to investigate the internal structure of lens galaxies in detail, especially when the image separations are so small ($<0.7''$). Via these observations, it is possible to very accurately measure the mass enclosed within Einstein's radius, estimate the mass-luminosity ratio, and deduce the initial stellar mass function (IMF), providing stringent constraints on the distribution of baryonic and dark matter. Moreover, the statistical study of a broad sample of lensed systems allows us to explore the evolution of the properties of lens galaxies with redshift, contributing to a better understanding of the formation and growth of structures in the universe.

Observations and results

The project combines two main phases: a spatially unresolved spectroscopy phase, which is necessary to determine redshift and identify stellar contaminants, and a second phase of high spatial resolution spectroscopy to characterise the multiple components in detail.

The first phase took approximately 500 hours of observation time at the Galileo National Telescope (TNG) in the Canary Islands using the DOLORES spectrograph, the New Technology

RES, il New Technology Telescope (NTT) a La Silla con EFOSC2 e il Very Large Telescope (VLT) a Paranal con FORS2. Queste osservazioni hanno permesso di costruire un catalogo di oltre 600 AGN multipli e di selezionare i candidati prioritari per follow-up ad alta risoluzione. Grazie a questo ampio campione e alla copertura in redshift, stiamo stimando la dual fraction, ovvero la frazione di AGN doppi rispetto agli AGN singoli in funzione del redshift. Questo parametro osservativo è fondamentale per quantificare la frequenza delle fusioni tra galassie e buchi neri supermassicci nel tempo cosmico e per confrontare direttamente i risultati con modelli teorici e simulazioni cosmologiche.

La seconda fase si avvale di strumenti ad alta risoluzione spaziale per distinguere tra sistemi doppi e lensati. Tre lavori scientifici hanno presentato il campione più esteso finora pubblicato di AGN multipli a separazioni sub-arcsec (Scialpi et al. 2024; Ciurlo et al. 2023; Mannucci et al. 2023). A supporto di questa attività è stato ottenuto un Large Program di 138 ore con MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer), lo spettrografo a campo integrale del VLT, che consentirà di osservare 150 sistemi con ottica adattiva. Le differenze in redshift, flusso, profili di riga e la presenza di linee di assorbimento strette in uno solo degli spettri costituiscono una firma osservativa chiave per identificare veri sistemi doppi rispetto a immagini multiple prodotte da lenti gravitazionali. Circa un quarto del campione è già stato osservato, con il completamento previsto entro il 2027 (in Figura 1 sono mostrati esempi di dati ottenuti con MUSE).

Telescope (NTT) in La Silla with EFOSC2, and the Very Large Telescope (VLT) in Paranal with FORS2. These observations have made it possible to build a catalogue of over 600 multiple AGN and to select priority candidates for high-resolution follow-up. Thanks to this large sample and redshift coverage, we are estimating the dual fraction, the fraction of dual AGN compared to single AGN in relation to redshift. This observational parameter is fundamental for quantifying the frequency of mergers between galaxies and supermassive black holes in cosmic time and for directly comparing the results with theoretical models and cosmological simulations.

The second phase uses high spatial resolution instruments to distinguish between double and lensed systems. Four scientific papers have presented the most extensive sample of multiple AGN at sub-arcsec separations published to 2024 ; Mannucci et al. 2022, Ciurlo et al. 2023; Mannucci et al. 2023, Scialpi et al. 2024). To support this activity, a Large Program of 138 hours was obtained with MUSE (Multi Unit Spectroscopic Explorer), the VLT's integral field spectrograph, which will allow the observation of 150 systems with adaptive optics. Differences in redshift, flux, line profiles, and the presence of narrow absorption lines in only one of the spectra are a key observational signature for identifying true double systems as opposed to multiple images produced by gravitational lenses. About a quarter of the sample has already been observed, with completion expected by 2027. Figure 1 shows examples of data obtained with MUSE, and the first-year data from the observations can be found in Scialpi et al. (2025).

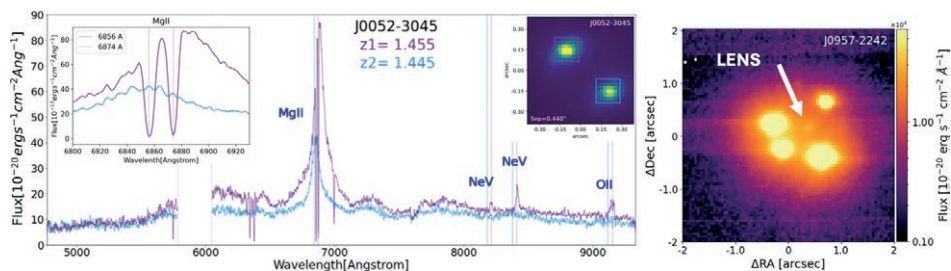


Figura 1. Dati ottenuti con MUSE/VLT. A sinistra: immagine composta di J0052-3045, risultante dalla somma di tutte le lunghezze d'onda, con sovrapposte le aperture quadrate utilizzate per estrarre gli spettri delle due componenti, come indicato nella mappa (Scialpi et al. 2024). A destra: configurazione quadrupla di un AGN lensed, con la galassia lente visibile al centro, osservata nel Large Program MUSE.

Figure 1. Data obtained with MUSE/VLT. Left: composite image of J0052-3045, resulting from the sum of all wavelengths, with the square apertures used to extract the spectra of the two components superimposed, as indicated on the map (Scialpi et al. 2024). Right: quadruple configuration of a lensed AGN, with the lens galaxy visible in the centre, observed in the Large MUSE Programme (Scialpi et al. 2025).

Prospettive

L'obiettivo principale del progetto *Cosmic Duets* è quantificare con precisione le proprietà fisiche e statistiche della popolazione di dual AGN. Tra i parametri analizzati figurano le masse dei buchi neri, le luminosità bolometriche, i rapporti di Eddington, le separazioni spaziali tra le componenti e la loro distribuzione in funzione del redshift. Un aspetto cruciale è la misura della dual fraction, ovvero la frazione di dual AGN rispetto agli AGN singoli al variare del redshift, che

Prospects

The main aim of the *Cosmic Duets* project is to accurately quantify the physical and statistical properties of the dual AGN population. The parameters analysed include black hole masses, bolometric luminosities, Eddington ratios, spatial separations between components as well as their distribution as a function of redshift. A key aspect is the measurement of the dual fraction, i.e. the fraction of dual AGN compared to single AGN, which constitutes a direct observational constraint on theoretical models of supermassive black hole coalescence, with current predictions differing by up to two orders of magnitude.

These data offer a robust observational reference for estimating the rates of gravitational wave events resulting from the merger of supermassive black holes and for directly comparing observations with cosmological simulations, improving our understanding of galactic evolution and black holes growth. In this context, the *Cosmic Duets* project represents a strategic and innovative step in the scientific preparation of the LISA (Laser Interferometer Space Antenna) space mission.

The results are essential for interpreting gravitational wave sources from supermassive black hole mergers, refining mission predictions, and expanding our knowledge of the most extreme dynamics in the universe.

At the same time, the study of lensed systems allows extremely accurate measurements of the mass inside the Einstein radius and detailed characterisation of the distribution of dark

costituisce un vincolo osservativo diretto per i modelli teorici di coalescenza di buchi neri supermassicci, i quali attualmente presentano previsioni che differiscono fino a due ordini di grandezza.

Questi dati forniscono un riferimento osservativo solido per stimare i tassi di eventi di onde gravitazionali derivanti dalla fusione di buchi neri supermassicci e per confrontare direttamente le osservazioni con modelli teorici e simulazioni cosmologiche, migliorando la nostra comprensione dell'evoluzione galattica e della crescita dei buchi neri. In questo contesto, il progetto *Cosmic Duets* rappresenta un tassello strategico e innovativo nella preparazione scientifica della missione spaziale LISA (*Laser Interferometer Space Antenna*). I risultati ottenuti sono infatti fondamentali per l'interpretazione delle sorgenti di onde gravitazionali prodotte dalla fusione di buchi neri supermassicci, consentendo di raffinare le previsioni scientifiche della missione e di ampliare le nostre conoscenze sulle dinamiche più estreme dell'universo.

Parallelamente, lo studio dei sistemi lensati consente di ottenere misure estremamente accurate della massa racchiusa entro il raggio di Einstein e di caratterizzare in dettaglio la distribuzione della materia oscura e barionica nelle galassie lente. L'analisi di questi sistemi offre inoltre un'opportunità unica per investigare la funzione iniziale di massa stellare delle galassie, un parametro fondamentale per comprendere i processi di formazione ed evoluzione stellare in ambienti cosmologici differenti.

and baryonic matter in lens galaxies. The analysis of these systems also offers a unique opportunity to investigate the initial stellar mass function of galaxies, a key parameter for understanding the processes of star formation and evolution in different cosmological environments.

I am a third-year PhD student in astrophysics at the University of Florence, in collaboration with Arcetri Astrophysical Observatory, as part of the *Space Science and Technology* PhD programme at the University of Trento. I work mainly on the identification and characterisation of dual and lensed AGN systems, with the aim of studying the evolution of supermassive black holes and their host galaxies. I have experience in analysing optical and near-infrared spectroscopic data, and in managing large astronomical catalogues. I have also coordinated several observational proposals as Principal Investigator, including a Large Program at the Very Large Telescope.

Sono una dottoranda al terzo anno in astrofisica presso l'Università di Firenze, in collaborazione con l'Osservatorio Astrofisico di Arcetri, nell'ambito del corso di dottorato *Space Science and Technology* dell'Università di Trento. Mi occupo principalmente dell'identificazione e caratterizzazione di sistemi di AGN doppi e lensati, con l'obiettivo di studiare l'evoluzione dei buchi neri supermassicci e delle loro galassie ospiti. Ho esperienza nell'analisi di dati spettroscopici ottici e nel vicino infrarosso, oltre che nella gestione di grandi cataloghi astronomici. Ho inoltre coordinato diverse proposte osservative come Principal Investigator, incluso un Large Program al Very Large Telescope.



Il Colle di
Galileo

La fisica per la formazione dei docenti della scuola primaria e secondaria

Physics for the training of primary and secondary school teachers

Samuele Straulino

Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze, Italy

samuele.straulino@unifi.it

Introduzione

La formazione dei docenti in Italia è affidata, da oltre due decenni, a percorsi universitari specifici e riguarda, con modalità diverse, gli insegnanti che si rivolgono alla fascia di età 3-19, (scuola dell'infanzia, scuola primaria e scuola secondaria di primo e di secondo grado). Infatti, allo stato attuale, tutte le tipologie di istruzione prevedono un percorso formativo per l'insegnamento, che include vari aspetti fondamentali per il futuro docente: la didattica disciplinare, il tirocinio, la didattica trasversale (aperta a molteplici contributi provenienti dalle discipline pedagogiche, psicologiche, antropologiche, dalla normativa, dall'area linguistica e digitale). Una scrupolosa formazione dei docenti, sia dal punto di vista disciplinare che didattico, è ritenuta fondamentale per migliorare la qualità dell'istruzione, su cui le indagini a larga scala evidenziano aspetti di difficoltà per l'ambito scientifico [1].

Introduction

For over two decades, teacher training in Italy has been entrusted to specific university courses and, in different ways, it is aimed at teachers who work with children and teenagers between the ages of 3 and 19 (pre-school, primary school and lower and upper secondary school). As things stand, all types of education require a teacher training course, which covers various fundamental aspects for future teachers: teaching of the specific subject, internships, cross-curricular teaching (open to multiple contributions from the fields of pedagogy, psychology, anthropology, legislation, linguistics and digital technology). Thorough training of teachers, both from a subject-based and teaching point of view, is considered essential for improving the quality of education, which large-scale surveys highlight as an area of difficulty in the scientific field [1].

The first two levels of education follow a standard curriculum and are covered by the five-year single-cycle degree course in Primary Education Sciences (SFP), which includes the sub-

Per i primi due livelli di istruzione, il percorso formativo è comune e si realizza all'interno del corso di laurea quinquennale a ciclo unico di *Scienze della formazione primaria* (SFP), che comprende le discipline e le modalità formative appena descritte, abilitando direttamente alla docenza. In Italia tale corso di laurea è stato attivato per la prima volta nell'anno accademico 1998/99, a pochi mesi dal decreto istitutivo (decreto MURST 26 maggio 1998).

Per i due livelli scolastici successivi, è necessario conseguire una laurea magistrale di indirizzo e proseguire la formazione con specifici corsi abilitanti. Questa tipologia di percorsi formativi è stata avviata nel 1999 con la SSIS (Scuola di Specializzazione all'Insegnamento Secondario) e, dopo un iter faticoso, caratterizzato dalla sospensione della SSIS, sostituita da altre proposte poi rapidamente abbandonate, è ripartita nel 2024 con il Percorso Formativo da 60 CFU (PF60), che è ormai giunto al III ciclo.

L'esperienza didattica svolta in ambito SFP, SSIS e PF60 in tanti atenei italiani negli ultimi 25 anni si interseca con la ricerca didattica in fisica e la arricchisce con nuovi spunti di riflessione [2-7]. I percorsi formativi per i docenti sono ormai una realtà consolidata e strutturata, con molti aspetti che è importante valorizzare e condividere.

La formazione dei docenti della Scuola dell'infanzia e primaria

Molte ricerche pedagogiche [8] hanno messo in evidenza che lo studio delle scienze fornisce al bambino strumenti che contribuiscono a sviluppare le sue ca-

jects and teaching methods described above and leads directly to a teaching qualification. This degree course was first launched in Italy in the 1998/99 academic year, a few months after the decree establishing it (MURST decree of 26 May 1998).

In order to teach the next two school levels, it is necessary to obtain a master's degree in the specific subject and continue training with specific qualifying courses. This type of training programme was launched in 1999 with the SSIS (School of Specialisation in Secondary Education) and, after a difficult evolution, characterised by the suspension of the SSIS, replaced by other proposals that were quickly abandoned, it resumed in 2024 with the 60-credit Training Programme (PF60), which is now in its third cycle.

The teaching experience gained in the SFP, SSIS and PF60 programmes in numerous Italian universities over the last 25 years intersects with educational research in physics and enriches it with new stimuli [2-7]. Teacher training courses are now a well-established and structured practice, with many aspects that it is important to promote and share.

Training for pre-school and primary school teachers

Many pedagogical studies [8] have shown that the study of science equips children with tools that help them develop their ability to critically interpret the world around them. At both pre-school and primary school level, children's exploration and curiosity are the driving forces behind any scientific activity. Italian schools today are keen to promote an experience-

pacità di interpretare criticamente il mondo circostante. Sia alla scuola dell'infanzia che alla primaria, l'esplorazione e la curiosità del bambino rappresentano le spinte propulsive per qualunque attività in ambito scientifico. Oggi la scuola italiana è attenta a valorizzare un atteggiamento didattico in ambito scientifico basato sull'esperienza, che si può individuare in forma embrionale anche in alcuni programmi di impostazione positivista di fine Ottocento [9].

Nell'ambito delle scienze, in particolare per la parte collegata alla Fisica, anche gli esperimenti più semplici possono rappresentare importanti conquiste conoscitive per i bambini. Gli insegnanti devono saper progettare percorsi curricolari interdisciplinari, definendo gli obiettivi e organizzando le risorse per conseguire il risultato. La progettazione deve anche prevedere una rimodulazione del percorso, secondo le esigenze che si presentano in corso d'opera e tenendo conto delle difficoltà degli alunni.

Dall'istituzione del corso di laurea di SFP, in Italia si è assistito alla rinascita di un interesse per la didattica delle scienze nell'ambito della scuola dell'infanzia e primaria, cioè per la fascia di età 3-11 [3,6,7]. Il Decreto Ministeriale n. 249 (2010), successivo all'istituzione del corso di laurea, ha definito le modalità del percorso formativo con un apposito regolamento [10]. Vi si legge:

I laureati nel corso di laurea magistrale [Scienze della formazione primaria] devono aver acquisito solide conoscenze nei diversi ambiti disciplinari oggetto di insegnamento e la capacità di proporle nel modo più adeguato al livello scolastico, all'età e alla cultura di appartenenza degli allievi con cui entreranno in contatto.

based approach to teaching science, which can also be found in embryonic form in some late 19th-century positivist programmes [9].

In the field of science, particularly the part linked to physics, even the simplest experiments can represent important cognitive achievements for children. Teachers must be able to plan cross-subject curricula, setting goals and organising resources to achieve results. The plan must also allow the remodelling of the course, based on the needs that arise during the course and taking into account the difficulties of the pupils.

Since the SFP degree course was established, Italy has seen a resurgence of interest in the teaching of science in pre-school and primary schools, for the 3-11 age group [3,6,7]. Ministerial Decree no. 249 (2010), following the establishment of the degree course, defined the training programme with specific regulations [10]. It states:

Graduates of the Master's degree programme [Primary Education Sciences] must have acquired solid knowledge in the various subject matters taught and the ability to present them in the most appropriate way for the school level, age and culture of the pupils they come into contact with. To this end, the knowledge acquired by future teachers in the various subject matters must be closely linked, right from the start of their training, to their ability to manage the class and plan the educational and teaching programme. They must also possess knowledge and skills that enable them to assist in the educational integration of children with special needs.

Certain basic elements of knowledge that graduates in Primary Education Sciences must possess are also specified. For Physics, these include:

A questo scopo è necessario che le conoscenze acquisite dai futuri docenti nei diversi campi disciplinari siano fin dall'inizio del percorso strettamente connesse con le capacità di gestire la classe e di progettare il percorso educativo e didattico. Inoltre essi dovranno possedere conoscenze e capacità che li mettano in grado di aiutare l'integrazione scolastica di bambini con bisogni speciali.

Vengono precisate anche alcune conoscenze disciplinari di base che il laureato in Scienze della Formazione Primaria deve possedere. Per la Fisica vengono riportati:

misure e unità di misura; densità e principio di Archimede; la composizione atomica dei materiali; elementi di meccanica e meccanica celeste e astronomia; elementi di elettrostatica e circuiti elettrici; il calore e la temperatura; fenomenologie di termodinamica; il suono.

Viene inoltre precisato che nei CFU degli insegnamenti disciplinari deve essere compresa una parte di didattica della disciplina e si richiede che i docenti tengano conto di entrambi gli ordini di scuola per i quali la laurea è abilitante.

Il percorso formativo per gli insegnanti della scuola primaria è stato messo in atto nelle università italiane negli ultimi 25 anni e adesso è possibile un primo bilancio del livello raggiunto e delle difficoltà incontrate. La sensazione è che, nonostante alcune criticità, si sia raggiunto un buon livello di riferimento. Le Indicazioni Nazionali del 2007 [11], 2012 [12] e 2018 [13] hanno contribuito indirettamente a definire il profilo professionale atteso per il docente della scuola dell'infanzia e della scuola primaria.

measurements and units of measurement; density and Archimedes' principle; the atomic composition of materials; elements of mechanics, celestial mechanics and astronomy; elements of electrostatics and electrical circuits; heat and temperature; thermodynamic phenomena; sound.

It is also specified that the University credits for teaching subjects must include teaching methodology, and teachers are required to take into account both school levels for which the degree qualifies them to teach.

The training programme for primary school teachers has been implemented in Italian universities over the last 25 years and it is now possible to take stock of the level reached and the difficulties encountered. The feeling is that, despite some critical issues, a good reference level has been reached. The National Guidelines issued in 2007 [11], 2012 [12] and 2018 [13] contributed indirectly to defining the professional profile expected of nursery and primary school teachers.

Teaching Physics in this context presents significant challenges for university lecturers. It involves introducing physics to students who tend, on average, to show little interest in the subject. Furthermore, some students feel uncomfortable with mathematics and physics and mention the fact that had difficulty in these subjects at school. As a result, they struggle to understand what they are studying and are unable to objectively assess their own skills.

However, teaching practice shows that students who attend classes regularly (sadly, less than half of those enrolled) end up becoming passionate about the subject. They understand

L'insegnamento della Fisica in questo contesto presenta sfide significative per i docenti universitari. Si tratta infatti di introdurre la fisica a studenti che, in media, non manifestano un interesse particolare per la disciplina. Inoltre, alcuni studenti provano un senso di disagio nei confronti della matematica e della fisica e descrivono un percorso scolastico difficile in queste materie. Ne consegue che faticano a comprendere ciò che stanno studiando e non riescono a valutare in modo obiettivo le proprie competenze.

La pratica didattica dimostra, tuttavia, che gli studenti che seguono regolarmente le lezioni – purtroppo meno della metà degli iscritti – finiscono per appassionarsi alla materia. Comprendono che la fisica è una disciplina profondamente connessa alla vita quotidiana, in quanto fornisce una descrizione della realtà che ci circonda.

Anche a causa dell'elevato numero di iscritti (370 al primo anno all'Università di Firenze), le lezioni frontali rappresentano la metodologia prevalente, pur con numerosi accorgimenti volti a favorire la partecipazione attiva degli studenti.

A partire dall'Anno Accademico 2025/26, l'insegnamento è stato sdoppiato, con l'assegnazione di due docenti titolari. In ogni lezione, i docenti presentano in aula un esperimento dimostrativo e lo discutono insieme alla classe. Inoltre, gli studenti sono coinvolti nella risoluzione di esercizi e nell'esecuzione degli esperimenti. I docenti esaminano inoltre con gli studenti possibili percorsi didattici sugli argomenti trattati, sia in riferimento alla scuola dell'infanzia che alla scuola primaria.

Le difficoltà incontrate dagli studenti riguardano diversi aspetti, tra cui, principalmente, la formalizzazione matematica (*translating words into written symbols*

that physics is a discipline that is closely linked to everyday life, as it provides a description of the reality that surrounds us.

Due partly to the high number of students enrolled (370 in the first year at the University of Florence), lectures are the predominant teaching method, with numerous measures in place to encourage active student participation.

As of the 2025/26 academic year, the course has been split into two, with two full professors assigned to teach it. Each lesson consists in the demonstration of an experiment by the lecturers, which is then discussed with the class. Students are also involved in solving exercises and carrying out experiments. The lecturers and students examine possible teaching paths on the topics covered, both in relation to pre-school and primary school.

The difficulties encountered by students concern various aspects, including, primarily, mathematical formalisation (translating words into written symbols and written symbols into words [14]), the correct use of language in the description – however elementary – of a physical phenomenon, the ability to grasp the link between the phenomena studied and physical reality and, consequently, the ability to recognise the high educational value of studying physics.

Attendance of the physics laboratory associated with the course is compulsory. It involves two experiments, which future teachers will be able to repeat in a variety of ways and with different levels of complexity, starting with the most basic. These experiments involve measuring the density of evenly and unevenly shaped solid bodies and testing the properties of the pendulum as a means of measuring time. In the first experiment, students are intro-

and written symbols into words [14]), l'uso corretto del linguaggio nella descrizione – anche elementare – di un fenomeno fisico, la capacità di cogliere il legame tra i fenomeni studiati e la realtà fisica e, conseguentemente, l'abilità di riconoscere l'elevato valore didattico dello studio della fisica.

Il laboratorio di fisica associato all'insegnamento ha la frequenza obbligatoria; prevede due esperimenti, che potranno essere riproposti dai futuri insegnanti in molteplici modalità e con diversi livelli di complessità, a partire dai più elementari. Si tratta della misura di densità di corpi solidi di forma regolare e irregolare e della verifica delle proprietà del pendolo come strumento di misura del tempo. Nel primo esperimento, gli studenti incontrano il concetto di densità media di un corpo e determinano la densità come misura indiretta, partendo da misure di massa e di volume. A sua volta, il metodo di determinazione del volume è diverso per oggetti di forma regolare (solidi il cui volume può essere ottenuto utilizzando le formule della geometria elementare) o per oggetti di forma irregolare, il cui volume viene misurato determinando il volume di acqua spostato dal corpo immerso. Nel secondo esperimento, si impara a misurare con una certa precisione il periodo di oscillazione di un pendolo, comprendendo che si tratta di una grandezza che non dipende né dalla massa della sfera, né dall'ampiezza delle (piccole) oscillazioni, ma è collegata alla lunghezza del filo; variando tale lunghezza, gli studenti costruiscono un pendolo che scandisce il tempo, battendo i secondi con precisione.

Alla fine del percorso di studio, alcuni studenti scelgono di preparare una tesi in fisica, che consiste spesso nella realizzazione di un progetto didattico in una

duced to the concept of the average density of a body and determine density as an indirect measurement, starting from measurements of mass and volume. The method of determining volume is different for evenly shaped objects (solids whose volume can be obtained using elementary geometry formulas) and unevenly shaped objects, whose volume is measured by determining the volume of water displaced by the immersed body. In the second experiment, students learn to measure the period of oscillation of a pendulum with a certain degree of precision, understanding that this is a quantity that does not depend on either the mass of the sphere or the amplitude of the (slight) oscillations, but is related to the length of the string. Changing the length of the string, the students make a pendulum that marks time, striking the seconds with precision.

At the end of the course, some students choose to write a thesis on physics, which often consists of conducting an educational project in a pre-school or primary school class on a topic agreed upon with the teacher. The numerous projects (over 50) that have been conducted since 2004 represent good teaching practices and are excellent examples of the application of physics in primary education.

Student evaluations of the course are mixed. Some, especially those who do not attend, feel that physics is too far removed from their everyday experience of life and teaching; others appreciate the "rediscovery" of physics, after the difficulties encountered at secondary school, and realise that physics is actually very much a part of their everyday lives.

classe della scuola dell'infanzia o primaria, su un argomento concordato con il docente. Le decine di elaborati (oltre 50) realizzati dal 2004 a oggi rappresentano buone pratiche didattiche e sono esempi virtuosi di applicazione della fisica in contesti di istruzione primaria.

La valutazione del corso da parte degli studenti non è uniforme. Alcuni, soprattutto i non frequentanti, ritengono che la fisica sia troppo distante dalla loro esperienza quotidiana di vita e di insegnamento; altri apprezzano la “riscoperta” della fisica, dopo le difficoltà incontrate alla scuola secondaria, e si rendono conto che in realtà la fisica è molto presente nella loro vita di ogni giorno.

La formazione dei docenti della Scuola secondaria

All'inizio degli anni Duemila iniziarono i corsi di formazione abilitanti per i docenti della scuola secondaria nell'ambito della SSIS. Si trattava di corsi biennali, con insegnamenti disciplinari e trasversali e con solide esperienze di tirocinio, che si concludevano con un esame finale di abilitazione. A Firenze, per l'ambito fisico, Roberto Falciani fu il referente e l'organizzatore, con l'aiuto di Annamaria Cartacci, Cecilia Gambi e altri colleghi. Fu creato un percorso formativo che prevedeva corsi di fisica di base e di didattica della disciplina, con un'attenzione particolare al laboratorio. Nel piano di studi erano previsti complementi di fisica classica e moderna (soprattutto per non fisici) e laboratori didattici. Il laboratorio del secondo anno, caratterizzato da un taglio prevalentemente didattico, prevedeva

Secondary school teacher training

Training courses for secondary school teachers began in the early 2000s as part of the SSIS (Special School Training Institute). These were two-year courses, with subject-specific and cross-subject teaching and solid work experience, culminating in a final qualifying examination. Roberto Falciani was the contact person and organiser for the physics section in Florence, with the help of Annamaria Cartacci, Cecilia Gambi and other colleagues. A training programme that included courses in basic physics and the teaching of the subject was created, with a particular focus on the laboratory. The study plan included complementary courses in classical and modern physics (especially for non-physicists) and educational laboratories. The second-year laboratory, which was mainly educational, included the following measurements: density, mechanical equivalent of the calorie, acoustic beats, electrical circuits, speed of light, diffraction and light interference. Some spaces in the new building on the Sesto Fiorentino Campus were identified and specifically reserved for activities with future teachers, which were (and still are) also dedicated to activities with schools, as part of OpenLab [15].

In the years that followed, legislation provided for various types of training courses, none of which were permanently adopted, until 2024, when the 60-credit training course, which is still ongoing, was introduced. The first cycle of PF60 was held in academic year 2023/24; from this date onwards, the University of Florence, under the guidance of Prof. Francesco Ademollo, made a major organisational effort, obtaining accreditation from the Ministry to allow

queste misure: densità, equivalente meccanico della caloria, battimenti acustici, circuiti elettrici, velocità della luce, diffrazione e interferenza della luce. Furono individuati alcuni spazi nel nuovo edificio del Campus di Sesto Fiorentino, appositamente riservati alle attività con i futuri docenti, che venivano (e vengono tuttora) dedicati anche alle attività con le scuole, nell'ambito di OpenLab [15].

Negli anni seguenti, la legislazione ha previsto diverse tipologie di percorsi di formazione, nessuna adottata in via definitiva, fino ad approdare nel 2024 al Percorso Formativo da 60 CFU, che è tuttora in corso. Il primo ciclo del PF60 si è tenuto nell'A.A. 2023/24; a partire da questa data l'Università di Firenze, sotto la guida del prof. Francesco Ademollo, ha garantito uno sforzo organizzativo importante, accreditandosi presso il Ministero per permettere il conseguimento dell'abilitazione in una ventina di classi di concorso diverse. Sono stati ammessi complessivamente circa 1000 corsisti per ciclo.

La normativa prevede che i corsi del PF60 non abbiano un contenuto disciplinare, ma didattico; alla didattica disciplinare sono riservati 16 CFU su 60 complessivi (1 CFU corrisponde a 6 ore di lezione). I corsisti sono tenuti a frequentare gli insegnamenti dell'area trasversale (a distanza) e quelli dell'area disciplinare (in presenza), con una frequenza minima del 70% per ogni attività. Inoltre, coadiuvati dai loro tutor (che sono insegnanti della scuola), individuano un Istituto scolastico nel quale affiancare un docente per l'attività di tirocinio diretto. Il percorso completo si articola su 60 CFU, ma alcuni corsisti hanno diritto a percorsi abbreviati (30 CFU oppure 36 CFU) in base alla loro precedente carriera nel mondo della scuola. Le classi di concorso nelle quali il Dipartimento di Fisica e

students to qualify in around twenty different competition classes. A total of approximately 1,000 students were admitted per cycle.

The regulations state that the PF60 courses do not have a disciplinary content, but rather an educational one; 16 credits out of a total of 60 are reserved for subject-related teaching (1 credit corresponds to 6 hours of lessons). Students are required to attend cross-curricular courses (remote learning) and subject-specific courses (in the classroom), with a minimum attendance of 70% for each activity. In addition, with the assistance of their tutors (who are schoolteachers), they identify a school in which to work alongside a teacher for their direct teaching internship. The complete course is worth 60 credits, but some students are entitled to shortened courses (30 or 36 credits) based on their previous career in education.

The competition classes in which the Department of Physics and Astronomy is involved are A020 (*physics for upper secondary school*), A027 (*mathematics and physics for upper secondary school*), and A028 (*mathematics and science for lower secondary school*). The list of physics courses offered in each class and the number of students enrolled in the first two cycles of the programme are shown in Table 1.

The students enrolled in courses A020 and A027 have a master's degree in mathematics, physics or engineering; they usually consider the training programme to be extremely useful for learning about the world of education and the characteristics of the teaching profession. Their requests for subject-specific teaching mainly concern basic physics courses and laboratory work, areas in which they often feel uncertain.

Astronomia è coinvolto sono A020 (*fisica per la scuola secondaria di secondo grado*), A027 (*matematica e fisica per la scuola secondaria di secondo grado*), A028 (*matematica e scienze per la scuola secondaria di primo grado*). L'elenco degli insegnamenti di fisica presenti in ciascuna classe e il numero di corsisti iscritti nei primi due cicli del percorso sono riportati nella Tabella 1.

I corsisti della A020 e della A027 hanno una laurea magistrale in matematica, oppure in fisica o in ingegneria; in genere ritengono che il percorso di formazione sia estremamente utile per conoscere il mondo della scuola e le caratteristiche della professione docente. Le loro richieste di didattica disciplinare riguardano soprattutto i corsi di fisica di base e il laboratorio, su cui spesso non si sentono sicuri.

Il percorso si conclude con un esame finale abilitante, con una commissione formata da due docenti universitari, un tutor e un rappresentante dell'Ufficio scolastico regionale. L'esame è formato da una prova scritta, che i corsisti consegnano alcuni giorni prima dell'orale e che può consistere in una progettazione didattica oppure nella descrizione del proprio percorso formativo, e in una parte orale, nella quale il candidato descrive la struttura e lo svolgimento di una lezione sul tema disciplinare assegnato, scegliendo indirizzo e classe a cui la lezione sarebbe rivolta e indicando prerequisiti e scelte contenutistiche, didattiche e metodologiche compiute.

The course culminates in a final qualifying examination, before a board consisting of two university lecturers, a tutor and a representative from the regional education authority. The examination consists of a written test, which students submit a few days before the oral exam and which may consist of a teaching plan or a description of their training programme, and an oral part, in which the candidate describes the structure and progression of a lesson on the subject assigned, choosing the subject area and class for which the lesson would be intended and indicating the prerequisites and content, teaching and methodological choices made.

Conclusions

Looking ahead, teacher training will continue to be a crucial responsibility for Italian universities. In the field of physics in particular, in-depth discussions are underway on the content and methods of teaching specific subjects. It is also essential that universities enhance the teaching of subjects via the commitment of researchers dedicated to these activities. Only in this way can training courses go beyond simply repeating subject content and become an effective means of guiding future teachers in the teaching-learning process.

The ultimate goal is to ensure that high-quality science education is fully accessible to all primary and secondary school students.

Tabella 1. elenco degli insegnamenti di didattica della fisica tenuti nell'ambito del PF60 (a sinistra) e numero di corsisti iscritti ai primi due cicli nelle classi di concorso A020, A027, A028 (a destra).

Table 1. list of physics teaching courses held within the framework of PF60 (left) and number of students enrolled in the first two cycles in A020, A027 and A028 competition classes (right).

Teaching	Credits	Class
Teaching of classical physics	2	A020
Radioactivity and cosmic rays for teaching	1	A020
Structure of matter and complex systems for teaching	3	A020
Teaching of astronomy and astrophysics	2	A020
Astrophysics teaching laboratory	1	A020, A027
Physics teaching laboratory	3	A020, A027
Teaching of relativity	2	A020, A027
Teaching of quantum mechanics	2	A020, A027
Teaching of physics for lower secondary school	2	A028

Classe	23/24	24/25
A020	7	9
A027	41	43
A028	51	32

Conclusioni

In prospettiva futura, la formazione degli insegnanti continuerà a rappresentare una responsabilità cruciale per gli atenei italiani. In particolare, nell'ambito

Bibliography

- [1] PISA, Programme for International Student Assessment, <http://www.oecd.org/pisa/>
- [2] Park S and Oliver J S (2008) Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Res. Sci. Educ.* 38, 261-284 - <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- [3] Michelini M (ed.) (2004) *Quality Development in Teacher Education and Training* (book of selected contributions)
- [4] Duschl R (2008) Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Rev. Res. Educ.* 32(1): 268–291
- [5] Immè J, Michelini M (eds) (2022) *Quale didattica della fisica per formare gli insegnanti di scuola primaria*, GdF, LXIII, Supplemento PLS-Fisica-FIP. - <https://www.sif.it/riviste/sif/gdf/econtents/2022/O63/s02>
- [6] Michelini M, Santi L, Stefanel A (2015) La formazione degli insegnanti in fisica come sfida di ricerca: problematiche, modelli, pratiche. *It. J. Educ. Res.* 14: 191–207
- [7] Chiofalo M et al. (2023) *Physics for Primary School Teachers in Italy: Comparative Analysis in a Dedicated Survey*. *Physics Teacher Education*, Springer
- [8] Lloyd J et al. (2021) "Early Childhood Science Education from 0 to 6: A Literature Review". *Educ. Sci.* 11(4): 178
- [9] Royal Decree no. 5724 of 25 September 1888

della fisica, sono in corso approfondite riflessioni sui contenuti e sulle metodologie degli insegnamenti di didattica disciplinare. È fondamentale, inoltre, che l'Università valorizzi la didattica delle discipline attraverso l'impegno di ricercatori dedicati a queste attività. Solo in questo modo i corsi di formazione potranno superare la semplice ripetizione dei contenuti disciplinari, diventando un mezzo efficace per guidare i futuri docenti nel processo di insegnamento-apprendimento. L'obiettivo ultimo è garantire che un'educazione scientifica di qualità sia pienamente accessibile a tutti gli studenti della scuola primaria e secondaria.

Bibliografia

- [1] PISA, Programme for International Student Assessment, <http://www.oecd.org/pisa/>
 - [2] Park S and Oliver J S (2008) Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Res. Sci. Educ.* 38, 261-284 - <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
 - [3] Michellini M (ed.) (2004) *Quality Development in Teacher Education and Training* (book of selected contributions)
 - [4] Duschl R (2008) Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Rev. Res. Educ.* 32(1): 268–291
-
- [10] Ministry of Education, University and Research, Decree no. 249 of 10 September 2010
 - [11] Ministry of Education (2007), *Guidelines for the curriculum of pre-schools and the first school cycle*
 - [12] Ministry of Education, University and Research (2012), *National guidelines for the curriculum of pre-schools and the first school cycle*
 - [13] Ministry of Education, University and Research (2018), *National guidelines and new scenarios*
 - [14] Arons A B (1979) *Some Thoughts on Reasoning Capacities Implicitly Expected of College Students*, in Lochhead J, Clement J. *Cognitive process instruction*. Philadelphia: Franklin I. Press
 - [15] Cartacci A, Gambi C M C, Falciani R, Romoli M (2004) *Laboratori di Fisica per l'indirizzo FIM della SSIS ed oltre - Didatticamente* (ed. ETS), 1-2

- [5] Immè J, Michelini M (eds) (2022) Quale didattica della fisica per formare gli insegnanti di scuola primaria, GdF, LXIII, Supplemento PLS-Fisica-FIP. - <https://www.sif.it/riviste/sif/gdf/econtents/2022/063/s02>
- [6] Michelini M, Santi L, Stefanel A (2015) La formazione degli insegnanti in fisica come sfida di ricerca: problematiche, modelli, pratiche. *It. J. Educ. Res.* 14: 191–207
- [7] Chiofalo M et al. (2023) Physics for Primary School Teachers in Italy: Comparative Analysis in a Dedicated Survey. *Physics Teacher Education*, Springer
- [8] Lloyd J et al. (2021) “Early Childhood Science Education from 0 to 6: A Literature Review”. *Educ. Sci.* 11(4): 178
- [9] Regio decreto 25 settembre 1888, n. 5724
- [10] Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca, Decreto 10 settembre 2010, n. 249
- [11] Ministero della Pubblica Istruzione (2007), Indicazioni per il curriculum per la scuola dell’infanzia e per il primo ciclo d’istruzione
- [12] Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca (2012), Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell’infanzia e del primo ciclo d’istruzione
- [13] Ministero dell’Istruzione, dell’Università e della Ricerca (2018), Indicazioni nazionali e nuovi scenari
- [14] Arons A B (1979) Some Thoughts on Reasoning Capacities Implicitly Expected of College Students, in Lochhead J, Clement J. *Cognitive process instruction*. Philadelphia: Franklin I. Press
- [15] Cartacci A, Gambi C M C, Falciani R, Romoli M (2004) *Laboratori di Fisica per l’indirizzo FIM della SSIS ed oltre - Didatticamente* (ed. ETS), 1-2

Sommario | Table of contents

Volume 15 – 1 · 2026

Editoriale | *Editorial* 5
A CURA DEL DIRETTORE DELLA RIVISTA

PILLOLE DI STORIA / HISTORICAL PILLS

Il Percorso della Scienza in Arcetri | Arcetri Science Path 9
ELISABETTA BALDANZI, FAUSTO BARBAGLI, DANIELE DOMINICI, ANTONELLA GASPERINI, GIACOMO POGGI

Dal *telettrofono* allo smartphone: riscoprire il contributo dimenticato di Antonio Meucci | *From the teletrophone to the smartphone: rediscover Antonio Meucci's forgotten contribution* 41
RICCARDO MEUCCI

Un viaggio scientifico di G. B. Donati nel 1862 (e la sua rendicontazione) | *A scientific journey by G. B. Donati in 1862 (and its cost reporting)* 57
SIMONE BIANCHI

RAPPORTI DI ATTIVITÀ / ACTIVITY REPORTS

SPETTRA 2025 85
PIETRO BOLLI

66th National Congress of the Italian Astronomical Society: A Bridge Between Past and Future 88
GIOVANNI SABATINI, ANTONELLA GASPERINI

Hunting for binary stars and exotic stellar populations in star clusters and beyond 93
SARA SARACINO, NICOLETTA SANNA, ELENA PANCINO

IN EVIDENZA / HIGHLIGHTS

Cosmic Duets: il primo campione statistico di dual e lensed AGN | *Cosmic Duets: the first statistical sample of dual and lensed AGN* 97
Martina Scialpi

La fisica per la formazione dei docenti della scuola primaria e secondaria | *Physics for the training of primary and secondary school teachers* 105
SAMUELE STRAULINO



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



INO-CNR
ISTITUTO
NAZIONALE DI
OTTICA