Volume 15 2 · 2026

Il Colle di Galileo



ISSN
2281-7727

FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS

Il Colle di Galileo

Volume 15, 2, 2026

Firenze University Press

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

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

Il Colle di Galileo

Sommario

Table of contents

PILLOLE DI STORIA / HISTORICAL PILLS

5 Gli Istituti di Onde Elettromagnetiche (IOE) e di Fisica Superiore (IFS) dell'Università di Firenze
Electromagnetic Waves (IOE - Istituto di Onde Elettromagnetiche) and Advanced Physics (IFS - Istituto di Fisica Superiore) of the University of Florence
Anna Consortini, Riccardo Pratesi

27 Un fisico dello spazio ad Arcetri
A Space Physicist at Arcetri
Bruno Carli, Daniele Dominici, Massimo Mazzoni

47 L'eredità di Arcetri: gli archivi dei fisici Garbasso-Occhialini-Della Corte. Dalla tutela archivistica alla valorizzazione dei documenti
The Legacy of Arcetri: The Archives of the Physicists Garbasso-Occhialini-Della Corte. From Archival Preservation to Document Enhancement
Serena Terzani

63 Venti anni di attività del GGI
Twenty Years of the GGI
Stefania De Curtis, Daniele Dominici, Domenico Seminara

RAPPORTI DI ATTIVITÀ / ACTIVITY REPORTS

85 Exploring the energy frontier with muon beams

NOVITÀ ED EVENTI / NEWS AND EVENTS

89 Adeguamento funzionale del Villino Abetti, efficientamento energetico e decarbonizzazione all'Osservatorio di Arcetri
Functional refurbishment of Villino Abetti, improvement of energy efficiency and carbon neutrality at Arcetri Observatory
Alessandro Barucci

IN EVIDENZA / HIGHLIGHTS

95 MAUVE: Le firme della binarietà nelle stelle esotiche
MAUVE: Tracing Signatures of Binarity in Exotic Stars
Sharmila Rani, Elena Pancino

ATTIVITÀ FUTURE / FUTURE ACTIVITIES

97 Le perovskiti di alogenuri: semiconduttori per dispositivi innovativi
Halide Perovskites: Semiconductors for Cutting-edge Devices
Mara Bruzzi, Leonardo Forcieri, Anna Vinattieri

107 L'espansione dell'Universo illuminata dai quasar
The Expansion of the Universe Illuminated by Quasars

Il Colle di Galileo

Gli Istituti di Onde Elettromagnetiche (IOE) e di Fisica Superiore (IFS) dell'Università di Firenze

The two INSTITUTES of: ELECTROMAGNETIC WAVES (IOE - Istituto di Onde Elettromagnetiche) and ADVANCED PHYSICS (IFS - Istituto di Fisica Superiore) of the University of Florence, IT

Anna Consortini, Riccardo Pratesi
Già Professori nel Dipartimento di Fisica dell'Università di Firenze, Italia

1. Introduzione

Prima dell'avvento dei Dipartimenti, introdotti con la legge 382 del 1980, le unità amministrative delle Università erano gli Istituti. Il Dipartimento di Fisica fu attivato il 3 Gennaio 1983.

l'IOE e l'IFS furono costituiti in occasione della nomina a professore ordinario rispettivamente di Nello Carrara (1956) e Giuliano Toraldo di Francia (1963), con sedi inizialmente presso il Centro Microonde del CNR, fondato e diretto dallo stesso Nello Carrara, (ospite a sua volta dell'Istituto di Igiene e Microbiologia dell'Università, in viale Morgagni). Quando il Centro ebbe nuova sede CNR in Via Panciatichi e poi "crebbe di grado" diventando l'IROE (Istituto di Ricerca sul-

1. Introduction

Before the introduction of the Departments by Law 382 of 1980, the administrative units of the Universities were the Institutes. The Department of Physics was set up on 3 January 1983.

The IOE and the IFS were established upon the appointments as full professors of Nello Carrara (1956) and Giuliano Toraldo di Francia (1963), respectively. They were initially hosted at the CNR Microwave Centre, founded and directed by Nello Carrara (which was itself hosted by the University's Institute of Hygiene and Microbiology, in Viale Morgagni). When the Centre moved to its new CNR (National Research Council) building in Via Panciatichi devoted to it, and "grew in status" to become the IROE (Institute for Research on Electromagnetic Waves, now the IFAC), still headed by Carrara, both IOE and IFS also moved to Via Panciatichi.

We are associating the histories of the two Institutes, IOE and IFS, due to their close links in terms of people, research, funding and teaching, culminating in their eventual merger. Thanks to

© 2026 Author(s)
ISSN 2281-7727 (print)
ISSN 2281-9711 (online)
Vol. 15, 2, 2026, pp. 5-25
DOI: 10.36253/cdg-17782
www.fupress.com/cdg

le Onde Elettromagnetiche ora IFAC) sempre diretto dallo stesso Nello Carrara, IOE e IFS ne seguirono lo spostamento in Via Panciatichi.

Accumuniamo le storie dei due Istituti, IOE ed IFS, per lo stretto collegamento in persone, ricerche, fondi ed insegnamenti, fino alla definitiva fusione. Grazie anche al legame con l'Istituto del CNR, i due Istituti Universitari hanno dato un contributo significativo alle attività didattiche, di ricerca e di sviluppo industriale nell'ambito del territorio Fiorentino. L'attività della "Fisica della pianura" come Toraldo usava indicare i due istituti, si concretò principalmente su ricerche di fisica applicata e nuovi dispositivi quali sviluppo di sistemi radar e di sorgenti Laser. I sistemi radar adottati e sperimentati da Carrara all'Accademia Navale di Livorno ebbero sviluppo industriale nella SMA (segnalazione Marittima Aerea) che negli anni raggiunse dimensioni e fatturato notevoli con circa 500 unità di personale. Lo studio e costruzione di Laser, al quale parteciparono personale IFS e CNR (es. Riccardo Pratesi, Pio Burlamacchi), fu l'humus dal quale vennero le competenze e il contributo tecnico alla costruzione dei primi laser della giovane Industria El.En, ora Gruppo di rilevanza internazionale.

2. Istituto di Onde Elettromagnetiche – IOE

Inizialmente, all'IOE afferirono il corso di Onde Elettromagnetiche per la Laurea in Fisica e quello di Elettronica della Scuola di Specializzazione in Fisica, scuola post laurea, ambedue tenuti da Carrara. Nei locali IOE il Prof Carrara

their links with the CNR Institute, the two University Institutes made a significant contribution to teaching, research and industrial development in the Florence area. The work of the "Physics of the Plains" as Toraldo used to call the two Institutes, with respect to the Physics on the hill of Arcetri, focused mainly on research into applied physics and new devices, such as the development of radar systems and laser sources. The radar systems used and tested by Carrara at the Naval Academy in Livorno were developed industrially by SMA (Maritime and Aerial Signalling), which grew considerably in size and sales over the years, employing around 500 staff. The study and construction of lasers, which involved staff from the IFS and CNR (such as Riccardo Pratesi and Pio Burlamacchi), was the basis for the expertise and technical contribution that led to the construction of the first lasers by the young El.En company, now a group of international importance.

2. Institute of Electromagnetic Waves - IOE

Initially, the IOE ran the "Electromagnetic Waves" course for the degree in Physics and the "Electronics" course for the Postgraduate "School of Specialization in Physics", both taught by Carrara. Carrara organised several microwave laboratories with funds from the CNR, attracting collaborators and considerable interest by the students. His first graduates were Giuseppe Faini and Riccardo Pesaresi (academic year 1956-57), followed by Anna Consortini (thesis: The Faraday effect in ferrites. Co-supervisor: Toraldo) and Franco Verniani (both in academic year 57–58). Many others followed subsequently .

organizzò laboratori di Microonde con fondi CNR ed ebbe collaboratori e molta attenzione dagli studenti. I suoi primi laureati furono, Giuseppe Faini e Riccardo Pesaresi (AA 1956-57) seguirono Anna Consortini (tesi: Effetto Faraday nelle ferriti. Correlatore Toraldo) e Franco Verniani (ambedue nell'AA 57-58). Molti altri seguirono successivamente.

Ricordiamo che il nome "Microonde" fu coniato da Carrara nel titolo del suo celebre articolo "The detection of microwaves", Proceedings of the Institute of Radio Engineers, vol.20, p.1615-1625, (1932).

Nel periodo 1962-64 facevano capo all'IOE, per il Corso di Laurea in Fisica, tre corsi: Onde Elettromagnetiche (Titolarità Carrara), Elettronica (Carrara, incarico) e Ottica (Toraldo, Ordinario, fino all'Ottobre 1963 e poi Laura Abbozzo, CNR, incarico dal Novembre1963). Per tutti i corsi da lui tenuti Carrara scriveva e stampava le relative dispense che distribuiva gratuitamente agli studenti.

Nel 1962 Piero Bruscaglioni vinse il posto di Assistente Ordinario alla Cattedra di Onde Elettromagnetiche ed ebbe per incarico il Corso di Elettronica. Fu incrementato il personale IOE ed anche la collaborazione con dipendenti CNR. Nel 63 Anna Consortini, dipendente CNR, diventò Assistente volontaria di Ottica. Nel 1964, (annuario dell'Università) i dipendenti IOE erano: Bruscaglioni, assistente ordinario, due giovani tecnici A.Ismaelli e L.Lo Porto e l'avventizio G. Cesaretti. Tutti questi, insieme ad altri entrati successivamente, rimasero nell'Istituto fino al momento della pensione. C'erano anche gli incaricati CNR: L.Ronchi, Ottica, e Oliviero Fagioli, Ottica Elettronica di recente attivazione ed alcuni assistenti volontari.

It is worth noting that the term "microwaves" was coined by Carrara in the title of his famous article "The detection of microwaves", Proceedings of the Institute of Radio Engineers, vol. 20, pp. 1615-1625, (1932).

Between 1962 and 1964, the IOE ran three courses of the degree in Physics: Electromagnetic Waves (held by Carrara), Electronics (Carrara, on secondment) and Optics (Toraldo, Full Optics Professor until October 1963, and then Laura Abbozzo, CNR, charged from November 1963). Carrara wrote and printed lecture notes for all the courses he taught, donating them to the students, of course free of charge.

In 1962, Piero Bruscaglioni was appointed Assistant Professor of Electromagnetic Waves and was put in charge of the Electronics course. The IOE staff was expanded, as was the collaboration with employees of the CNR. In 1963 Anna Consortini, at that time CNR employee, became a voluntary assistant of Optics. In 1964 (University Yearbook), the IOE staff were: Piero Bruscaglioni, Assistant Professor, two young technicians, A. Ismaelli and L. Lo Porto, and the staff member G. Cesaretti. All of them, together with others who joined later, stayed at the Institute until their retirements. In addition, there were the charged collaborators from the CNR: L. Ronchi teaching Optics, and Dr Oliviero Fagioli teaching the newly established course on Electronic Optics. There were also several voluntary assistants.

An important initiative of Prof Carrara, an expert in communications, was the promotions of computer science, sending Consortini and De Langer to attend the courses in programming. When the University acquired a computer, the IBM 1620 equipped with 20,000 (twenty thou-

Un'iniziativa importante del Prof Carrara, esperto di comunicazioni, fu la promozione dell'attività di informatica, inviando Consortini e De Langer a seguire i primi corsi di programmazione. Quando l'Università acquisì un calcolatore, l'IBM 1620 dotato di 20000 (ventimila!) posizioni di memoria, che fu collocato nella sede del Rettorato a San Marco, l'IOE fece parte del gruppo degli Istituti utenti, tutti scientifici (Fisica, Astronomia, Chimica, ed altri). Agli utenti spettavano turni di due ore ciascuno, secondo una distribuzione di cui si occupava il Prof Guglielmo Righini, ordinario e direttore dell'Osservatorio di Arcetri, la cui segretaria inviava uno schema mensile delle ore spettanti a ciascun Istituto. Per l'IOE furono autorizzate Consortini e De Langer.

Il computer IOE si utilizzava anche per calcoli CNR. Consortini fece un programma per le effemeridi dei satelliti artificiali del gruppo di P. Checcacci CNR che occupò quasi per intero la memoria: avanzarono solo 3 posizioni. Nell'Anno Accademico 1965-66 Consortini fece lezioni sulla "Programmazione dei calcolatori elettronici" nel corso di "Teoria dell'Informazione" tenuto da Carrara alla Scuola di specializzazione. Il CNR stampò separatamente le dispense delle lezioni.

Negli anni dal 1965 al 69 erano attivi, per il Corso di Laurea in Fisica, i corsi di: Onde Elettromagnetiche, Elettronica, Ottica, Ottica Elettronica, Elettronica Applicata e Radiofisica (quest'ultimi due con incarico rispettivamente a V.Cappellini e P.F.Checcacci ambedue del CNR). Nel 1970 Anna Consortini ebbe l'incarico di insegnamento di Fisica Generale II del Corso di laurea in Matematica, dopo aver insegnato come incaricata corsi di Fisica nelle Facoltà di Architettura e Farmacia dal 1967. In quel periodo oltre 20 ricercatori CNR diventarono assistenti

sand!) memory locations and installed at the Rectorate in San Marco, the IOE became part of the group of scientific user institutes (IOE, Physics, Astronomy, Chemistry, and others). Users were allocated two-hour turns, according to a schedule organised by Professor Guglielmo Righini, full professor and director of the Arcetri Observatory, whose secretary sent out a monthly timetable of the hours allocated to each Institute. Consortini and De Langer were authorised to use the computer for the IOE.

The "IOE computer facility" was also used for CNR calculations. Consortini wrote a programme for the ephemerides of the artificial satellites for the P. Checcacci's CNR group, which took up the entire memory, leaving only three positions free. In the 1965–66 academic year, Consortini gave lectures on "Electronic Computer Programming" as part of the "Information Theory" course taught by Carrara at the Postgraduate "School of Specialization in Physics". The CNR printed the lecture notes separately.

Between 1965 and 1969 the following courses were taught for the Degree in Physics: Electromagnetic Waves, Electronics, Optics, Electronic Optics, Applied Electronics and Radiophysics (the last two taught by V. Cappellini and P.F. Checcacci respectively, both of whom were from the CNR). In 1970, Anna Consortini was charged to teach General Physics II for the Degree of Mathematic, having previously taught physics courses in the Faculties (now Schools) of Architecture and of Pharmaceutical Sciences since 1967. At that time, over 20 CNR researchers became voluntary assistants at the IOE, collaborating on numerous theses, and some of them also teaching courses for various Degrees or Faculties.

volontari IOE, collaborando allo svolgimento di molte tesi, alcuni con incarichi di insegnamento in differenti corsi di Laurea o Facoltà.

Nel Periodo successivo, 1969-71, l'IOE dette il suo contributo alla Scuola di Specializzazione, oltre che con l'insegnamento tenuto da Carrara, con gli insegnamenti di: "Propagazione di Onde Elettromagnetiche nei plasmi" (Bruscaglioni), "Elettronica Superiore" (Pier Franco Pellegrini), "Teoria dell'informazione" (Vito Cappellini).

In quegli anni furono numerosi gli studenti che si laurearono con tesi in Fisica svolte sotto la direzione di Carrara o degli altri collaboratori, anche CNR. Qualche esempio: nel 1967, con L.Ronchi e A.Consortini, si laureò Giancarlo Righini con una tesi sulla "Misura delle fluttuazioni di fase di un fascio laser dovute alla turbolenza dopo propagazione nell'atmosfera", le prime sull'argomento in campo internazionale. Su argomenti di propagazione attraverso la turbolenza atmosferica, oltre a molti altri, si laurearono G. Fidanzati e L. Mariani, che durante la loro tesi contribuirono a tradurre in italiano dal russo il libro di V. I Tatarskii "Effetto della turbolenza atmosferica sulla propagazione delle onde"(ottiche) e fecero poi una brillante carriera nelle industrie Galileo. Altro laureato IOE, con Luigi Millanta nel 1978, fu Giampaolo Preti che fece un'importante carriera nella stessa Galileo.

L'attività scientifica dell'IOE si sviluppò secondo vari filoni:

A) Studio della riflessione radar di tracce di meteore nell'atmosfera con indagini sulle meteore, soprattutto sugli sciami di meteore (gruppo Carrara). B) Fisica delle microonde e dispositivi a microonde, antenne e guide d'onda (Bruscaglioni). C) Ricerca e sviluppo di sistemi radar, in collaborazione con SMA e

Subsequently, between 1969 and 1971, the IOE contributed to the Postgraduate School of Specialization in Physics not only with Carrara's teaching and a new course "Propagation of Electromagnetic Waves in Plasmas" (Bruscaglioni), but also with courses by CNR charged researchers on "Advanced Electronics" (Pier Franco Pellegrini), "Information Theory" (Vito Cappellini).

In those years, numerous students graduated with theses in Physics supervised by Carrara or other colleagues, also including the ones from the CNR. Some examples: in 1967, with L. Ronchi and A. Consortini thesis directors, Giancarlo Righini graduated with an experimental thesis on the "Measurement of the phase fluctuations due to turbulence of a laser beam propagated through the atmosphere", the first thesis on this subject at international level. Among many others, G. Fidanzati and L. Mariani developed their theses on topics relating to propagation through the atmospheric turbulence. While working on their theses, they helped translate V. I. Tatarskii's book "The Effect of Atmospheric Turbulence on the Propagation of (Optical) Waves" from Russian into Italian and subsequently had brilliant careers at Galileo Industries. Another IOE graduate, who also had a distinguished career at Galileo, was Giampaolo Preti, supervised by Luigi Millanta.

The IOE's scientific work developed along several lines:

A) Study of radar reflection from meteor trails in the atmosphere, with detailed investigations on meteors, particularly meteor showers (Carrara group). B) Microwave physics and microwave devices, antennas and waveguides (Bruscaglioni). C) Research and development of radar systems, in collaboration with SMA and the Italian Navy. D) Study of the scattering of

Marina Militare. D) Studio dello "scattering" di radiazione laser nell'atmosfera da particolato atmosferico e sviluppo del metodo statistico Montecarlo (gruppo di Bruscaglioni, Zaccanti).

Durante la direzione del Prof Carrara conseguirono la libera docenza in Onde Elettromagnetiche: Laura Ronchi Abbozzo, Pierfrancesco Checcacci, Piero Bruscaglioni, Anna Consortini, Vera Russo Checcacci, Anna Maria Scheggi e Luca Pantani. La libera docenza, che dava il titolo di Professore a vita, fu successivamente equiparata al dottorato, ma era un titolo di livello differente con qualifica di professionalità in campo universitario, per esempio era titolo necessario per i concorsi a cattedre.

L'attività dell'IOE si svolgeva anche con contratti esterni, cosa inusuale negli istituti universitari. Per esempio il Consiglio di Facoltà del 21 Febbraio 1970 "approva un contributo di 9 milioni di Lire" dall'ESRO (European Space Research Organization) per "un programma di ricerca". Nel Consiglio del 7 Luglio fu decisa una ripartizione di fondi ricevuti nel 1968 "per ricerca svolta per la Marina Militare, autorizzata dal Consiglio di Amministrazione il 28/10/68".

Il 31/10/1970 il Prof Carrara avendo raggiunto i 70 anni, passò fuori ruolo, dove restò fino al 1975, per essere poi nominato Professore Emerito. Il corso di Onde Elettromagnetiche venne assegnato al Prof Bruscaglioni e quello di Elettronica al Dr Guglielmo Ventura del CNR. Al Prof Carrara vennero assegnati i compiti di fuori ruolo: coordinatore del corso di Teoria dell'Informazione per la Scuola di Perfezionamento, partecipazione agli esami e ai contratti fra l'IOE e altri enti fra i quali ESO (European Space Observatory), ESRO e Marina Militare.

laser radiation by atmospheric particulate in the atmosphere and development of the Monte Carlo statistical method (P. Bruscaglioni and G. Zaccanti group).

During Professor Carrara's tenure, the National title "libera docenza" in "Electromagnetic Waves" was acquired by: Laura Ronchi Abbozzo, Pierfrancesco Checcacci, Piero Bruscaglioni, Anna Consortini, Vera Russo Checcacci, Anna Maria Scheggi and Luca Pantani. Subsequently the "libera docenza" was considered equivalent to the PhD, but was a qualification of a different level, denoting a professional status, with the title of Professor lasting for the entire life. It was needed to become Director of an Institute, in the absence of a full tenured professor, and was a prerequisite for applying in competitions for this kind of Professors.

The IOE also operated through external contracts, which was unusual for University Institutions. For example, the Faculty Council of 21 February 1970 "approves a grant of nine million lire" from the ESRO (European Space Research Organisation) for "a research programme". At the Council meeting of 7 July, the decision was made to distribute funds received in 1968 "for research carried out for the Navy, authorised by the Board of Directors on 28/10/68".

On 31 October 1970, having reached the age of 70, Professor Carrara moved to a non-tenured position, where he remained until 1975, and then was appointed Professor Emeritus. The Electromagnetic Waves course was assigned to Professor Bruscaglioni and the Electronics course to Dr Guglielmo Ventura of the CNR. Professor Carrara was assigned some duties in his position such as: coordinator of the Information Theory courses for the Postgraduate School of Specialization in Physics, participation in examinations and contracts between the

La Facoltà di SMFN deliberò poi di assegnare al Prof. Piero Bruscaglioni, libero Docente, la Direzione dell' IOE.

Nel 1970, Rettore Enzo Ferroni, fu attivata la Facoltà di Ingegneria, che lo stesso Carrara aveva promosso e sostenuto fortemente, con sede nell'ex Convento di Santa Marta. Un certo numero di assistenti volontari si trasferirono dall'IOE a Ingegneria diventandone docenti. Carrara ne ebbe successivamente la "Laurea Honoris Causa".

La cattedra ex Carrara, su proposta del Prof Toraldo, venne destinata alla disciplina di Fisica Terrestre, argomento "nel quale si inquadrano molte delle attività sviluppate all'IOE e al CNR da Carrara ed anche quelle del Prof Alberto Bonetti e di Astronomia dell'Università". La Facoltà chiamò dal Novembre 1971 il prof Giorgio Fiocco di Roma, ternato in un concorso a cattedre. Alla fine del periodo di straordinariato, nel 1974, Fiocco venne richiamato a Roma nella facoltà di Ingegneria e la cattedra rimase scoperta. La procedura per l'attribuzione della cattedra fu lunga e piena di discussioni in numerose riunioni di Facoltà a iniziare dall'aprile 1976. Toraldo propose di mantenerla nell'ambito delle discipline originarie con il nome di "Ottica" anche "in collegamento con gli sviluppi previsti per l'Istituto Nazionale di Ottica", INO. Il gruppo di Fisica teorica ne chiese l'assegnazione a "Istituzioni di Fisica Teorica". Ruggero Querzoli, prima sostenne la proposta di Toraldo, poi ritirò il suo appoggio e l'8 Luglio 1976 fu deliberato di assegnare la cattedra a "Istituzioni di Fisica Teorica". La "Fisica della pianura" perse una delle due cattedre e la Fisica Teorica incrementò le sue.

Sotto la direzione di Bruscaglioni, l'attività didattica proseguì con ricerche, corsi e tesi sia per il corso di laurea in Fisica che per quello in Matematica. Si po-

IOE and other organizations, including the ESO (European Southern Observatory), ESRO and the Italian Navy.

The Faculty of Mathematics, Physics and Natural Sciences (SMFN) subsequently decided to appoint Professor Piero Bruscaglioni as Director of the IOE.

In 1970, under Rector Enzo Ferroni, the Faculty (now School) of Engineering which Carrara himself had promoted and strongly supported, was established and housed in the former Convent of Santa Marta. A number of voluntary assistants moved from the IOE to the new Faculty, becoming lecturers there. Carrara was subsequently awarded the "Laurea honoris causa" by the Faculty.

According to a proposal of Professor Toraldo, the Carrara vacant chair was assigned to "Terrestrial Physics", a subject "which comprises many of the activities developed at the IOE and the CNR by Carrara, as well as those of Professor Alberto Bonetti and the University's Astronomy Department". In November 1971, the Faculty appointed Professor Giorgio Fiocco from Rome, a winner in a competition, for a three-year tenured position as Extraordinary Professor of "Terrestrial Physics". At the end of his appointment, in 1974, Prof Fiocco was called back to Rome in the Faculty of Engineering, and the chair remained vacant again. The procedure for filling the chair was lengthy and full of debates during numerous Faculty meetings that began in April 1976. Toraldo proposed of keeping it within the scope of the original disciplines under the name "Optics", also "in relation to the developments planned for the National Institute of Optics" (INO). The Theoretical Physics group requested that it be assigned to "Institutions of Theoretical

se però il problema di un Istituto senza un ordinario titolare di cattedra. Alla fine del 1976 il personale IOE e quello IFS decisero di fondere i due Istituti, come vedremo più avanti.

In quel tempo iniziò la procedura di un'importante iniziativa. Nel Consiglio di Facoltà del 23 Dicembre 1976, Bruscaglioni, a nome dei Fisici, presentò la proposta dell'attivazione di una Scuola, post laurea, di Specializzazione in Ottica dell' Università, organizzata dalle Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche Naturali (SMFN) e di Ingegneria in collaborazione con l'INO. La proposta venne approvata e la Scuola attivata, con Direttore il Prof Tito Arecchi e anche con la partecipazione di docenti IFS, e iniziò un cammino che si concluse nel 2003 con la disattivazione a seguito della riforma del 1980.

3. Istituto di Fisica Superiore – IFS

L' IFS "nacque" nel 1963 quando il Prof Giuliano Toraldo di Francia passò alla Cattedra di Fisica Superiore da quella di Ottica, che teneva dalla fine del 1958, periodo in cui aveva fondato e diretto l'Istituto di Fisica della Radiazione, IFR. L'IFR "visse" dal 1958 fino all'1/11/1963, anno in cui fu trasformato in IFS. Nell'IFR furono fatte ricerche e pubblicazioni, ad esempio un importante lavoro sull'effetto Cherenkov. Dopo la laurea e un periodo nell'industria (Ducati, Bologna) e poi di Professore di Ottica all'INO, Toraldo era stato professore di Ottica nell'Università di Rochester, USA, 1957-1958. Nel 1953 aveva pubblicato il suo libro scientifico

Physics". Ruggero Querzoli initially supported Toraldo's proposal but later withdrew his support, and, on 8 July 1976, the decision was made to assign the chair to "Institutions of Theoretical Physics". "Planes Physics" lost one of its two chairs, whilst Theoretical Physics increased its ones.

Under Bruscaglioni's leadership, teaching activities continued with research, courses and theses for both the Physics and Mathematics degree programmes. There was, however, the problem of an Institute without a full professor. At the end of 1976, the staffs of the IOE and the IFS decided to merge the two Institutes, as we will see later.

At this time the procedure for an important initiative began. At the Faculty Council meeting of 23 December 1976, Bruscaglioni, on behalf of the physicists, presented a proposal to set up a postgraduate "School of Specialisation in Optics" of the University, organised by the Faculties of Mathematics, Physics and Natural Sciences (SMFN) and of Engineering, in collaboration with the INO. The proposal was approved and the School was established, with Professor Tito Arecchi as Director and with the participation of lecturers from the IFS, embarking on a journey that ended in 2003 with its closure following the 1980 reform.

3. Institute of Advanced Physics - IFS

The IFS was "born" in 1963, when Professor Giuliano Toraldo di Francia moved to the Chair of Advanced Physics, from the Chair of Optics, which he had held since 1958, when he had founded and directed the Institute of Radiation Physics (IFR). The IFR existed from 1958 until

più tradotto "Onde Elettromagnetiche" e l'altro volume "La diffrazione della luce" che, nonostante la lingua italiana, ricevette una notevole attenzione in campo internazionale. Negli anni 1961-1963 aveva tenuto i corsi di "Acceleratori di Particelle" e di "Metodi Matematici della Fisica" alla Scuola di Perfezionamento in Fisica.

Data la sua collaborazione con il CNR, molte delle ricerche dirette da Toraldo apparvero come Centro Microonde e poi IROE. Per esempio una ricerca sul Controllo della "stabilità" dei satelliti artificiali per mezzo del momento della quantità di moto di onde elettromagnetiche, dette luogo a due pubblicazioni come Centro Microonde (Bruscaglioni, Consortini, Toraldo). Anche le ricerche IFS sull'effetto della turbolenza atmosferica sulla propagazione di radiazione laser nell'atmosfera, presero origine da un contratto CNR di Toraldo con la GE (General Electric Company).

Nel 1963, dopo un periodo all'IOE, diventò Assistente Ordinario IFS Riccardo Pratesi, che si era laureato in Fisica con Toraldo nell'AA 1959/60 con una tesi sulla "Risonanza paramagnetica elettronica del DPPH". Successivamente diventò Assistente anche Marcello Mancini, laureato in Fisica con Toraldo nel 1962 con una tesi sull' "Amplificazione della radiazione elettromagnetica per mezzo dell'emissione stimolata della radiazione".

Furono numerosissimi i Laureati, con Toraldo o Pratesi o Mancini, e successivamente con i loro allievi. Ne ricordiamo uno per tutti: Boncinelli si laureò in Fisica con Toraldo, con una Tesi sperimentale di Elettronica Quantistica, nel luglio 1966. Così come molti furono poi i Dottorati.

1 November 1963, when it became the IFS. The IFR carried out research and produced publications, including an important study on the Cherenkov effect. After graduating and spending some years in the industry (Ducati, Bologna) and then as Professor of Optics at the INO, Toraldo was Professor of Optics at the University of Rochester, USA, in 1957 and 1958. In 1953, he had published his most widely translated scientific book, "Electromagnetic Waves". Another book "La Diffrazione della Luce" (The Diffraction of Light), published in 1958, received considerable international attention despite being in Italian.

Between 1961 and 1963, during his tenure as Professor of Optics he also taught courses on "Particle Accelerators" and "Mathematical Methods in Physics" at the School of Specialization in Physics.

Given his collaboration with the CNR, much of the research directed by Toraldo was published under the names Centro Microonde and later IROE. For example, a study on controlling the "stability" of artificial satellites using the angular momentum of electromagnetic waves resulted in two publications of the Microwave Centre (Bruscaglioni, Consortini, Toraldo). The IFS research on the effect of atmospheric turbulence on the propagation of laser radiation in the atmosphere also originated from a CNR contract between Toraldo and GE (General Electric Company).

In 1963, after some time at the IOE, Riccardo Pratesi, a graduate in Physics under Toraldo in the 1959/60 academic year, with a thesis on the "Electron paramagnetic resonance of DPPH", became Assistant Professor at the IFS. Subsequently Marcello Mancini also became Assistant Professor. He had graduated in Physics under Toraldo in 1962 with a thesis on the "Amplification of electromagnetic radiation by means of stimulated radiation emission".

Gli insegnamenti dell'IFS, dall'annuario 1965/67 fino a quello 1969/70, risultano essere: Fisica Superiore, titolare Toraldo; Metodi Matematici della Fisica, incarico Toraldo. Il personale includeva: R.Pratesi assistente ordinario, M.Mancini assistente ordinario, C.Malloggi, segretaria. Dal CNR c'erano due assistenti volontari: F.Barocchi dal novembre 1966 e R.Vallauri dal novembre 1967.

Nel 1970/71 ci furono nuovi incarichi: a Mancini Struttura della Materia, disciplina introdotta per la prima volta, a Pratesi Complementi di Fisica Generale I.

All'inizio degli anni sessanta, Toraldo, con Emilio Gatti e Daniele Sette, fu promotore dell'impresa CNR Maser-Laser, che dette inizio alle ricerche sul laser in Italia. Il primo passo dell'iniziativa fu, nel 1962, un programma di visite ai principali centri di ricerca americani nel neonato settore laser. Lo scopo fu di avviare in Italia ricerche analoghe, in particolare a Milano (CISE), Firenze (Centro Microonde e IFS) e Roma (Fondazione Bordoni). Per l'Università parteciparono alle visite Toraldo e Pratesi, e per il CNR il Dott. O.Fagioli.

Al ritorno dalla visita negli Stati Uniti Toraldo avviò a Firenze l'attività laser all'IFS: costruzione di Laser (Pratesi) e Struttura della materia (Mancini), e al CNR: Teoria ed esperimenti su cavità risonanti laser, propagazione laser attraverso la turbolenza atmosferica, olografia (P.F. Checcacci, A. Consortini, G. Righini, L. Ronchi, V. Russo, A.M. Scheggi).

A settembre del 1968, Toraldo, che era presidente dell'ICO - International Commision for Optics (1966-1969), organizzò a Firenze il "Symposium on Applications of Coherent Light", il primo in Italia sul laser, al quale parteciparono i maggiori scienziati internazionali e giovani italiani attivi nel campo.

The number of graduates under Toraldo, Pratesi and Mancini, and subsequently under their students, was very high. To name just one: Boncinelli graduated in Physics under Toraldo, with an experimental thesis on Quantum Electronics, in July 1966. There were also many PhDs.

The courses taught at the IFS, from the 1965/67 academic year until 1969/70, were Advanced Physics and Mathematical Methods in Physics, both taught by Toraldo. The staff included: R. Pratesi, Assistant; M. Mancini, Assistant; C. Malloggi, secretary. There were two voluntary assistants from the CNR: F. Barocchi from November 1966 and R. Vallauri from November 1967.

New teaching duties were assigned in 1970/71: Mancini was given Structure of Matter, a subject introduced for the first time, and Pratesi was given Complements to General Physics I.

In the early 1960s, Toraldo, together with Emilio Gatti and Daniele Sette, promoted the CNR Maser-Laser project, which launched laser research in Italy. The first step, in 1962, was a series of visits to the leading American research centres in the new-born laser sector. The aim was to launch laser research in Italy: in Milan (CISE), Florence (Microwave Centre and IFS) and Rome (Bordoni Foundation). Toraldo and Pratesi took part in the visits on behalf of the University, with Dr. O. Fagioli on behalf of the CNR.

Upon returning from his visit to the United States, Toraldo launched laser research activities in Florence at the IFS: Laser Construction (Pratesi) and Structure of Matter (Mancini), and at the CNR: Theory and Experiments on Laser Resonant Cavities, Laser Propagation through Atmospheric Turbulence, and Holography (P.F. Checcacci, A. Consortini, G. Righini, L. Ronchi, V. Russo, A.M. Scheggi).

Anna Consortini, Riccardo Pratesi

Il contributo dell'IFS alla Scuola di Perfezionamento in Fisica fu anche con i corsi di Toraldo "Elettrodinamica classica" ed "Elettrodinamica quantistica" e, successivamente, dagli anni 1969/70 e 70/71, "Elettronica Quantistica" tenuto da Pratesi e "Statistica del Campo Elettromagnetico e Coerenza" tenuto da Toraldo.

Nell'IFS ottennero la libera docenza R. Pratesi, M. Mancini, P. Burlamacchi, F. Barocchi e forse altri.

Nel Luglio 1969 il JOSA pubblicò l'articolo: "Degrees of fredom of an image" by "G. Toraldo di Francia, University of Florence, Florence, Italy". Toraldo, per primo, affrontò in termini informatici il problema della risoluzione delle immagini, l'articolo ebbe grande risonanza internazionale ed è ancora citato. A seguito di questo, all'inizio del 1970, venne all'IFS, con una borsa di studio internazionale, il Prof. B. Roy Frieden, informatico già affermato dell'Optical Science Center di Tucson, Arizona, USA, che collaborò con il gruppo di Toraldo per circa un anno con pubblicazione di vari lavori sull'argomento.

Nel 1970 il CNR istituì l'IEQ, Istituto di Elettronica Quantistica, nel quale furono inseriti i componenti del corrispondente gruppo dell'IROE. Pratesi fu nominato Direttore e molte delle ricerche dell'IFS negli anni successivi furono in collaborazione con l'IEQ. Citiamo: Sviluppo di sorgenti Laser, Laser a elettroni liberi, Ottica non lineare, Fisica e spettroscopia del laser, Teoria dei sistemi magnetici, Dinamica microscopica in liquidi semplici, Scattering Raman. Inoltre Pratesi promosse e sviluppò ricerche nel campo delle applicazioni biomediche della radiazione ottica. Numerosissime furono le pubblicazioni su riviste prevalentemente internazionali.

In September 1968, Toraldo, who was president of the ICO (International Commission for Optics) from 1966 to 1969, organised the "Symposium on Applications of Coherent Light" in Florence. It was the first symposium on lasers in Italy and was attended by leading international scientists and young Italian researchers in the field.

The IFS also contributed to the Postgraduate School of Specialization in Physics with Toraldo's courses on "Classical Electrodynamics" and "Quantum Electrodynamics" and, subsequently, in 1969/70 and 1970/71, "Quantum Electronics" taught by Pratesi and "Electromagnetic Field Statistics and Coherence" taught by Toraldo.

In the IFS, R. Pratesi, M. Mancini, P. Burlamacchi, F. Barocchi and perhaps others acquired the National Title "Libera Docenza".

In July 1969, the JOSA published an article entitled: "Degrees of freedom of an image" by "G. Toraldo di Francia, University of Florence, Florence, Italy". Toraldo was the first to tackle the problem of image resolution in terms of information theory. The article had a major international impact and is still cited. Following this, in early 1970, Prof. B. Roy Frieden, an established scientist of informatics from the Optical Science Center in Tucson, Arizona, USA, came to the IFS on an international scholarship. He collaborated with Toraldo's group for about a year, and this collaboration resulted in the publication of several papers on the subject.

In 1970, the CNR established the IEQ (Institute of Quantum Electronics), incorporating the members of the corresponding group from the IROE. Pratesi was appointed Director, and much of the IFS research in the subsequent years was carried out in collaboration with the

4. Fusione fra IOE ed IFS, nel 1976, mantenendo il nome di "Fisica Superiore" con Direttore Toraldo

Nel 1976 il personale dei due Istituti IOE ed IFS decise unanimemente di fondere i due Istituti sotto il nome di Fisica Superiore e Direttore Toraldo, unico Professore Ordinario.

Nel Novembre 1976 dopo la fusione fra IOE e IFS, il totale del personale IFS era di 25, incluso il Direttore. Questo risulta da una Convocazione di Toraldo del 21 Novembre 1976 per una riunione del Consiglio dell'IFS, che era formato da tutti i componenti. I dipendenti Universitari, oltre Toraldo, erano: tre Assistenti Ordinari con incarico (Bruscaglioni, Mancini e Pratesi), tre tecnici di laboratorio (F.Cecconi, A.Ismaelli e L.Lo Porto), tre persone di segreteria (N. Bichi, M.G. Mencarelli, C. Malloggi), un coadiuvante (I. Perazzi) e un Contrattista IFS (G. Spina). C'erano inoltre numerose persone CNR con incarico: L.Abbozzo, P.F.Checccacci, A. Consortini, O. Fagioli, G. Ventura e altri borsisti o assistenti volontari CNR.

Alle ricerche IFS, già nominate, si aggiunsero quelle del gruppo, ex IOE, di Bruscaglioni e altre in collaborazione con il CNR. Il gruppo di Bruscaglioni era attivo nelle ricerche di "scattering in atmosfera" per le quali aveva sviluppato un programma Montecarlo. Nel periodo 1976-1978 Bruscaglioni e Ismaelli, ai quali poi si aggiunse G. Zaccanti, estesero il metodo Montecarlo allo studio del contributo della radiazione diffusa due volte alla risposta di un Lidar utilizzato per misure di visibilità atmosferica e successivamente anche per misure di diffusione da nubi. La pubblicazione dei lavori relativi proiettò il gruppo in ambito interna-

IEQ. Notable examples include: Development of laser sources, Free electron lasers, Non-linear optics, Physics and laser spectroscopy, Theory of magnetic systems, Microscopic dynamics in simple liquids, Raman scattering. Pratesi also promoted and developed research into the biomedical applications of optical radiation. Numerous publications appeared, mostly in international journals.

4. Merger between the IOE and IFS in 1976, retaining the name "Istituto di Fisica Superiore" (IFS, Institute of Advanced Physics) with Toraldo as Director.

In 1976, at a joint meeting the staff of the IOE and IFS unanimously decided to merge the two institutes under the name IFS, with Toraldo as Director.

In November 1976, after the merger between IOE and IFS, the IFS had a total of 25 staff members, including the Director. This is evident from a letter sent by Toraldo on 21 November 1976 convening a meeting of the IFS new Council, which was constituted by all its members. The university employees, apart from Toraldo, were: three Full Assistants (Bruscaglioni, Mancini and Pratesi), three laboratory technicians (F. Cecconi, A. Ismaelli and L. Lo Porto), three administrative employees (N. Bichi, M.G. Mencarelli, C. Malloggi), one assistant (I. Perazzi) and one IFS Contract Researcher (G. Spina). There were also numerous people from the CNR charged of courses: L. Abbozzo, P.F. Checccacci, A. Consortini, O. Fagioli, G. Ventura. Other CNR researchers or voluntary assistants were included.

zionale, con collaborazioni che si concretarono con l'ingresso nel progetto internazionale MUSCLE (Multiple Scattering Lidar Experiment) come vedremo più avanti. Con Bruscaglioni e Zaccanti si laurearono molti studenti.

Nel 1975, quando Tito Arecchi venne a Firenze come Commissario dell'Istituto Nazionale di Ottica, INO, gli fu assegnato, per incarico, il Corso di Elettronica Quantistica. Nel 1976 diventò Ordinario di Ottica e fu nominato Direttore dell'INO. A Laura Ronchi, precedente incaricata di Ottica, fu assegnato l'incarico di Elettronica Quantistica.

Nel 1980 Pratesi vinse la Nuova Cattedra di Ordinario di Struttura della Materia.

A seguito della riforma Universitaria del 1980, già ricordata, i dipendenti Universitari assistenti o con incarico potevano passare al ruolo di Professori Associati, dopo una verifica di idoneità basata sui titoli. La stessa regola si applicava ai ricercatori CNR con incarico e a loro si presentò il problema di "scegliere" fra CNR e Università con le stesse regole. Degli Universitari, Bruscaglioni ebbe il ruolo di Professore Associato di Onde Elettromagnetiche e Mancini di Professore Associato di Fisica dello stato solido. Dal CNR passarono all'IFS come Associati: A. Consortini (Fisica Generale II), F. Barocchi (Laboratorio di Fisica), V. Tognetti (Fisica degli stati condensati), G. Ventura (Elettronica). Al CNR rimase L. Ronchi.

In addition to the IFS research projects mentioned above, there were those carried out by Bruscaglioni's group (formerly of the IOE) and others in collaboration with the CNR. Bruscaglioni's group was involved in research into "atmospheric scattering", for which it had developed a Monte Carlo program. Between 1976 and 1978, Bruscaglioni and Ismaelli, later joined by G. Zaccanti, extended the Monte Carlo method to the study of the contribution of the "twice-scattered" radiation to the response of a Lidar used for measuring atmospheric visibility and subsequently also for measuring cloud scattering. The publication of their work brought the group into the international sphere, leading to collaborations that culminated in their involvement in the international MUSCLE (Multiple Scattering Lidar Experiment) project, as we shall see later. Many students graduated under Bruscaglioni and Zaccanti.

In 1975, when Tito Arecchi came to Florence as Commissioner of the National Institute of Optics (INO), he was assigned the Quantum Electronics course. In 1976, he became Full Professor of Optics and was appointed Director of the INO. Laura Ronchi, previously in charge of Optics, was assigned the course of Quantum Electronics.

In 1980, Pratesi was the winner of a competition to the new Chair of Structure of Matter.

Following the 1980 university reform mentioned earlier, the university Assistant Professors could be promoted to the role of Associate Professors following an assessment of suitability based on their qualifications. The same rule applied to CNR researchers charged of courses, and they faced the dilemma of having to "choose" between the CNR and the University. Among the University staff, Bruscaglioni held the position of Associate Professor of Electromagnetic

5. Assegnazione sede Universitaria all'IFS, istituzione del Dipartimento di Fisica e Sezione di Fisica Superiore

Verso fine 1982 all'IFS fu assegnata una sede Universitaria all'ultimo piano di un'ala della Facoltà di Ingegneria in via Santa Marta 3. In questa sede ottennero posto anche altri gruppi, come quello di Bonetti-Aiello.

Il 3 Gennaio 1983, quando fu istituito il Dipartimento di Fisica, il personale IFS decise di aspettare a entrarci, eccetto Barocchi e Tognetti. L'ingresso fu deciso non molto tempo dopo, nella metà del 1984. Nell'elenco dei dipartimenti, pubblicato dall'Università nel 1986, anche tutto il personale ex IFS compare nel Dipartimento di Fisica. Nel Dipartimento l'ex IFS venne distinto con il nome, usato anche nelle pubblicazioni, di "Sezione di Fisica Superiore" di via Santa Marta. La Sezione sopravvisse fino al febbraio 2002 quando cessò, per il trasferimento nella nuova sede del Dipartimento a Sesto Fiorentino.

Nel periodo di oltre 17 anni dall'84 al 2002 la Sezione fu molto attiva, grazie anche alla grande disponibilità di spazio della nuova sede di Via S. Marta. C'erano ampli studi per due o tre persone e tre vasti laboratori rispettivamente per i gruppi di Bruscaglioni, Consortini, Mancini-Spina. Inoltre ampi spazi dei corridoi dell'edificio consentirono misure di propagazione laser in mezzi torbidi e mezzi turbolenti controllati.

Purtroppo, durante il trasferimento da via S. Marta alla sede del Dipartimento a Sesto, l'archivio IFS andò perduto o distrutto. Di conseguenza, nonostante si tratti di oltre 17 anni, le notizie disponibili sull'attività dei vari gruppi della Se-

Waves and Mancini that of Associate Professor of Solid-State Physics. The following moved from the CNR to the IFS as Associate Professors: A. Consortini (General Physics II), F. Barocchi (Physics Laboratory), V. Tognetti (Condensed Matter Physics), G. Ventura (Electronics). L. Ronchi remained at the CNR.

5. New university location of the IFS, establishment of the Department of Physics and the Advanced Physics Section.

Towards the end of 1982, the IFS moved to a new location on the top floor of a wing of the Faculty of Engineering at number 3 Via Santa Marta. Other groups, such as the Bonetti-Aiello group, were also accommodated in this location.

When the Department of Physics was established on 3 January 1983, the IFS staff decided to wait before joining it, with the exception of F. Barocchi and V.Tognetti. The decision to join was made in mid-1984. In the list of departments published by the University in 1986, all former IFS staff were listed under the Department of Physics. Within the Department, the former IFS was distinguished by the name "Sezione di Fisica Superiore" (Advanced Physics Section) of Via Santa Marta, and this name was also used in publications. The Section survived until February 2002, when it ceased to exist because the Department, all people belonging to it and all its research activity moved to the new headquarter buildings in the new scientific Campus of Sesto Fiorentino.

zione sono molto frammentarie, o addirittura quasi mancanti, salvo alcune ottenute dai diretti interessati.

Gruppi di ricerca

Un appunto di A. Consortini del Consiglio del 4 Dicembre 1984, relativo alla distribuzione dei fondi ai differenti gruppi, consente di avere un'idea della consistenza della "Sezione di Fisica Superiore", e delle ricerche in corso. Li elenchiamo nell'ordine della delibera, notando che tutti hanno anche collaborazioni CNR:

Consortini. "Misure fluttuazioni intensità laser nell'atmosfera" e "Misure fluttuazioni angoli di arrivo radiazione laser attraverso strati di turbolenza prodotta in laboratorio e loro correlazioni".

Pratesi: "Spettroscopia LICET "(da '81) personale Università e collaborazione con Arimondo, Pisa; e "Bilirubina fototerapia neonati", con Tocco (Roma).

Fabbri: "Proprietà fondo di radiazione cosmica".

Ventura: "Interferometro FP con filtro passa basso", con Fabbri.

Aiello-Bonetti: "Materia interstellare, infrarosso, ultravioletto" collaborazione con insegnante.

Spina-Mancini: "Effetto Mossbauer proseguimento", collaborazione Owes.

Bruscaglioni-Zacanti: "Diffusione di radiazione, continuazione"

Toraldo: "Semantica delle teorie fisiche".

Segnaliamo che Pratesi, Direttore del Sottoprogetto Applicazioni Mediche dei due progetti finalizzati CNR *Laser* (1978-82) e *Tecnologie Elettroottiche* (1989-83),

The Section was very active over the 17-year period between 1984 and 2002, thanks in part to the large amount of space available in Via S. Marta. There were spacious offices for two or three people and three large laboratories for the groups of Bruscaglioni, Consortini and Mancini-Spina, respectively. The building's wide corridors also allowed measurement of laser propagation in turbid and controlled turbulent media.

Unfortunately, during the move from Via S. Marta to the Department's new building in Sesto, the IFS archive was lost or destroyed. Consequently, despite regarding a period of over 17 years, the information available on the activities of the various groups within the Section is very fragmentary, if not almost non-existent, with the exception of some information obtained from those directly involved.

Research groups

A note by A. Consortini from the Council meeting of 4 December 1984, concerning the allocation of funds to the various groups, gives an idea of the size of the "Section of Advanced Physics" and the research underway. We list them in the order of the allocation, noting that all groups also had collaborators of the CNR:

Consortini. "Measurements of laser intensity fluctuations in the atmosphere" and "Measurements of Angle-of-Arrival Fluctuations of laser radiation propagated through layers of laboratory-generated turbulence and their correlations".

contribuì personalmente all'introduzione delle ricerche per applicazioni biomediche del laser con la messa in essere di gruppi di ricerca nazionali interdisciplinari e la costituzione di Centri Laser per Applicazioni Mediche, CLAM. Gestì oltre 40 unità operative, di cui qui diamo due esempi: a Milano (Istituto Nazionale Tumori, Centri CNR, Gruppi Universitari), a Firenze (Arcispedale di SM Nuova, Centri CNR, Gruppi Universitari, Industrie). Con questa politica lungimirante l'Italia è stata a lungo leader mondiale nella fotomedicina.

In questo periodo, si attivò un Programma Europeo "Human Capital and Mobility, HCM" con Bruscaglioni responsabile del programma scientifico e con la gestione amministrativa del CEO, Centro di Eccellenza Optronica, presso l'INO. Al Programma parteciparono i gruppi di Bruscaglioni e Consortini, Italia, di Chris Dainty, Imperial College UK, Aime e Borgnino Università di Nizza, e altri. Il programma HCM era su argomenti di propagazione ottica con scattering laser atmosferico (Bruscaglioni) e propagazione laser attraverso la turbolenza atmosferica (Consortini). Ci furono molti scambi di ricercatori e studenti e pubblicazioni scientifiche. Interessante fu una tesi di Dottorato che Florence Rigal, dottoranda dell'Università di Nizza, fece con il materiale risultato del Programma Europeo. Rigal non poté "dottorarsi" a Firenze perché le leggi italiane non lo consentivano. Così la tesi di dottorato la prima a "label Europe" dell'Università di Nizza, fu presentata e discussa a Nizza, con relatori, Borgnino e Consortini e massima valutazione.

Nel 1995 fu fondato l'ente di ricerca italiano INFM, Istituto Nazionale di Fisica della Materia, finanziato prevalentemente dal CNR, per promuovere e coordina-

Pratesi: "LICET spectroscopy" (from '81), University staff and collaboration with Arimondo, Pisa; and "Bilirubin phototherapy in newborns", with Tocco (Rome).

Fabbri: "Properties of the cosmic radiation background",

Ventura: "FP interferometer with low-pass filter", with Fabbri.

Aiello-Bonetti: "Ultraviolet, infrared, interstellar matter", collaboration with a school teacher

Spina-Mancini: "Mössbauer effect continuation", collaboration with Owes

Bruscaglioni-Zacanti: "Radiation scattering, continuation"

Toraldo: "Semantics of physical theories".

It should be noted that Pratesi, Director of the Medical Applications sub-project for the two CNR-funded projects Laser (1978–82) and Electro-optical Technologies (1989–83), contributed personally to the launch of research into biomedical laser applications by establishing national interdisciplinary research groups and setting up CLAM, ("Centri Laser per Applicazioni Mediche", Laser Centres for Medical Applications). He managed over 40 operational units, two examples of which are in Milan (National Cancer Institute, CNR Centres, University Groups), and in Florence (Arcispedale di SM Nuova, CNR Centres, University Groups, Industry). Thanks to this forward-looking policy, Italy was the world leader in photomedicine for many years.

During this period, a European programme entitled "Human Capital and Mobility (HCM)" was launched, with Bruscaglioni in charge of the scientific programme and the administrative management handled by the CEO, Centro di Eccellenza Optronica (Centre of Excellence in Optoelectronics), at the INO. The groups of Bruscaglioni and Consortini from Italy, Chris

re le ricerche sulla materia al quale aderirono sia gruppi di ricerca Universitaria che CNR. Per circa 10 anni le ricerche nazionali vennero coordinate dall'INFM ed ebbero fondi per ricerche e borse di studio. Anche i gruppi della Sezione di Fisica Superiore parteciparono all'attività INFM. Per esempio il gruppo Consortini ricevette fondi per borse di studio e misure, che consentirono di richiamare in Italia, nel 1997, Claudia Innocenti Post Doc in Francia e supportarla per un lungo periodo.

Come già accennato, Bruscaglioni entrò nel MUSCLE, un progetto iniziato nel 1987 da Germania e Israele, che si era esteso con l'adesione di altri gruppi da Svizzera, USA, Canada, Japan, Russia, Belarus, Bulgaria, China, France, Italia. Il MUSCLE era un gruppo di lavoro, con lo scopo di valutare l'effetto dello scattering multiplo sui ritorni Lidar, da strati torbidi dell'atmosfera, come nubi o nebbia. Il compito del gruppo fu quello di estendere il metodo Montecarlo allo scattering multiplo e di confermare i risultati con esperimenti, cosa che fu realizzata da Bruscaglioni con Zaccanti e Ismaelli. Il problema dello scattering multiplo fu poi esteso ai mezzi densi con importanti risultati e con applicazioni ai materiali organici di interesse in biologia (F. Martelli). Nel 1999 Bruscaglioni organizzò a Firenze il MUSCLE 10, "Tenth International Workshop on Multiple Scattering Lidar Experiments". Il Dipartimento di Fisica pubblicò un volume con i testi dei 32 lavori.

Molti furono i laureati con tesi sullo scattering del gruppo di Bruscaglioni e poi Zaccanti.

Con il trasferimento dal CNR, Consortini portò all'IFS la sua attività con la collaborazione CNR e soprattutto con collaborazioni internazionali, come quella

Dainty from Imperial College UK and Aime and Borgnino from the University of Nice, among others, participated in the programme. The HCM programme focused on topics relating to optical propagation involving atmospheric laser scattering (Bruscaglioni) and laser propagation through the atmospheric turbulence (Consortini). There were numerous exchanges of researchers and students, as well as scientific publications. A doctoral thesis written by Florence Rigal, a PhD student at the University of Nice, based on material resulting from the European Programme, was particularly interesting. Rigal was not allowed to complete her PhD in Florence because it was not possible under the Italian law. Consequently, her doctoral thesis – the first "Europe-labelled" thesis at the University of Nice – was presented and debated in Nice, with Borgnino and Consortini as supervisors, and received the highest mark.

In 1995, the Italian research body INFM (National Institute of Physics of Matter) was founded, largely with funding from the CNR, to promote and coordinate research on matter, with both the University and CNR research groups joining. The national research projects were coordinated by the INFM for about 10 years and received funding for research and scholarships. The groups in the Advanced Physics Section also took part in the activities of the INFM. The Consortini group, for example, received funding for scholarships and grants, which also enabled to bring Claudia Innocenti – a postdoc in France – back to Italy in 1997 and to support her over a long period of time.

As mentioned earlier, Bruscaglioni joined MUSCLE, a project launched by Germany and Israel in 1987, which had expanded to include other groups from Switzerland, the US, Canada,

con il Wave Propagation Laboratory, WPL, del NOAA, Boulder Co, US. Nell'ambito di questa collaborazione, organizzò due Topical Meetings, a Firenze, nel 1986 e 1991. Al WPL Consortini e il Dr G. Conforti, CNR, passarono l'estate 1987 per una campagna comune di misure di scintillazione, fluttuazioni di intensità, di radiazione Laser nell'atmosfera. Il progetto, da lei stessa proposto, era supportato da fondi dell'Università, del CNR e del NOAA. Le misure vennero fatte alla stazione di "Table Mount" sui monti del Colorado. All'impostazione della raccolta e poi all'elaborazione ed analisi dell'enorme quantità di dati prese parte indispensabile il laureando in Fisica Fausto Cochetti. L'elaborazione richiese ulteriori viaggi in USA e viceversa e, soprattutto, fondi da un contratto dell'Università con l'European Research Office dell'U.S, Army. La pubblicazione dell'articolo con i risultati (J.Opt.Soc.Am.A, 1993) dimostrò l'insufficienza delle teorie fino allora proposte e ne stimolò altre.

Dal 1990 Consortini ospitò i Prof.ri Sun Yi Yi e Li Zhi Ping (sua moglie) dell'Università di Yantai, Cina, per ricerche teoriche e sperimentali per ricavare informazioni sulla turbolenza atmosferica dall'effetto di questa sulla radiazione laser. Vennero ideati, sviluppati e applicati differenti metodi per misurare i tre parametri della turbolenza e furono molti i soggiorni a Firenze dei due professori. Consortini si recò numerose volte a Yantai. Dal 1997 al 2004 la collaborazione, inizialmente informale e supportata da progetti nazionali, divenne Ufficiale e fu la prima Collaborazione Scientifica Ufficiale dell'Università di Firenze con la Cina.

Nel 1986 il Prof Toraldo andò fuori ruolo, rimase alla sezione di Fisica Superiore anche quando era già in pensione e poi a Sesto nel Dipartimento per molti

Japan, Russia, Belarus, Bulgaria, China, France and Italy. MUSCLE was a working group with the aim of evaluating the effect of multiple scattering on Lidar returns from turbid atmospheric layers, such as clouds or fog. The group's job was to extend the Monte Carlo method to multiple scattering and to confirm the results with experiments, a task carried out by Bruscaglioni together with Zaccanti and Ismaelli. The problem of multiple scattering was subsequently extended to dense media, yielding significant results, and applications to organic materials of interest in biology (F. Martelli). In 1999, Bruscaglioni organised MUSCLE 10, the "Tenth International Workshop on Multiple Scattering Lidar Experiments", in Florence. The Department of Physics published a volume containing the texts of the 32 papers.

Many students made their research work on scattering in their theses for the degree in Physics with Prof Bruscaglioni and later with Dr Zaccanti.

When Consortini moved from the CNR to the University, she brought her work to the IFS, continuing her collaboration with the CNR and, above all, her international collaborations, such as that with the Wave Propagation Laboratory (WPL) of the NOAA in Boulder, Colorado, USA. As part of this collaboration, she organised two Topical Meetings in Florence, in 1986 and 1991. Consortini and Dr G. Conforti of the CNR spent the summer of 1987 at the WPL for a joint campaign measuring scintillation, intensity fluctuations, of laser radiation in the atmosphere. The project, that she herself proposed, was supported by funding from the University, the CNR and the NOAA. The measurements were taken at the "Table Mount" station in the Colorado mountains. Physics student Fausto Cochetti, working on this subject for his gradua-

anni. La cattedra di Fisica Superiore passò al Prof Arecchi, che lascio quella di Ottica. Fu unanimemente deciso che sarebbe stato fatto un concorso per la Cattedra di Ottica. Questo avrebbe dato la possibilità di concorrere a molte persone qualificate della Scuola di Toraldo. La cattedra fu invece messa a concorso per trasferimento e la Fisica della pianura perse anche la seconda cattedra.

L'eredità dei due Istituti non si è persa, gli allievi di Carrara e Toraldo e poi gli allievi degli allievi e così via hanno portato la loro competenza teorica e tecnologica e loro capacità di ricerca e didattica non solo nelle Università Italiane e al CNR ma ovunque in ambito internazionale: in Università, Enti di ricerca e Industrie nel mondo di cui si potrebbe fare un lungo elenco.

Anna Consortini, dal 2005 è in "quiescenza" da Docente "Associata di Fisica Generale" nell' Università di Firenze, dove ha insegnato anche Ottica fino all"AA 2019-2020.

Si è occupata di Ricerche in Elettromagnetismo, Ottica Classica e Quantistica, con oltre 160 pubblicazioni.

È stata presidente della International Commission for Optics, ICO (1993-1996), prima donna dalla fondazione dell'ICO nel 1947. È socia Emerita della Società Italiana di Ottica e Fotonica, SIOF, che ha fondato nel 1991. Dal 1995 al 2001 è stata Topical Editor di Applied Optics. Nel 2018 ha ottenuto il "Robert E. Hopkins Leadership Award" dall'OSA (Optical Society of America, ora OPTICA).

tion thesis, played a key role in organising the collection of a huge amount of data, as well as processing and analysing it. The processing required further trips to and from the US and, above all, funding from a contract between the University and the European Research Office of the US Army. The publication of the article presenting the results (J. Opt. Soc. Am. A, 1993) proved the inadequacy of the theories put forward until then and stimulated new theories.

From 1990, Consortini hosted Professors Sun Yi Yi and Li Zhi Ping (his wife) from Yantai University, China, for theoretical and experimental research aimed at gathering information on the atmospheric turbulence from its effect on laser radiation. Various methods were conceived, developed and applied to measure the three parameters of turbulence. The two professors made numerous visits to Florence and Consortini made several visits to Yantai. From 1997, the collaboration, which was initially informal and supported by national projects, became official and was the University of Florence's first official scientific collaboration with China.

Prof. Toraldo retired as a tenured professor in 1986 but remained in the Advanced Physics section even after his retirement and then in Sesto within the Department for many years. The Chair of Advanced Physics went to Prof. Arecchi, who left the Chair of Optics. It was unanimously decided that a competition would be held for the Chair of Optics. This would have given many qualified members of Toraldo's School the opportunity to apply. However, the chair was put up for transfer, and the "Physics of the Planes" lost its second chair too.

The legacy of the two Institutes was not lost. Carrara and Toraldo's students, and subsequently their students' students and so on, took their theoretical and technological expertise,

Riccardo Pratesi è Professore Emerito dell'Università di Firenze, in quiescenza da Ordinario di Struttura della Materia.

È stato Presidente del Corso di Laurea in Fisica tra il 1994 e il 1997, ed Organizzatore e Presidente del Corso di laurea in Ottica e Optometria dal 2003 al 2009.

È stato Direttore dell'Istituto di Elettronica Quantistica del CNR in Firenze dal 1970 al 1991, Presidente dell'Area della Ricerca CNR di Firenze, dal 1987 al 2000, Presidente della Società Italiana di Laser Chirurgia e Medicina e responsabile del Centro Laser per Applicazioni Mediche di Firenze.

Ha contribuito alla nascita della fisica del laser e della struttura della materia a Firenze, con attività prevalentemente sperimentale. È autore di oltre 100 pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali e di vari brevetti. È stato insignito dell'onorificenza di Grand'Ufficiale della Repubblica nel 2001.

Nota aggiunta dal Direttore

Giovedì 3 settembre quando questo fascicolo era già in stampa, è venuto a mancare Riccardo Pratesi, uno degli autori dell'articolo.

A nome mio e di tutto il Comitato di Redazione partecipo al cordoglio unanime per la perdita di una persona di grandi qualità scientifiche, umane e civili.

Si unisce a noi Anna Consortini, che ha condiviso con Riccardo Pratesi molte giornate negli archivi dell'Università per la preparazione, la scrittura e la revisione di questo articolo.

as well as their research and teaching skills, not only to Italian universities and the CNR, but also worldwide to universities, research institutions and industries across the globe, of which one could make a long list.

Anna Consortini retired in 2005 from her position as Associate Professor of General Physics at the University of Florence, where she also taught Optics until the 2019–2020 academic year.

Her research activities have focused on Electromagnetism, Classical Optics, and Quantum Optics, resulting in more than 160 scientific publications.

She served as President of the International Commission for Optics (ICO) from 1993 to 1996, becoming the first woman to hold this position since the ICO's foundation in 1947. She is an Emeritus Member of the Italian Society of Optics and Photonics (SIOF), which she founded in 1991. From 1995 to 2001, she served as a Topical Editor of Applied Optics. In 2018, she received the Robert E. Hopkins Leadership Award from the Optical Society of America (OSA, now OPTICA).

Riccardo Pratesi is Professor Emeritus of the University of Florence and retired as Full Professor of Structure of Matter Physics.

He served as Chair of the Degree Program in Physics from 1994 to 1997 and was the founder and Chair of the Degree Program in Optics and Optometry from 2003 to 2009.

He was Director of the Institute of Quantum Electronics (CNR) in Florence from 1970 to 1991, President of the CNR Florence Research Area from 1987 to 2000, President of the Italian Society for Laser Surgery and Medicine, and Director of the Florence Laser Center for Medical Applications.

He played a key role in the development of laser physics and structure-of-matter physics in Florence, with research activities primarily focused on experimental work. He is the author of more than 100 scientific papers published in international journals and holds several patents. In 2001, he was awarded the honor of Grand Officer of the Order of Merit of the Italian Republic.

Editor's note added in proof

On Thursday, September 3, while this issue was already in press, Riccardo Pratesi, one of the authors of this article, passed away.

On behalf of myself and the entire Editorial Board, I join in the universal condolences for the loss of a person of great scientific, human, and civic qualities.

We are joined by Anna Consortini, who shared many days with Riccardo Pratesi in the University archives during the preparation, writing, and revision of this article.

Il Colle di Galileo

Un fisico dello spazio ad Arcetri

A Space Physicist at Arcetri

Bruno Carli[1], Daniele Dominici[2], Massimo Mazzoni[3]
[1] Accademia Nazionale dei Lincei, Italia
[2] Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze, INFN-Sezione di Firenze, Italia
[3] Società Astronomica Italiana, Italia

Riassunto. Alberto Bonetti, Professore di Fisica dello Spazio a Firenze per quasi 30 anni, ha contribuito a molte iniziative e attività che hanno caratterizzato la ricerca del secolo scorso che, in questa nota, sono ricostruite. Si ricordano i suoi contatti con Giuseppe Occhialini e Bruno Rossi per la ricerca sui raggi cosmici ed il vento solare, i primi esperimenti su pallone stratosferico per lo studio del fondo cosmico e la sfida per la comprensione dei processi che controllano la deplezione dello strato di ozono stratosferico.

Parole chiave: raggi cosmici, fondo cosmico, ozono stratosferico, spettroscopia IR.

Alberto Bonetti, professore ordinario di Fisica dello Spazio a Firenze dal 1967, ed emerito dal 1995, è scomparso a Pieve Ligure il 20 settembre 2025.

Nato a Genova nel 1920, Bonetti (Fig. 1) è stato coinvolto in più d'una delle grandi sfide scientifiche che hanno caratterizzato il XX secolo. Laureatosi a Genova nel 1944 con Augusto Occhialini[1] ne diventa assistente straordinario dall'anno successivo. Dopo alcuni studi sugli ultrasuoni, con numerosi viaggi a Bruxelles nel periodo di circa un anno, inizia una collaborazione col fisico Giuseppe Occhialini, figlio di Augusto, che aveva cominciato a lavorare sulla rilevazione fotografica

Abstract. Alberto Bonetti, Professor of Space Physics in Florence for almost 30 years, contributed to numerous initiatives and activities that characterised Italian astrophysical research during the last century, which are detailed in this article. We remember his contacts with Giuseppe Occhialini and Bruno Rossi in relation to research into cosmic rays and solar wind, the first stratospheric balloon experiments to study the cosmic background, and the challenge posed by understanding the processes governing the depletion of the stratospheric ozone layer.

Keywords: cosmic rays, cosmic background, stratospheric ozone, IR spectroscopy.

Alberto Bonetti, full professor of Space Physics in Florence from 1967 and professor emeritus from 1995, passed away in Pieve Ligure on 20 September 2025.

Born in Genoa in 1920, Bonetti (Fig. 1) was involved in more than one of the great scientific challenges that characterised the 20th century. Having graduated in Genoa under Augusto

© 2026 Author(s)
ISSN 2281-7727 (print)
ISSN 2281-9711 (online)
Vol. 15, 2, 2026, pp. 27-45
DOI: 10.36253/cdg-17783
www.fupress.com/cdg



Figura 1. Il gruppo emulsioni di Milano. Da sinistra: Giuseppe Occhialini, Riccardo Levi-Setti, Livio Scarsi, Bice Locatelli e Alberto Bonetti (fondo Dilworth-Occhialini, Biblioteca BIFC dell'Università degli Studi di Milano).

Figure 1. The Milan emulsion group. From left: Giuseppe Occhialini, Riccardo Levi-Setti, Livio Scarsi, Bice Locatelli and Alberto Bonetti (fondo Dilworth-Occhialini, Biblioteca BIFC dell'Università degli Studi di Milano).

Occhialini[1] in 1944, he became his assistant the following year. After conducting a number of studies on ultrasound, which involved numerous trips to Brussels over a period of about a year, he started collaborating with physicist Giuseppe Occhialini, who was Augusto's son and had begun working on the photographic detection of elementary particles. The research with nuclear emulsion plates, conducted by Giuseppe Occhialini under the guidance of Cecil Powell[2] at Bristol University, led to the discovery of the π meson (Lattes et al. 1947). The young Occhialini, who went by the name of Beppo, had subsequently moved to Brussels to set up a Nuclear Physics centre specialised in plate techniques, and he was in need of assistance. Augusto Occhialini sent Bonetti, who began working on cosmic rays and their detection on photographic plates exposed at high altitudes. This led Bonetti to become an expert in photographic emulsions (Bonetti and Occhialini 1951; Bonetti et al. 1951). He brought these new techniques with him when he returned to Genoa, remaining in contact with Giuseppe Occhialini, who joined him there in Genoa in 1950, succeeding his father as Professor of Advanced Physics. Of particular interest during this period are Bonetti's observations of the traces left at the end of their flight by certain charged particles such as the pion and the muon (Bonetti et al. 1953).

Giuseppe Occhialini was appointed to the University of Milan in 1952 and Bonetti joined him as his assistant. It was during those years that the leading European laboratories studying cosmic rays began working together, launching high-altitude balloons carrying large packs of nuclear emulsions, which were subsequently analysed in the various laboratories. Occhialini was the Italian coordinator for the launches over the Mediterranean, culminating in the G-

delle particelle elementari. La ricerca con le lastre nucleari, condotta da Giuseppe Occhialini sotto la guida di Cecil Powell[2] dell'Università di Bristol, aveva portato alla scoperta del mesone π (Lattes et al. 1947). Il giovane Occhialini, detto Beppo, si era poi trasferito a Bruxelles per allestire un centro di Fisica Nucleare specializzato in tecniche delle lastre: si trovò così ad aver bisogno di aiuto. Augusto Occhialini manda Bonetti che inizia quindi la sua attività sui raggi cosmici e loro rivelazione con lastre fotografiche esposte in alta montagna. Bonetti diventa così un esperto in emulsioni fotografiche (Bonetti e Occhialini 1951, Bonetti et al. 1951) e ritornato a Genova porta con sé queste nuove tecniche rimanendo in contatto con Giuseppe Occhialini, che nel 1950 lo raggiunge a Genova succedendo al padre nella cattedra di Fisica Superiore. Interessanti in questo periodo sono le osservazioni di Bonetti delle tracce lasciate a fine corsa da alcune particelle cariche quali il pione e il muone (Bonetti et al. 1953).

Nel 1952 Giuseppe Occhialini viene chiamato all'Università degli Studi di Milano e Bonetti lo segue come assistente. È di quegli anni la collaborazione fra i principali laboratori europei attivi nello studio dei raggi cosmici con il lancio ad alta quota di palloni aerostatici con grandi pacchi di emulsioni nucleari successivamente analizzate nei vari laboratori. Occhialini fu il responsabile italiano per i lanci sul Mediterraneo, culminati con quello del G-Stack nel 1954, che permise di chiarire la composizione dei mesoni K (Bhowmik et al. 1959). Bonetti è parte importate in queste imprese del gruppo Occhialini.

Stack launch in 1954, which helped to clarify the composition of K mesons (Bhowmik et al. 1959). Bonetti played an important role in the activities undertaken by the Occhialini group.

There is a recollection of Bonetti during this period in a biography on Giuseppe Occhialini written by two of their former students (Cigna and De Sio 2008). The article states:

"Occhialini's assistant was Dr Alberto Bonetti, an unbeatable "murella" player. Murella was a game that consisted in throwing a coin from one side of the corridor so that it landed as close as possible to the wall opposite; the winner took all the money that had been staked.

The games took place after lunch, upon returning to the Institute; however, it wasn't easy for students to take part because Bonetti, who in fact was a champion, had absolutely no desire to take advantage of his skill to fleece the poor students.

Bonetti, another delightful member of the Occhialini clan, also acted as an intermediary between the professor and the students when it came to teaching. The lectures were always given by the assistant, and I personally can only recall a couple being given by Occhialini himself.

The reason was very simple: Occhialini used a language all of his own, which amounted to a direct Italianisation of English that rendered his words completely incomprehensible…. This meant that his extremely rare lectures were preceded by a specifically targeted lesson in which Bonetti would provide the key to understanding them, explaining the vocabulary necessary to understand the professor."

What is surprising in this recollection is that a man of such great intellect as Bonetti was also a champion at murella, although this game seems to have involved the entire academic

Esiste di questo periodo un ricordo di Bonetti in una biografia di Giuseppe Occhialini scritta da quelli che a suo tempo erano stati due loro studenti (Cigna e De Sio 2008). In questo articolo si legge:

> L'assistente di Occhialini era il dr. Alberto Bonetti, imbattibile giocatore di "murella". Questo gioco consisteva nel gettare una moneta stando da un lato del corridoio in modo che si fermasse il più vicino possibile al muro di fronte; chi vinceva si prendeva tutte le monete giocate.
> Le partite avvenivano dopo pranzo, al rientro in Istituto; tuttavia, agli studenti era difficile partecipare perché Bonetti, che appunto era un campione, non voleva assolutamente approfittarsi dell'abilità per spennare i poveri studenti.
> Bonetti, altra persona squisita del clan Occhialini, funzionava anche da interfaccia tra il professore e gli studenti per quanto riguardava la didattica. Infatti, le lezioni erano sempre tenute dall'assistente e, personalmente, ne ricordo soltanto un paio tenute da Occhialini in persona.
> Il motivo era molto semplice: Occhialini adoperava un linguaggio tutto suo che si risolveva in una diretta italianizzazione dell'inglese che rendeva assolutamente incomprensibile il discorso... Così le sue rarissime lezioni venivano preparate da una lezione *ad hoc* nella quale Bonetti forniva la chiave di ascolto con l'esposizione del vocabolario indispensabile per comprendere poi il professore.

Sorprende in questo ricordo che una persona di grande cultura come Bonetti fosse anche campione di murella, sebbene questo gioco sembri coinvolgere tutto il corpo accademico. Non sorprende invece la gentilezza che caratterizza il com-

community. What is not surprising, however, is the kindness that characterised Bonetti's demeanour: everyone who knew him is aware that he never sought to assert himself over others, his modus operandi always being one of firm yet consistently calm persuasion.

In 1961 he went to MIT in Boston for two years to work with Bruno Rossi[3], where he was introduced to Space Physics and made a significant contribution to the first direct, quantitative measurements of solar wind (Bonetti et al. 1963).

Having meanwhile been awarded a professorship in Experimental Physics, in 1963 he moved to Bari, where he contributed to the development of the new Institute of Physics that Michelangelo Merlin[4] had founded there. In Bari, Bonetti began to gather together a group of young researchers who would form what would become the Infrared (IR) Group. During those years, satellite development was at the forefront of current interest, and there was a growing commitment to the new observations that would be made possible by scientific instruments operating outside the Earth's atmosphere. One of the most interesting spectral regions is the IR, typically with wavelengths ranging from 1 micrometre to 1 millimetre, where the atmosphere is made opaque by the absorption caused by the vibrational spectra (in the near and mid-IR) and the rotational spectra (in the far-IR and sub-millimetre region) of atmospheric molecular species. With satellites, and without atmospheric absorption, it becomes possible to observe the cold matter that makes up most of the universe and the cosmic background present at longer wavelengths. Pending the arrival of future satellites, observations can be made either in high mountains, exploiting certain "atmospheric windows" that open up in the atmospheric

portamento di Bonetti: tutti quelli che lo hanno conosciuto sanno che non ha mai cercato di imporsi agli altri, avendo sempre come *modus operandi* quello di una ferma, ma sempre molto pacata persuasione.

Nel 1961 va per due anni al MIT di Boston a lavorare con Bruno Rossi[3] dove viene introdotto alla Fisica dello spazio e contribuisce in modo significativo alle prime misure dirette e quantitative del vento solare (Bonetti et al. 1963).

Avendo vinto nel frattempo una cattedra di Fisica Sperimentale, nel 1963 si trasferisce a Bari dove contribuisce allo sviluppo del nuovo Istituto di Fisica che Michelangelo Merlin[4] aveva fondato in quella città. A Bari Bonetti comincia a raccogliere intorno a sé alcuni giovani ricercatori che formano quello che diventerà il Gruppo Infrarosso (IR). In quegli anni lo sviluppo dei satelliti è di grande attualità e cresce l'impegno verso le nuove osservazioni che saranno possibili con strumenti scientifici operanti al di fuori dell'atmosfera terrestre. Una delle zone spettrali di grande interesse è appunto l'IR, tipicamente con lunghezze d'onda da 1 micron a 1 mm, dove l'atmosfera è resa opaca dall'assorbimento causato dagli spettri vibrazionali (nel vicino e medio IR) e dagli spettri rotazionali (nel lontano IR e nella regione sub-millimetrica) delle specie molecolari atmosferiche. Con i satelliti, senza l'assorbimento atmosferico, diventa possibile osservare la materia fredda che compone gran parte dell'universo e il fondo cosmico presente alle maggiori lunghezze d'onda. In attesa dei futuri satelliti, osservazioni possono essere fatte o in alta montagna, sfruttando alcune "finestre atmosferiche" che si aprono nella trasparenza atmosferica salendo in quota, o con misure a 30-40 km di altezza con strumentazione portata in quota con un pallone.

transparency as the altitude increases, or by taking measurements at an altitude of 30–40 km using instruments carried up by a balloon.

In 1964, the IR group joined GIFCO (the Italian Group for Cosmic Physics), which had just been founded by Giuseppe Occhialini, and in 1967, following Bonetti's appointment to the Chair of Space Physics in Florence, it moved to the Officine Galileo in Florence, which, being interested in the development of IR observational techniques, provided accommodation and logistical support. This new collaboration was part of a long-term strategy by Officine Galileo, which subsequently produced much of Italy's scientific space instrumentation[5].

In the early 1970s, the IR group's main activity involved balloon flights reaching the stratosphere (known as high-altitude balloons or stratostats) to measure the dipole anisotropy of the cosmic microwave background. The first flight, in 1970 from Gap, France (Fig. 2), was followed in 1971 by a flight from Air-sur-l'Adour, also in France, and subsequently by flights from the Milo base in Sicily (Fabbri et al. 1980).

The existence of a dipole can be detected using a differential measurement which, in the presence of residual atmospheric interference, is relatively easier than an absolute measurement. This line of research was subsequently transferred to Rome with Francesco Melchiorri[6] and was continued with great success by one of his Florentine students: Paolo De Bernardis. With BOOMERanG (an acronym for Balloon Observations Of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics), an experiment that flew over Antarctica in the early 2000s, Paolo De Bernardis obtained high-resolution absolute measurements of the anisotropies in cosmic

Nel 1964 il gruppo IR afferisce al GIFCO (Gruppo Italiano di Fisica Cosmica) appena fondato da Giuseppe Occhialini e nel 1967, con la chiamata di Bonetti sulla cattedra di Fisica dello Spazio a Firenze, si trasferisce presso le fiorentine Officine Galileo che, interessate allo sviluppo di tecniche osservative nell'IR, offrono ospitalità e logistica. Questa nuova collaborazione è parte di una strategia a lungo termine delle Officine Galileo che successivamente hanno realizzato gran parte della strumentazione scientifica spaziale italiana[5].

Nei primi anni '70 la principale attività del gruppo IR sono i voli su palloni aerostatici che raggiungono la stratosfera (i così detti palloni stratosferici) per la misura dell'anisotropia di dipolo del fondo cosmico. Al primo volo nel 1970 da Gap, Francia (Fig. 2), seguono nel 1971 il volo da Air-sur-l'Adour, sempre in Francia, e successivamente quelli dalla base di Milo in Sicilia (Fabbri et al. 1980).

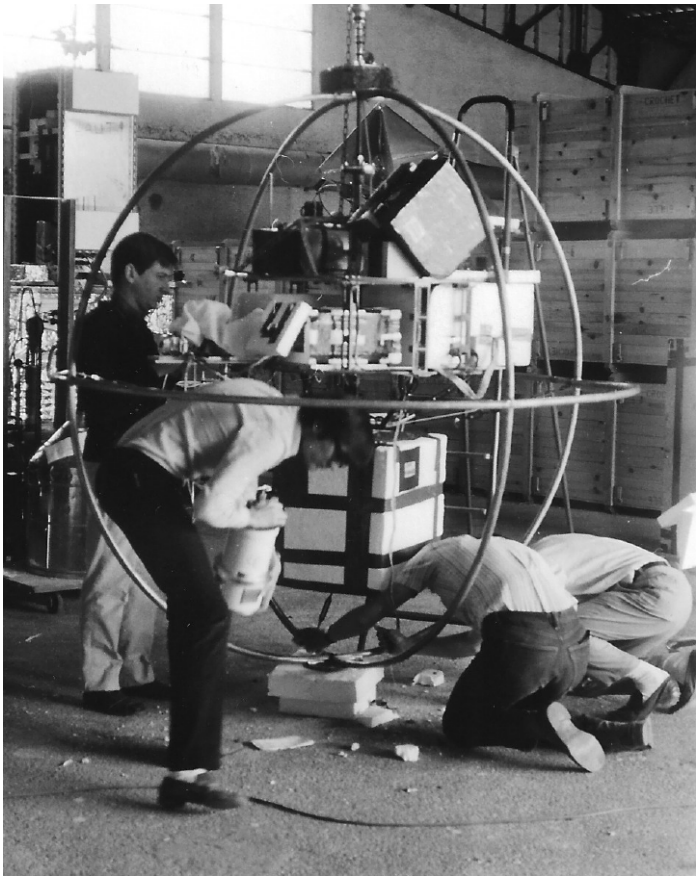


Figura 2. Misura del dipolo del fondo cosmico. Preparazione dello strumento per lancio con pallone stratosferico da Gap, Francia, nel 1970 (Cortesia Francesco Castagnoli).

Figure 2. Measurement of the cosmic microwave background dipole. Preparation of the instrument for launch via stratostat from Gap, France, in 1970 (Courtesy of Francesco Castagnoli).

L'esistenza di un dipolo può essere rilevata con una misura differenziale che, in presenza delle residue interferenze atmosferiche, è relativamente più facile rispetto ad una misura assoluta. Questo filone di attività si è in seguito trasferito con Francesco Melchiorri[6] a Roma ed è stato continuato con grande successo da un suo studente fiorentino: Paolo De Bernardis. Con l'esperimento BOOMERanG (acronimo di Balloon Observations Of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics), che ha volato in Antartide nei primi anni del 2000, Paolo De Bernardis ha ottenuto misure assolute ad alta definizione delle anisotropie della radiazione di fondo cosmico risolvendo alcune importanti questioni di tipo cosmologico (De Bernardis et al. 2000).

Bonetti cerca anche di investire in nuove strutture e la sua proposta di realizzare un osservatorio nazionale in alta montagna viene accolta con grande interesse dai gruppi GIFCO di Milano e di Roma: seguono osservazioni sull'arco alpino alla Testa Grigia (3315 m.) nel 1970, al Gornergrat (3135 m.) nel 1971 e alla Jungfraujoch (3454 m.) nel 1976 (vedi p. es. Carli et al. 1976) per individuare il miglior sito osservativo. La scelta cadrà sul Gornergrat dove verrà installato il telescopio nazionale TIRGO (Telescopio IR GOrnergrat) che sarà gestito dall'Osservatorio Astrofisico di Arcetri sotto la direzione di Franco Pacini[7].

Nel 1975, in collaborazione con Bruno Carli, suo ex studente, che era tornato da una esperienza al Queen Mary College di Londra dove aveva acquisito competenze sulla spettroscopia a trasformata di Fourier nel lontano IR, parte una nuova attività su cui si focalizzeranno gli interessi di Bonetti fino al suo pensionamento nel 1995. L'anno precedente Rowland e Molina (Rowland e Molinas 1974) aveva-

microwave background radiation, providing answers to some important cosmological questions (De Bernardis et al. 2000).

Bonetti also sought to invest in new facilities and his proposal to establish a national high-altitude observatory was received with great interest by the GIFCO groups in Milan and Rome: observations of the Alpine arc followed, at Testa Grigia (3315 m) in 1970, at Gornergrat (3135 m) in 1971 and at Jungfraujoch (3454 m) in 1976 (see e.g. Carli et al. 1976) to identify the best observation site. Gornergrat was ultimately chosen as the site for the national telescope known as TIRGO (Telescopio IR GOrnergrat), which was operated by the Arcetri Astrophysical Observatory under the direction of Franco Pacini[7].

In 1975, in collaboration with his former student Bruno Carli, who had returned from an experience at Queen Mary College in London, where he had acquired expertise in Fourier transform spectroscopy in the far IR, Bonetti embarked on a new line of research that would remain the focus of his interests until his retirement in 1995. The previous year, Rowland and Molina (Rowland and Molina 1974) had issued a warning that the spreading of chlorofluorocarbons into the atmosphere could lead to the release of chlorine atoms in the stratosphere, capable of triggering catalytic reactions that deplete stratospheric ozone. Direct measurements of the molecular composition of the stratosphere were extremely scarce in those years, and those molecular spectra, which make the atmosphere opaque at low altitudes, became a fundamental observational tool at high altitudes. Many new observations at that time used vibrational spectra in the near and mid-IR, while there was scepticism regarding the feasibility

no lanciato l'allarme che la dispersione in atmosfera dei clorofluorocarburi poteva liberare in stratosfera atomi di cloro in grado di innescare delle reazioni catalitiche che depauperano l'ozono stratosferico. Le misure dirette sulla composizione molecolare della stratosfera erano in quegli anni molto scarse e quegli spettri molecolari, che a bassa quota rendono l'atmosfera opaca, diventano ad alta quota uno strumento osservativo fondamentale. Molte nuove osservazioni di allora utilizzano gli spettri vibrazionale nel vicino e medio IR, mentre c'è scetticismo sulla possibilità di utilizzare gli spettri rotazionali nel lontano IR perché l'intenso spettro del vapore acqueo e le fitte righe d'assorbimento dell'ozono stesso coprono i contributi degli altri composti. Tuttavia, alcune simulazioni suggeriscono che con misure ad alta risoluzione si possano osservare anche i componenti minori e il gruppo IR affronta questa sfida.

Bonetti suggerisce di utilizzare i nuovi palloni stratosferici americani capaci di portare grossi carichi fino a 40 km di quota, ed ottiene il finanziamento dal PSN (Piano Spaziale Nazionale) per la costruzione dello strumento e dalla CMA (Chemist Manufacturers Association) per i voli negli Stati Uniti. Lo strumento, per ridurne il peso compatibilmente con la portata dei palloni stratosferici, viene costruito in lega di magnesio avvalendosi delle capacità delle fonderie della ditta Campagnolo di San Lazzero di Savena, famosa per i cambi delle biciclette e fornitrice delle ruote delle macchine da corsa della Ferrari, e delle officine Salvadori di Firenze, una delle poche in grado di lavorare la lega di magnesio.

Nel 1979 si ottengono le prime misure ad alta risoluzione dello spettro di emissione stratosferica nel lontano IR e nella regione sub-millimetrica. È stata

of using rotational spectra in the far-IR because the intense water vapour spectrum and dense absorption lines of ozone itself masked the contributions of other species. However, some simulations suggested that high-resolution measurements could also reveal minor components, and the IR group took on this challenge.

Bonetti suggested using the new American stratostats, capable of carrying heavy loads to an altitude of 40 km, and secured funding from the PSN (Piano Spaziale Nazionale) for the construction of the instrument and from the CMA (Chemical Manufacturers Association) for the flights in the United States. To keep the instrument's weight within the load capacity of the stratostats, it was built using a magnesium alloy, drawing on the expertise of the foundries of Campagnolo, an Italian company famous for its bicycle gear systems and supplier of wheels for Ferrari racing cars, based in San Lazzaro di Savena, and the Salvadori workshops in Florence, one of the few facilities capable of working with magnesium alloy.

The first high-resolution measurements of the stratospheric emission spectrum in the far-IR and sub-millimetre regions were obtained in 1979. A resolution of 0.003 cm^{-1} was achieved in the spectral range between 8 and 80 cm^{-1} (corresponding to wavelengths between 1.2 mm and 120 μm), and measurements were subsequently extended up to 150 cm^{-1} (Carli et al. 1980 and 1984). These are still the highest-resolution measurements of stratospheric emission in this spectral range that exist today and, paradoxically, at the time they had an even higher resolution than laboratory measurements.

raggiunta la risoluzione di 0,003 cm^{-1} nell'intervallo spettrale fra 8 ed 80 cm^{-1} (corrispondenti a lunghezze d'onda fra 1,2 mm e 120 μm) e successivamente le misure sono arrivate fino a 150 cm^{-1} (Carli et al. 1980 e 1984). Queste sono ancor oggi le misure a più alta risoluzione che esistono dell'emissione stratosferica in questo intervallo spettrale e, paradossalmente, a quei tempi erano anche a più alta risoluzione delle misure di laboratorio.

Per una adeguata assegnazione delle righe osservate servivano pertanto anche misure più precise degli spettri rotazionali delle singole molecole e, negli anni '80, inizia a questo scopo una collaborazione (Fig. 3) con i colleghi bolognesi di Chimica Industriale**:** Agostino Trombetti, Gianfranco Di Lonardo e Massimo Carlotti (Bonetti et al. 1985; Carli et al. 1988). L'assegnazione delle righe osserva-

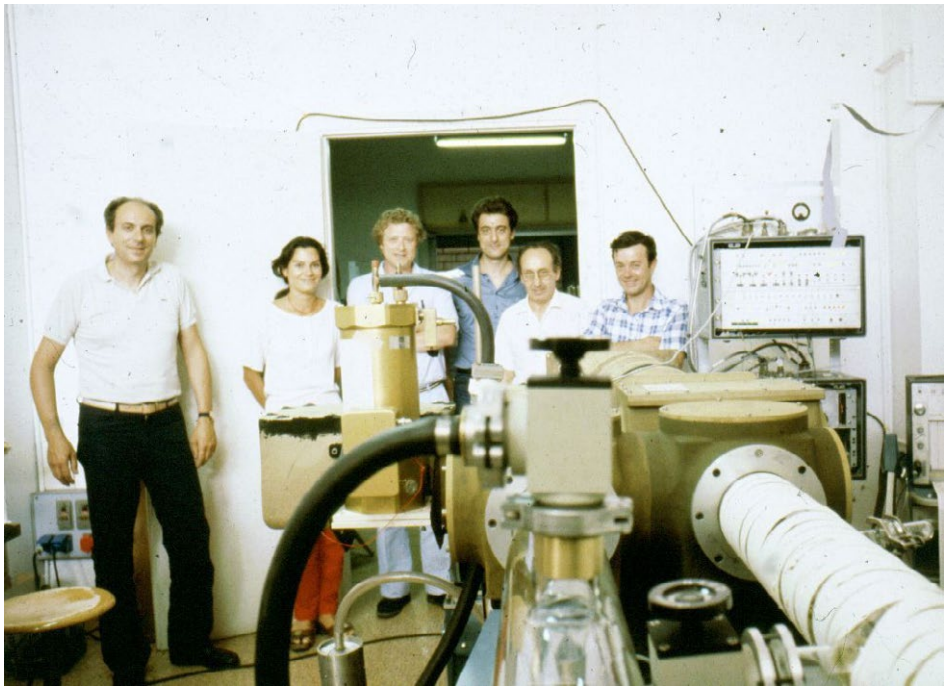


Figura 3. La collaborazione per le misure di spettri rotazionali ad alta risoluzione nel lontano IR, foto del 1980. Da sinistra Agostino Trombetti (chimica industriale, Bologna), Mariagrazia Baldecchi (IROE- CNR), Gianfranco di Lonardo (chimica Industriale, Bologna), Bruno Carli (IROE-CNR), Alberto Bonetti ed Enzo Rossi (Università di Firenze). Manca del gruppo di Bologna Massimo Carlotti, probabilmente impegnato a fare la fotografia. Enzo Rossi, prima di diventare il tecnico di Alberto Bonetti, era stato il tecnico di Simone Franchetti e aveva gestito la falegnameria dell'Istituto Garbasso.

Figure 3. The collaboration for high-resolution rotational spectrum measurements in the far-IR, photo from 1980. From left: Agostino Trombetti (Industrial Chemistry, Bologna), Mariagrazia Baldecchi (IROE-CNR), Gianfranco di Lonardo (Industrial Chemistry, Bologna), Bruno Carli (IROE-CNR), Alberto Bonetti and Enzo Rossi (University of Florence). Massimo Carlotti is missing from the Bologna group, probably because he was busy taking the photograph. Before becoming Alberto Bonetti's technician, Enzo Rossi had run the carpentry workshop at the Garbasso Institute.

te in stratosfera porta alla misura di gran parte dei composti molecolari coinvolti nella chimica dell'ozono (p. es. Baldecchi et al. 1988).

Il gran numero di nuovi strumenti che negli anni '70 sono stati sviluppati per l'osservazione della chimica della stratosfera ha posto problemi di inconsistenza fra le diverse misure, spingendo la NASA ad organizzare il progetto BIC (Balloon Intercomparison Campaign). Gli strumenti che avevano fatto le misure in quota sono stati raccolti su quattro gondole che, fatte volare dalla stessa base di lancio, hanno fatto misure quasi contemporaneamente durante due campagne nel 1982 e nel 1984. Lo strumento del gruppo IR di Firenze ha volato sulla gondola coordinata da NPL (National Physical Laboratory), Teddington, Inghilterra.

A partire dal 1985, con le scoperte dell'esistenza di un buco nella fascia di ozono in Antartide e della mitigazione dei processi di depauperamento alle medie latitudini realizzata dalla molecola $ClONO_2$, l'interesse delle misure sull'ozono si sposterà nelle regioni polari (Fig. 4).

Per onorare la figura del maestro Giuseppe Occhialini, nel 1987 Alberto Bonetti aveva organizzato per lui, insieme a Paolo Blasi[9] allora Direttore del Dipartimento di Fisica, una memorabile giornata di celebrazione e ricordi: una specie di cameratesca rimpatriata scientifica.

Purtroppo, ad inizio millennio le registrazioni video dell'evento giacevano ancora nell'archivio di Blasi e nessuno prendeva l'iniziativa di una trascrizione. Bonetti, pur sfruttando saltuariamente un pied-à-terre presso la Cappella di Ceppeto nell'area metropolitana, ormai viveva a Pieve Ligure, in un luminoso appartamento dal quale, grazie alla ripida costa ligure, vedeva un panorama di-

In order to assign the lines observed correctly, more precise measurements of the rotational spectra of individual molecules were required, and a collaboration was launched for this purpose in the 1980s (Fig. 3) with colleagues from the Department of Industrial Chemistry in Bologna: Agostino Trombetti, Gianfranco Di Lonardo and Massimo Carlotti (Bonetti et al. 1985; Carli et al. 1988). The assignment of the lines observed in the stratosphere led to the measurement of most of the molecular compounds involved in ozone chemistry (e.g. Baldecchi et al. 1988).

The large number of new instruments which were developed in the 1970s for observing stratospheric chemistry led to inconsistencies between the various measurements, prompting NASA to organise the BIC (Balloon Intercomparison Campaign) project. The instruments used to take measurements at high altitude were mounted on four balloon gondolas which were launched from the same site and took measurements almost simultaneously during two campaigns in 1982 and 1984. The instrument from the IR group in Florence was flown on the gondola coordinated by the NPL (National Physical Laboratory) in Teddington, England.

From 1985 onwards, following the discoveries of a hole in the Antarctic ozone layer and the mitigation of ozone depletion processes at mid-latitudes by the molecule ClONO2, the focus of ozone measurements shifted to the polar regions (Fig. 4).

To honour the memory of his mentor Giuseppe Occhialini, in 1987 Alberto Bonetti organised, together with Paolo Blasi[9] then Head of the Department of Physics, a memorable day of celebration and remembrance: a sort of friendly scientific reunion.



Figura 4. Alberto Bonetti e Giorgio Fiocco[8] nel 1999 durante una visita ad Ushuaia (Argentina) presso i gruppi di ricerca da loro fondati; questi erano impegnati in una iniziativa (il progetto APE-GAIA) per una campagna internazionale di misure sul buco dell'ozono antartico. La campagna utilizzava 13 strumenti che operavano a bordo di un aereo stratosferico russo.

Figure 4. Alberto Bonetti and Giorgio Fiocco[8] in 1999, during a visit to Ushuaia (Argentina) to see the research groups they had founded. These groups were involved in the APE-GAIA project, an international campaign to measure the hole in the ozone layer over Antarctica. The campaign employed 13 instruments which operated aboard a Russian stratospheric aircraft.

Unfortunately, at the start of the millennium, the video recordings of the event were still lying in Blasi's archive, and no one was making the effort to transcribe them. Despite occasionally using a pied-à-terre at the Chapel of Ceppeto in the metropolitan area, Bonetti by then lived in Pieve Ligure, in a sunny apartment from which, thanks to the steep Ligurian coastline, he enjoyed a view divided horizontally between the light blue of the sky and the deep blue of the sea. This meant that he rarely came to Florence and needed local assistance for this task, which was later to be supplemented with biographical and bibliographical details. This is why he decided to involve another member of the Department (MM). The venue for the birthday celebration was the historic Institute of Physics in Florence, situated on the hill of Arcetri, and it was attended by numerous colleagues, both physicists and astronomers, as well as students and friends. It had also provided an opportunity for a round-table discussion on the 25th anniversary of the European Space Agency (ESA), with contributions from a number of project managers, and, above all, to retrace the milestones of research in Arcetri at that time, thanks to interventions by Gilberto Bernardini, Daria Bocciarelli, Bruno Rossi, Edoardo Amaldi and Manlio Mandò, who had been invited by Bonetti. The account, woven from personal memories, research carried out in collaboration with "Beppo" Occhialini and pertinent anecdotes, was enriched by the latter's own recollections, which spanned everything from his relationships with colleagues to sunsets over the hill and the local trattoria. In short, it was a document worth recovering, as indeed happened (Bonetti and Mazzoni 2007). This work and its presentation in an appropriate editorial format highlighted another of Bonetti's qualities: a valuable meticu-

viso orizzontalmente tra l'azzurro del cielo e il blu del mare. Così veniva di rado a Firenze ed aveva bisogno di un aiuto locale per tale impegno, da completare poi con integrazioni biografiche e bibliografiche. Per questo decise di coinvolgere un altro membro del Dipartimento (MM). La sede della manifestazione per il genetliaco era stata lo storico istituto della Fisica fiorentina sulla collina di Arcetri, e aveva visto numerosa partecipazione di colleghi sia fisici che astronomi, oltre a studenti ed amici. Era stata l'occasione anche per una tavola rotonda sui 25 anni dell'ESA, l'Agenzia Spaziale Europea, raccontata da alcuni responsabili di progetti, e soprattutto per ripercorrere le tappe della ricerca arcetrina del tempo, attraverso gli interventi di Gilberto Bernardini, Daria Bocciarelli, Bruno Rossi, Edoardo Amaldi e Manlio Mandò, invitati da Bonetti. La rassegna, svolta sul filo delle memorie individuali, delle ricerche condotte insieme a "Beppo" Occhialini e della relativa aneddotica, fu arricchita dai ricordi personali di quest'ultimo, che spaziarono dai rapporti con i colleghi fino ai tramonti sul colle e alla trattoria locale. Insomma un documento che valeva la pena recuperare, come difatti avvenne (Bonetti e Mazzoni 2007). Questo lavoro e la sua sistemazione in un'opportuna veste editoriale misero in luce un'ulteriore qualità di Bonetti: una preziosa acribìa rafforzata da metodo e memoria. Fu confermata quando l'interesse verso Occhialini e la scienza fiorentina produsse un'altra pubblicazione, quasi contemporanea (Bonetti e Mazzoni 2006). Collaborare con lui significava davvero imparare, anche in questo campo: dalla dote di un pensare ordinato discendeva il verificare sempre le fonti, cercare documenti d'appoggio, scrivere con semplicità e chiarezza; in caso di disparità di opinioni non forzava, ma indirizzava, con gentilezza

lousness reinforced by method and memory. This was confirmed when interest in Occhialini and Florentine science led to another publication, released almost at the same time (Bonetti and Mazzoni 2006). Working with him really meant learning, also in this field. His ability to think systematically meant he always checked his sources, sought supporting documents, and wrote with simplicity and clarity. When opinions differed, he never forced his views on others but guided them with kindness yet firmness. It was a mental clarity that he retained for practically his entire life, aided, perhaps, not only by genetics but also by a frugal diet, his sole indulgence being a glass of good wine, and by a life devoted to science, for as long as he was able, and subsequently to music, sailing and reading, particularly essay writings. In 2020, on his 100th birthday, he sent a message of greetings and good wishes to mark the opening of the Italian Physics Society, SIF annual conference. When we went to see him to record a video interview, he took the opportunity to send a message to Giorgio Parisi as well, as a recent book on the synchronised flight of flocks of birds had given him some ideas he wanted to discuss with the Nobel Prize winner, a member of the Accademia dei Lincei like himself, who had studied complex dynamic systems. At the age of almost one hundred, he successfully renewed his driving licence and remarked, with a smile, that the next time he renewed it, there would be no space for his age on the documents, which only had room for two digits.

Bonetti was a mentor, a colleague and a friend to those who worked with him. Those who are older remember his vast knowledge, which enabled him to answer all kinds of questions, not only within the field of science, in the days before search engines existed. All those who

ma anche risoluto. È stata una lucidità mentale che ha conservato praticamente per tutta la vita, in questo forse aiutato, oltre che dalla genetica, da una dieta frugale, con l'unica concessione di un bicchiere di buon vino, e da una vita dedicata alla scienza, finché gli è stato concesso, e in seguito alla musica, alle gite in barca e alla lettura, specialmente saggistica. Nel 2020, al compimento dei suoi cento anni, fece giungere un messaggio di saluti e buon proseguimento all'apertura del congresso annuale SIF. Quando ci recammo da lui per registrare una video intervista, ne approfittò per inviare anche una comunicazione a Giorgio Parisi, poiché un recente libro sul volo sincronizzato degli stormi gli aveva suggerito degli spunti che avrebbe voluto discutere col premio Nobel, accademico linceo come lui, che aveva studiato i sistemi dinamici complessi. Ancora alla soglia dei suoi cento anni sostenne con successo il rinnovo della patente di guida, e sorridendo faceva notare che al rinnovo successivo non ci sarebbe stato spazio per l'età sui documenti, che prevedevano solo due cifre.

Bonetti è stato per i suoi collaboratori un maestro, un collega ed un amico. Quelli più anziani, ai tempi in cui non c'erano ancora i motori di ricerca, ricordano la sua estesa cultura che gli consentiva di rispondere ai dubbi di ogni tipo, anche al di fuori dell'ambito scientifico. Tutti quelli che sono stati suoi studenti ricordano la sua disponibilità e generosità: per la correzione degli articoli l'appuntamento era a casa sua dopo cena per la rilettura e riscrittura del testo fino ad ora tarda. Alla fine, nonostante il suo fondamentale contributo alla versione finale, Alberto preferiva non firmare l'articolo e si accontentava di un ringraziamento.

were his students remember his readiness to help and his generosity: when it came to correcting articles, they would meet at his home after dinner to go through and rewrite them until late at night. In the end, despite his vital contribution to the final version, Alberto preferred not to be named as an author and was content with a simple acknowledgement.

Bonetti, a member of the Accademia dei Lincei in the Physical, Mathematical and Natural Sciences class (corresponding member from 1991, national member from 2004), is credited with having contributed not only to many aspects of scientific research in the last century, in the field of physical phenomena in the Earth's upper atmosphere and cosmic rays, but also to the creation of important scientific infrastructures and groups that are still active in Italy today.

Some of the personal information about Bonetti comes from an interview he granted to Massimo Mazzoni in 2020, during more than a decade of collaboration on the history of Italian and particularly Florentine physics.

Notes

1. Raffaele Augusto Occhialini (1878–1951) graduated in physics from Pisa in 1903, continuing his career at the University of Florence (from 1918 to 1921) as assistant to Antonio Garbasso (1871–1933) and, subsequently, at the Universities of Sassari, Siena and finally Genoa from 1929.

Bonetti, socio dell'Accademia dei Lincei nella classe di Scienze Fisiche Matematiche e Naturali (corrispondente dal 1991, nazionale dal 2004), ha il merito di aver contribuito non solo a molti aspetti della ricerca scientifica dello scorso secolo, nel campo dei fenomeni fisici dell'alta atmosfera terrestre e dei raggi cosmici, ma anche alla creazione di importanti strutture e gruppi scientifici che sono ancor oggi attivi in Italia.

Parte delle informazioni personali di Bonetti provengono da una intervista che ha concesso a Massimo Mazzoni nel 2020, durante una collaborazione più che decennale sulle vicende della fisica italiana e in particolare di quella fiorentina.

Note

1. Raffaele Augusto Occhialini (1878-1951), laureato in fisica a Pisa nel 1903 continuò la sua carriera all'Università di Firenze (dal 1918 al 1921) come assistente di Antonio Garbasso (1871-1933) e, in seguito, alle Università di Sassari, di Siena e infine di Genova dal 1929.
2. Cecil Powell (1903-1969) fisico britannico allievo di Ernest Rutherford, Nobel 1908 per la Chimica, perfezionò la tecnica delle lastre nucleari; per questo, e per la scoperta del pione, nel 1950 ricevette il Nobel per la Fisica. Per un'ampia rassegna su tali studi si veda (Powell et al. 1959) dove si citano molti contributi di Alberto Bonetti, ovviamente oltre a quelli, più numerosi, di Giuseppe Occhialini.
3. Bruno Benedetto Rossi (1905-1993) si laurea a Bologna nel 1927 ed è assistente di Antonio Garbasso all'Università di Firenze dal 1928 al 1932. È considerato il "padre" della fisica dei raggi cosmici, ma nel 1938 dovette lasciare l'Italia e andare negli Stati Uniti a causa delle leggi razziali.

2. Cecil Powell (1903–1969), a British physicist and student of Ernest Rutherford, winner of the 1908 Nobel Prize for Chemistry, perfected the nuclear plate technique; for this, and for the discovery of the pion, he was awarded the Nobel Prize for Physics in 1950. For a comprehensive review of these studies, see (Powell et al. 1959), which cites numerous contributions by Alberto Bonetti, in addition, of course, to the even more numerous contributions by Giuseppe Occhialini.
3. Bruno Benedetto Rossi (1905 – 1993) graduated from Bologna in 1927 and was assistant to Antonio Garbasso at the University of Florence from 1928 to 1932. He is considered the "father" of cosmic ray physics, but in 1938 he was forced to leave Italy and go to the United States due to the racial laws.
4. Michelangelo Merlin (1910-2002) a physicist from Trieste, devoted his career mainly to the study of cosmic rays. In 1957, he won the competition for the Chair of Experimental Physics at the University of Bari and became head of the Department of Physics, which is now named after him.
5. Officine Galileo's involvement in Italian space activities began in the early 1960s with Luigi Broglio's San Marco project.
6. Francesco Melchiorri (1940-2005) graduated from Rome and joined the IR group in Bari, focusing on developing new detectors, an activity he continued in Florence, where he began to take an interest in the cosmic microwave background. He was called to the University of Rome in 1981, first to the Chair of the Physics Laboratory and then to that of Astrophysics.

4. Michelangelo Merlin (1910-2002) fisico triestino, si è dedicato principalmente all'indagine dei raggi cosmici. Nel 1957 vinse il concorso per la cattedra di Fisica Sperimentale dell'Università di Bari e divenne Direttore del Dipartimento di Fisica, oggi a lui intitolato.
5. Il coinvolgimento delle Officine Galileo nelle attività spaziali italiane era iniziato nei primi anni '60 col progetto San Marco di Luigi Broglio.
6. Francesco Melchiorri (1940-2005) laureato a Roma, afferisce al gruppo IR di Bari e si dedica allo sviluppo di nuovi rivelatori, attività che continuerà a Firenze dove inizia però il suo interesse per il fondo cosmico. Nel 1981 viene chiamato all'Università di Roma, prima alla cattedra di Laboratorio di Fisica e poi a quella di Astrofisica.
7. Franco Pacini (1939-2012), astrofisico italiano, laureato all'Università di Roma nel 1964, è stato un pioniere nelle ricerche sulle stelle a neutroni. Professore ordinario all'Università di Firenze dal 1978, Direttore dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri dal 1978 al 2001. Presidente dell'Unione Astronomica Internazionale dal 2001 al 2003. Socio Nazionale dell'Accademia dei Lincei.
8. Giorgio Fiocco (1931-2012) è stato professore ordinario all'Università di Firenze dal 1971 al 1974 quando divenne professore di Fisica Terrestre presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma La Sapienza. Ha sviluppato la tecnica LIDAR con importanti applicazioni per il telerilevamento dell'atmosfera.
9. Paolo Blasi (1940), laureato in Fisica all'Università di Firenze nel 1963, ha condotto ricerca sperimentale nel campo della Fisica Nucleare investigando le proprietà dei nuclei atomici e delle loro reazioni. Professore ordinario di Fisica Generale presso lo stesso Ateneo dal 1980, ed Emerito dal 2012, è stato Rettore dell'Università di Firenze, Presidente della Conferenza dei Rettori delle Università Italiane e Vicepresidente di quella dei Rettori Europei.

7. Franco Pacini (1939-2012), an Italian astrophysicist who graduated from the University of Rome in 1964, was a pioneer in research into neutron stars. Full professor at the University of Florence from 1978, Director of the Arcetri Astrophysical Observatory from 1978 to 2001. President of the International Astronomical Union from 2001 to 2003. National Member of the Accademia dei Lincei.
8. Giorgio Fiocco (1931-2012) was a full professor at the University of Florence from 1971 to 1974, when he became Professor of Terrestrial Physics at the Department of Physics of La Sapienza University in Rome. He developed the LIDAR technique, with important applications for remote sensing of the atmosphere.
9. Paolo Blasi (1940) graduated in Physics from the University of Florence in 1963 and has conducted experimental research in the field of Nuclear Physics, investigating the properties of atomic nuclei and their reactions. A full professor of General Physics at the same university from 1980, and Professor Emeritus from 2012, he was Rector of the University of Florence, President of the Conference of Italian University Rectors and Vice-President of the Conference of European University Rectors.

Bibliography

Baldecchi, M.G., Carli B., Mencaraglia, F., Barbis, A., Bonetti, A., Carlotti, M. (1988), *Atlas of stratospheric submillimeter lines: the 20-40 cm-1 interval*, J. Geophys. Res. 93 D5, 5303.

Bibliografia

Baldecchi, M.G., Carli B., Mencaraglia, F., Barbis, A., Bonetti, A., Carlotti, M. (1988), *Atlas of stratospheric submillimeter lines: the 20-40 cm-1 interval*, J. Geophys. Res. 93 D5, 5303.

Bhowmik, B., Evans, D., Falla, D., Hassan, F., Kamal, A.A., Nagpaul, K.K., Prowse, D. J., René, M., Alexander, G., Johnston, R. H. W., O'Ceallaigh, C., Keefe, D., Burhop, E. H. S., Davis, D. H., Kumar, R.C., Lasich, W. B., Shaukat, M. A., Stannard, F. R., Bacchella, G., Bonetti, A., Dilworth, D., Occhialini, G. P. S., Scarsi, L., Grilli, M., Guerriero, L., von Lindern, L., Merlin, M. & Salandin, A., (1959), *The interaction and decay of K mesons in photographic emulsions*, Nuovo Cim. 13, 690–729. .https://doi.org/10.1007/BF02726361

Bonetti A. e Occhialini, G. P. S., (1951), *Cilindrical emulsions*. Il Nuovo Cimento, Vol. 8, Fasc. 10, pp. 725–727.

Bonetti, A., Dilworth, C., Occhialini, G.P.S. (1951), *Processing nuclear emulsions. II.* After-development techniques, Bulletin du Centre de Physique Nucléaire de l'Université Libre de Bruxelles, n° 13.

Bonetti, A., Levi Setti, R., Panetti, M., Tomasini, G., (1953), *On the Existence of Unstable Particles of Hyperprotonic Mass*, Nuovo Cimento, 10, 1.

Bonetti, A., Bridge, H. S., Lazarus, A. J., Rossi, B. & Scherb, F., (1963), *Explorer 10 Plasma Measurements*, Journal of Geophysical Research, Vol 68, 13, 4017–4063.

Bhowmik, B., Evans, D., Falla, D., Hassan, F., Kamal, A.A., Nagpaul, K.K., Prowse, D. J., René, M., Alexander, G., Johnston, R. H. W., O'Ceallaigh, C., Keefe, D., Burhop, E. H. S., Davis, D. H., Kumar, R.C., Lasich, W. B., Shaukat, M. A., Stannard, F. R., Bacchella, G., Bonetti, A., Dilworth, D., Occhialini, G. P. S., Scarsi, L., Grilli, M., Guerriero, L., von Lindern, L., Merlin, M. & Salandin, A., (1959), *The interaction and decay of K mesons in photographic emulsions*, Nuovo Cim. 13, 690–729. .https://doi.org/10.1007/BF02726361

Bonetti A. and Occhialini, G. P. S., (1951), *Cylindrical emulsions*. Il Nuovo Cimento, Vol. 8, Fasc. 10, pp. 725–727.

Bonetti, A., Dilworth, C., Occhialini, G.P.S. (1951), *Processing nuclear emulsions. II.* After-development techniques, Bulletin du Centre de Physique Nucléaire de l'Université Libre de Bruxelles, n° 13.

Bonetti, A., Levi Setti, R., Panetti, M., Tomasini, G., (1953), *On the Existence of Unstable Particles of Hyperprotonic Mass*, Nuovo Cimento, 10, 1.

Bonetti, A., Bridge, H. S., Lazarus, A. J., Rossi, B. & Scherb, F., (1963), *Explorer 10 Plasma Measurements*, Journal of Geophysical Research, Vol 68, 13, 4017–4063.

Bonetti, A., Rossi, E., Carli, B., Carlotti, M., Di Lonardo, G., Trombetti, A., Mencaraglia, F., (1985), *Far infrared spectroscopy with a 4-meter path difference interferometer*, Proceedings of the SPIE, 0553,

Bonetti, A., Rossi, E., Carli, B., Carlotti, M., Di Lonardo, G., Trombetti, A., Mencaraglia, F., (1985), *Far infrared spectroscopy with a 4-meter path difference interferometer*, Proceedings of the SPIE, 0553,

Bonetti, A., Mazzoni, M., (2006), *The Arcetri School of Physics*, in: *The Scientific Legacy of Beppo Occhialini*, edited by P. Redondi, G. Sironi, P. Tucci and G. Vegni, Società Italiana di Fisica-Springer, Bologna.

Bonetti, A., Mazzoni, M., (2007), *L'Università degli Studi di Firenze nel centenario della nascita di Giuseppe Occhialini (1907-1993)*, Firenze University Press, Firenze .

Carli, B., Dall'Oglio, G., Dilworth, C., Melchiorri, F., Mencaraglia, F., Natale, V., Rossi, L., Saraceno, P., Tanzi, E.G., (1976), *Preliminary results of measurements of atmospheric emission and absorption at infrared wavelength at the Gornergrat*, Memorie S.A.It. 47, 101.

Carli, B., Mencaraglia, F., Bonetti, A., (1980), *Fourier spectroscopy of the stratospheric emission*, Int. J. of Infrared and Millimeter Waves 1, 263 - 276.

Carli, B., Mencaraglia, F., Bonetti, A., (1984), *Submillimeter high-resolution FT spectrometer for atmospheric studies*, Appl. Opt. 23, 2594.

Carli, B., Carlotti, M., Mencaraglia, F., Rossi, E., (1987), *Far infrared high-resolution Fourier transform spectrometer*, Appl. Opt. 26, 3818.

Cigna, A., De Sio, F., (2008) *Beppo Occhialini Fisico e speleologo*, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s.II, vol. XXI.

De Bernardis, P., Ade, P. A. R., Bock, J. J., Bond, J. R., Borrill, J., Boscaleri, A., Coble, K., Crill, B. P., De Gasperis, G., Farese, P. C., Ferreira, P. G., Ganga, K.,

Bonetti, A., Mazzoni, M., (2006), *The Arcetri School of Physics*, in: *The Scientific Legacy of Beppo Occhialini*, edited by P. Redondi, G. Sironi, P. Tucci and G. Vegni, Società Italiana di Fisica-Springer, Bologna.

Bonetti, A., Mazzoni, M., (2007), *L'Università degli Studi di Firenze nel centenario della nascita di Giuseppe Occhialini (1907-1993)*, Firenze University Press, Florence.

Carli, B., Dall'Oglio, G., Dilworth, C., Melchiorri, F., Mencaraglia, F., Natale, V., Rossi, L., Saraceno, P., Tanzi, E.G., (1976), *Preliminary results of measurements of atmospheric emission and absorption at infrared wavelength at the Gornergrat*, Memorie S.A.It. 47, 101.

Carli, B., Mencaraglia, F., Bonetti, A., (1980), *Fourier spectroscopy of the stratospheric emission*, Int. J. of Infrared and Millimeter Waves 1, 263 - 276.

Carli, B., Mencaraglia, F., Bonetti, A., (1984), *Submillimeter high-resolution FT spectrometer for atmospheric studies*, Appl. Opt. 23, 2594.

Carli, B., Carlotti, M., Mencaraglia, F., Rossi, E., (1987), *Far infrared high-resolution Fourier transform spectrometer*, Appl. Opt. 26, 3818.

Cigna, A., De Sio, F., (2008) *Beppo Occhialini Fisico e speleologo*, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia, s.II, vol. XXI.

De Bernardis, P., Ade, P. A. R., Bock, J. J., Bond, J. R., Borrill, J., Boscaleri, A., Coble, K., Crill, B. P., De Gasperis, G., Farese, P. C., Ferreira, P. G., Ganga, K., Giacometti, M., Hivon, E., Hristov, V. V., Iacoangeli, A., Jaffe, A. H., Lange, A. E., Martinis, L., Masi, S., Mason, P., Mauskopf, P. D., Melchiorri, A., Miglio, L., Montroy, T., Netterfield, C. B., Pascale, E., Pia-

Giacometti, M., Hivon, E., Hristov, V. V., Iacoangeli, A., Jaffe, A. H., Lange, A. E., Martinis, L., Masi, S., Mason, P., Mauskopf, P. D., Melchiorri, A., Miglio, L., Montroy, T., Netterfield, C. B., Pascale, E., Piacentini, F., Pogosyan, D., Prunet, S., Rao, S., Romeo, G., Ruhl, J. E., Scaramuzzi, F., Sforna, D., & Vittorio, N. (2000). *A flat Universe from high-resolution maps of the cosmic microwave background radiation*. Nature, 404 (6781), 955–959.

Lattes, C. M. G., Occhialini, G. P. S., & Powell, C. F. (1947). *A Study of the Production of Mesons in Photographic Plates Exposed to Cosmic Radiation*. Nature, 160, 486–492.

Molina, M., Rowland, F., (1974), *Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone*. *Nature* 249, 810–812. https://doi.org/10.1038/249810a0.

Powell, C.F. Fowler, P.H., Perkins, D.H.,(1959) *The study of elementary particles by the photographic method*, Pergamon Press, London.

Bruno Carli, già Direttore di Ricerca presso l'Istituto di Fisica Applicata «Nello Carrara» del Consiglio Nazionale delle Ricerche, è socio nazionale dell'Accademia Nazionale dei Lincei dove ricopre la carica di Presidente della Commissione per l'Ambiente e le Grandi Calamità Naturali.

Daniele Dominici, Professore onorario presso l'Università di Firenze, è stato Direttore del Dipartimento di Fisica e del Galileo Galilei Institute for Theoretical

centini, F., Pogosyan, D., Prunet, S., Rao, S., Romeo, G., Ruhl, J. E., Scaramuzzi, F., Sforna, D., & Vittorio, N. (2000). *A flat Universe from high-resolution maps of the cosmic microwave background radiation*. Nature, 404 (6781), 955–959.

Lattes, C. M. G., Occhialini, G. P. S., & Powell, C. F. (1947). *A Study of the Production of Mesons in Photographic Plates Exposed to Cosmic Radiation*. Nature, 160, 486–492.

Molina, M., Rowland, F., (1974), *Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone*. *Nature* 249, 810–812. https://doi.org/10.1038/249810a0.

Powell, C.F. Fowler, P.H., Perkins, D.H.,(1959) *The study of elementary particles by the photographic method*, Pergamon Press, London.

Bruno Carli, former Director of Research at the Nello Carrara Institute of Applied Physics of the National Research Council, is a national member of the Accademia Nazionale dei Lincei, where he holds the position of President of the Commission for the Environment and Major Natural Disasters.

Daniele Dominici, Honorary Professor at the University of Florence, 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 and is involved in scientific outreach.

Physics. Svolge attività di ricerca nel campo della Fisica teorica delle interazioni fondamentali e si occupa di divulgazione scientifica.

Massimo Mazzoni, già astronomo del Dipartimento di Astronomia e Scienza dello Spazio, si è occupato di spettroscopia atomica XUV, per poi essere cooptato nella costruzione e test dell'antenna per la rivelazione delle Onde Gravitazionali: il progetto INFN Virgo. Attualmente si dedica alla storia della Fisica e alla divulgazione scientifica.

Massimo Mazzoni, formerly an astronomer in the Department of Astronomy and Space Science of the University of Florence, worked on XUV atomic spectroscopy before being brought on board to help build and test the antenna for detecting gravitational waves: the INFN Virgo project. He currently focuses on the history of physics and scientific outreach.

Il Colle di Galileo

L'eredità di Arcetri: gli archivi dei fisici Garbasso-Occhialini-Della Corte. Dalla tutela archivistica alla valorizzazione dei documenti

The Legacy of Arcetri: The Archives of the Physicists Garbasso-Occhialini-Della Corte. From Archival Preservation to Document Enhancement

Serena Terzani
Università degli Studi di Firenze, Italia

Parole chiave: Dipartimento di Fisica e Astronomia Università degli Studi di Firenze, Biblioteca di Scienze Università degli Studi di Firenze, Polo scientifico, Giuseppe Occhialini, Augusto Raffaele Occhialini, Antonio Garbasso, Michele Della Corte, Archivi, Archivi di persona.

Nella sede del Polo scientifico della Biblioteca di Scienze dell'Università degli Studi di Firenze, su delibera del Comitato scientifico, ad aprile 2025, sono stati depositati i fondi archivistici dei fisici Antonio Garbasso e Augusto Raffaele Occhialini, che vanno ad aggiungersi al fondo di un altro fisico, Michele Della Corte, già presente dal 2013. La storia dei due fondi, già descritta in questa rivista[1], risulta piuttosto articolata. È il risultato di alcune donazioni da parte degli eredi, di carte eterogenee: foto, ritagli di giornale, agende, lettere, appunti, diplomi, che sono state già in parte sistemate. Queste carte, di proprietà del Dipartimento

Keywords: Department of Physics and Astronomy, University of Florence, University of Florence Science Library, Science Centre, Giuseppe Occhialini, Augusto Raffaele Occhialini, Antonio Garbasso, Michele Della Corte, Archives, Personal archives.

By resolution of the Scientific Committee, the archival collections of physicists Antonio Garbasso and Augusto Raffaele Occhialini were deposited at the Science Centre of the University of Florence Science Library in April 2025, joining the collection of another physicist, Michele Della Corte, which has been held there since 2013. The story of the two collections, as previously described in this journal , is quite complex. It is the result of several donations by the heirs, comprising a variety of items: photographs, newspaper clippings, diaries, letters, notes and diplomas, some of which have already been organised. These papers, which belong to the Department of Physics and Astronomy, are now held at the Science Centre Library with the aim of finally completing their description, organisation and cataloguing in compliance with

© 2026 Author(s)
ISSN 2281-7727 (print)
ISSN 2281-9711 (online)
Vol. 15, 2, 2026, pp. 47-61
DOI: 10.36253/cdg-17784
www.fupress.com/cdg

di Fisica e Astronomia, sono ora conservate presso la Biblioteca del Polo scientifico con l'obiettivo di portare finalmente a termine la descrizione, l'ordinamento e l'inventariazione, secondo gli standard archivistici, con l'impegno contestuale di un loro inserimento in *Chartae* il portale archivistico ufficiale dell'Università degli Studi di Firenze, per una migliore visualizzazione e fruizione[2]. Negli ultimi anni è aumentato infatti l'interesse della comunità scientifica e professionale nei riguardi di archivi e biblioteche "di persona", sperando che questo possa poi tradursi in incrementi di risorse umane ed economiche, per trattarli e renderli correttamente accessibili all'utenza.

Tipologia di archivio

Gli archivi Garbasso/Occhialini/Della Corte, come accennato, sono una particolare tipologia di archivi privati, i cosiddetti archivi di persona, il cui elemento caratterizzante e unificante è l'individuo che li ha prodotti, in questo caso uno scienziato. Caratteristica è la complessità delle carte di diverse tipologie, si parla infatti di complessi multiformi o polimorfi: documenti legati al percorso di studi e alla formazione, all'attività professionale e a riconoscimenti ricevuti, documenti relativi alla vita privata e familiare, atti amministrativi, foto, lettere, e, nel caso di persone che abbiano ricoperto importanti cariche pubbliche, come Garbasso, documentazione relativa all'attività istituzionale e rassegna stampa. I documenti testimoniano gli interessi, le attività e le relazioni della persona nel contesto storico e culturale in cui ha operato. Lo studio diretto delle carte può permettere di

archival standards, while also ensuring that they are uploaded to Chartae, the University of Florence's official archival portal, to facilitate their viewing and use . Interest in "in-person" archives and libraries has grown within the scientific and professional community in recent years, and it is hoped that this will lead to an increase in human and financial resources to manage them and make them properly accessible to users.

Type of archive

The Garbasso/Occhialini/Della Corte archives, as mentioned, are a particular type of private archive, known as personal archives, characterised and unified by the individual who created them, in this case, a scientist. A distinctive feature is the complexity of the various types of documents and these collections are decidedly multifaceted or polymorphic: documents relating to education and training, professional activity and awards received, documents concerning private and family life, administrative records, photographs, letters, and, in the case of individuals who held important public offices, such as Garbasso, documentation relating to institutional activities and press reviews. The documents bear witness to the person's interests, activities and relationships within the historical and cultural context in which they operated. A direct study of the papers can reveal the evolution of their thinking, their experiments and the difficulties they encountered, in the construction of instruments or the setting up of laboratories, for example. By reading the correspondence exchanged between the scientists, it is possible

conoscerne l'evoluzione del pensiero, delle sperimentazioni, delle difficoltà incontrate, per esempio nella costruzione di strumenti o nella realizzazione di laboratori. Dalla lettura delle lettere che gli scienziati si scambiano, è possibile creare una mappa dei legami e degli ambienti, umani e intellettuali, gettando luce su possibili influenze e fornendo le chiavi di lettura del loro operato. Il lavoro che ora ci aspetta, in adesione alle *Linee guida sul trattamento dei fondi personali* a cura di AIB[3], e nel rispetto degli standard archivistici previsti, è quello di trattare i fondi nel loro complesso, creando legami e rimandi tra le varie parti, così da rendere possibile e ottimizzare lo studio orizzontale delle loro componenti, o addirittura costruire legami con altri fondi o archivi, pubblici o privati[4]. Solo questo tipo di gestione potrà permettere di trovare le chiavi di accesso funzionali e necessarie alla comprensione delle modalità di lavoro del singolo scienziato, al fine di ricostruire il funzionamento della sua "officina", oltre che delineare una parte della storia dell'Ateneo fiorentino. Va detto anche che, essendo materiale ottenuto per donazione da parte degli eredi e non del soggetto produttore, possiamo considerare "aperta" la donazione, nel senso che i fondi potrebbero sempre essere integrati con altro materiale non consegnato in un primo momento o rinvenuto successivamente.

Primo step: operazioni preliminari

Il materiale giunto in biblioteca, previo sopralluogo della Soprintendenza archivistica, ha avuto necessità di essere controllato in una sorta di censimento, per capire cosa è arrivato, e di alcune operazioni preliminari, ma urgenti, di

to map out the relationships and networks, both personal and intellectual, shedding light on possible influences and providing the tools to interpret their work. The task now before us, in keeping with the AIB's *Guidelines on the Processing of Personal Collections* , and in compliance with the applicable archival standards, is to process the collections as a whole, establishing links and cross-references between the various parts, so as to facilitate and optimise the horizontal study of their components, or even to forge links with other collections or archives, both public and private . Only this type of management will make it possible to identify the practical approaches needed to understand how each individual scientist worked, with a view to reconstructing the operation of their "workshop", as well as outlining a part of the history of the University of Florence. It should also be noted that, as the material was donated by the heirs rather than the creator, we can consider it an "open" donation, in the sense that the collections could always be supplemented with other material that was not initially donated or may be found at a later date.

Step one: preliminary work

Following an on-site inspection by the Archival Superintendency, the material that arrived at the library needed to be checked as part of a sort of inventory to determine what had been received, followed by some preliminary but urgent conservation work. The papers were somewhat disorganised, some bearing traces of rust caused by metal staples or showing early signs

condizionamento. Le carte, infatti, si presentavano piuttosto confuse, alcune con tracce di ruggine, dovute a graffette in ferro o con primi segni di deterioramento. Dei documenti di questi due archivi era stata già data testimonianza, grazie a "finanziamenti privati e a collaboratori esterni"[5] attraverso un database, dove erano confluite anche numerose immagini delle foto e della rassegna stampa, presenti nel fondo Garbasso. Di questo materiale scansionato, che risultava affastellato in buste, è stata fatta una cernita precisa, attribuendo ai pezzi realmente presenti un numero identificativo corrispondente al numero assegnato nel database. Gli spostamenti nel tempo del materiale in locali diversi, la mancanza di una descrizione integrale dei documenti e passaggi di custodia degli stessi, hanno prodotto incongruenze fra quanto posseduto al momento della digitalizzazione nel database e quanto trasferito in Biblioteca. Se la scansione delle carte rende possibile la consultazione anche a distanza e favorisce in qualche modo la salvaguardia dei documenti, è però di fondamentale importanza che le operazioni di digitalizzazione rispondano a politiche di intervento organiche e siano effettuate a seguito di una corretta descrizione, catalogazione e inventariazione del materiale presente nel fondo. Questi passi, che attualmente mancano, saranno il prossimo obiettivo in stretta collaborazione con il Dipartimento di Fisica e Astronomia e con la Soprintendenza archivistica, oltre a procedere al condizionamento delle singole foto in raccoglitori adatti, garantendone così una conservazione nel tempo.

of deterioration. The documents from these two archives had already been documented, thanks to "private funding and external collaborators" via a database which also contained numerous pictures of photos and press clippings held in the Garbasso collection. This scanned material, which had been haphazardly stuffed into envelopes, was painstakingly sorted, assigning each item that was actually present an identification number corresponding to the number assigned in the database. The movement of materials between different locations over time, the lack of a comprehensive description of the documents, and changes in their custodianship have led to discrepancies between the items held in the database at the time of digitisation and those transferred to the Library. While scanning the documents makes them accessible remotely and helps preserve them to some extent, it is still essential that digitisation projects follow a comprehensive strategy and are carried out only after the material in the collection has been properly described, catalogued and inventoried. These steps, which are currently missing, will be the next goal, to be pursued in close collaboration with the Department of Physics and Astronomy and the Archival Superintendency, in addition to placing the individual photographs in suitable binders, ensuring their long-term preservation.

Step two: promotion

Once the actual contents of the library's holdings had been verified, a brief description of the collection and its condition was posted on the web pages dedicated to the Science Li-



Figura 1. Bacheche espositive di documenti dei fondi Occhialini/Garbasso.
Figure 1. Display cases containing documents from the Occhialini/Garbasso collections.

Secondo step: promozione

Una volta verificato cosa è realmente arrivato in biblioteca, si è proceduto a dare una sommaria descrizione del fondo e del suo stato di conservazione nelle pagine web dedicate agli archivi della Biblioteca di Scienze, per dare visibilità e rilevanza al posseduto dell'istituzione. Se per le biblioteche accademiche la comunità di riferimento era fino a poco tempo fa costituita solo dagli utenti istituzionali, da qualche anno è stato attribuito loro anche un ruolo sociale, legato alla funzione della biblioteca come istituzione culturale. Chiaramente la didattica e la ricerca restano le due missioni fondamentali per l'Università, ma è importante anche aprirsi all'esterno in quella missione di *public engagement*, la cosiddetta

brary's archives, with a view to making the institution's holdings visible and highlighting their significance. While the target audience of academic libraries used to consist solely of institutional users, in recent years they have also been assigned a social role, linked to the library's function as a cultural institution. Of course, teaching and research continue to be the University's two core missions, but it is also important to reach out to the wider community through public engagement, the so-called Third Mission, promoting cultural heritage, with particular reference to special collections . Temporary themed exhibitions are particularly popular, as they highlight archival documents within the context of the University's history. With this in mind, a small exhibition of a selection of documents has been organised, displayed in glass cases at the entrance to the library where they can be seen by students, lecturers and other visitors to the University. This exhibit has also enabled us to involve university students who are working part-time on the production of a number of short videos, which have been published on the University Library System's YouTube channel . It is precisely within this framework of the Third Mission that the "Arcetri Science Trail", a sort of science park showcasing the Florentine sites dedicated to the study of physics, situated on the Arcetri hill (designated a "Historic Site" by the European Physical Society in 2013) is soon to be inaugurated. The trail is designed to engage a wide audience, featuring interactive displays and educational activities, with visits open to schools.

Terza Missione, valorizzando socialmente il patrimonio culturale, con particolare riferimento alle collezioni speciali[6]. Apprezzate sono le mostre temporanee tematiche, nelle quali i documenti di archivio vengono messi in luce nel loro rapporto con la storia dell'Ateneo. In quest'ottica è stata organizzata una piccola esposizione di alcune carte, in teche poste all'entrata della biblioteca a diretto contatto con studenti, docenti e frequentatori dell'Università. Questo allestimento ha permesso di coinvolgere anche i ragazzi universitari che collaborano a tempo parziale nella elaborazione di alcuni brevi video, pubblicati sul canale Youtube del Sistema bibliotecario di Ateneo[7]. Proprio in questa prospettiva di Terza Missione a breve verrà inaugurato il "Percorso della Scienza in Arcetri", una sorta di parco scientifico dei luoghi fiorentini dedicati allo studio della fisica, sulla collina di Arcetri (designata nel 2013 "Sito Storico" della Società Europea di Fisica). Un percorso pensato per coinvolgere un pubblico vasto, con esposizioni interattive e percorsi didattici, con visite aperte alle scuole[8].

Alcune carte dei fondi

Garbasso risulta una figura ancora non molto approfondita, e le carte del fondo, anche se non così numerose, potranno consentire di mettere a fuoco la sua attività, sia come scienziato, sia come uomo politico. Ad un primo sguardo, ne viene fuori una figura eclettica, dedita agli studi scientifici ma attenta anche alla cultura storico-umanistica. Un uomo concreto che è riuscito a sfruttare le sue ca-

Some papers from the collections

Garbasso has not yet been studied in great depth, and the documents in the collection, though not particularly numerous, will help shed light on his work, both as a scientist and as a politician. At first glance, he emerges as an eclectic figure, devoted to scientific studies yet also with a keen interest in history and the humanities. A practical man who succeeded in exploiting his relational skills not only in his role as Mayor, but also to help and support research. Called to take up the chair of Experimental Physics in Florence following Antonio Ròiti's retirement, he greatly stimulated the development of physics in Florence and can be regarded as its founding father. In fact, if Italian physics achieved such international renown between 1920 and 1940, it was thanks to both the Roman group in Via Panisperna and the Florentine group in Arcetri. When Garbasso first arrived in Florence, the University had not yet been established. It was not until 1924 that it was inaugurated, and it was in the 1924-25 academic year that Garbasso offered a young Enrico Fermi a position as lecturer in mathematical physics. Fermi would later move to the University of Rome. In 1913, shortly after his arrival in Florence, Garbasso immediately set about securing funding from the City Council to enable the transfer of the Physics Department from its premises in Via Capponi to Arcetri. In Via Capponi, the physicists were forced to share the premises with the Chemistry Department, headed at the time by Professor Ugo Schiff, a man with a very short temper, which meant that coexistence was not always smooth . The collection includes a memento of the construction of the building on

pacità di relazione non solo nel ruolo di Sindaco, ma anche per aiutare e sostenere la ricerca. Chiamato a ricoprire la cattedra di Fisica sperimentale a Firenze dopo il pensionamento di Antonio Ròiti, dette un grande impulso alla fisica fiorentina e può esserne considerato il padre fondatore. Se infatti, nel periodo 1920-1940, la fisica italiana raggiunse fama internazionale, lo si deve sia al gruppo romano di via Panisperna, sia al gruppo fiorentino di Arcetri. Quando Garbasso arrivò a Firenze non c'era ancora l'Università, l'Ateneo verrà inaugurato nel 1924, e fu proprio nell'anno accademico 24-25 che Garbasso offrì una posizione di incaricato di fisica matematica al giovane Enrico Fermi che poi passerà all'Università di Roma. Nel 1913, poco dopo il suo arrivo a Firenze, Garbasso si attivò subito per ottenere un finanziamento dal Comune che permettesse di trasferire il Gabinetto di Fisica dai locali di via Capponi, ad Arcetri. In via Capponi i fisici si trovavano infatti costretti a condividere gli spazi con il Gabinetto di Chimica, allora diretto dal prof. Ugo Schiff, di temperamento assai irascibile, e la convivenza non era sempre delle più semplici[9]. Della costruzione dell'edificio sulle colline di Arcetri, poi chiamato edificio Garbasso, rimane un ricordo nel fondo: un piccolo album fotografico rilegato in pelle, testimonianza della cerimonia che si tenne il 24 giugno 1916 per celebrare la copertura dell'edificio (Fig. 2). Un anno dopo Garbasso sarà al fronte, come volontario e si occuperà di fonotelemetria per individuare le postazioni nemiche tramite rilevazioni acustiche. Numerose sono le foto relative a questa esperienza, come numerose sono le foto riguardanti la sua attività di sindaco: l'incontro con Marie Curie, quelle relative all'inaugurazione della mostra di

the hills of Arcetri, later known as the Garbasso Building: a small leather-bound photo album documenting the ceremony held on 24 June 1916 to mark the completion of the building's roof (Figs. 2). A year later, Garbasso would be serving as a volunteer on the front lines, working in acoustic ranging to pinpoint enemy positions through sound detection. There are numerous photographs relating to this experience, just as there are numerous photographs documenting his time as mayor: his meeting with Marie Curie, those taken at the opening of the contemporary art exhibition "Fiorentina primaverile" in 1922, the photographs from the celebrations marking the 600th anniversary of Dante Alighieri's death in 1921, and many more.

Garbasso, a physicist, had the foresight to realise that the possibility of launching systematic research into the central part of the atom (the so-called atomic nucleus) was beginning to take shape in atomic physics. As a result, he drew up a work and research programme focused on this new and highly promising field, specifically for the Institute. He encouraged his colleagues to travel abroad, to those foreign laboratories where research in this field had already begun. He supported and encouraged Giuseppe Occhialini (Beppo) during his time in Cambridge at the Cavendish Laboratory when, together with Patrick M. S. Blackett, he developed the study of cosmic rays using the cloud chamber technique, to which he applied the fast coincidence circuit, a technique conceived in Arcetri. In a letter to Augusto Occhialini, Beppo's father, dated 15 November 1932, Garbasso foresaw the key role that Beppo would play in the experiments at Cambridge. Commenting on an article published in Nature , he predicted what would ac-



Figura 2. Album fotografico, archivio Garbasso, con le foto della copertura dell'edificio di Arcetri.
Figure 2. Photo album, Garbasso archive, containing photographs of the roof of the Arcetri building.

arte contemporanea "Fiorentina primaverile" nel 1922[10], le foto per i festeggiamenti del VI centenario della morte di Dante Alighieri nel 1921, e molte altre ancora.

Garbasso fisico ebbe il merito di intuire che si cominciava a delineare per la fisica atomica la possibilità di iniziare ricerche sistematiche atte a investigare la parte centrale dell'atomo (il cosiddetto nucleo atomico) e per questo formulò per l'Istituto stesso un programma di lavoro e di ricerca diretto verso questo nuovo campo ricchissimo di promesse. Spronò i suoi collaboratori a recarsi all'estero, in quei laboratori stranieri dove già questi studi erano iniziati. Seguì e incoraggiò Giuseppe Occhialini (Beppo) durante il suo soggiorno a Cambridge, presso

tually happen, which was that Blackett alone would receive the recognition (the Nobel Prize in 1948) for the discoveries made in collaboration with the Italian physicist:

> That English journal you sent me actually mentions Blackett's research, referring to Dr Occhialini only in the header. Now, the real truth, as you know, and as Peppino will never admit, is quite different. The originality of the experimental setup lies in the automatic activation triggered by the penetrating radiation upon arrival. And this is Peppino's idea, not Blackett's. […] things are set up in such a way that all the work he publishes from Cambridge will appear to belong more to the other chap than to him. This is unfair and prejudicial to the future career of that fine young man, whose only really serious flaw is modesty; a virtue, incidentally, that has gone out of fashion. (Fig. 3).

In addition to the numerous photographs and letters, the Garbasso collection contains a file dedicated to the Argentine foreign press review, and three folders of papers yet to be sorted through. These include speeches for inaugurations and ceremonies, press releases addressed to the public, invitations sent to senior state officials, and a series of handwritten and typewritten notes on studies of Dante, Galileo, Leonardo da Vinci and Alessandro Volta.

The collection of Augusto Raffaele Occhialini consists mainly of letters. Those received by his son Beppo throughout his career, which provide an insight into the relationships between the physicists of the time, their expectations regarding the experiments, the difficulties in sourcing materials to build the experimental apparatus, and their hopes for the results are particularly

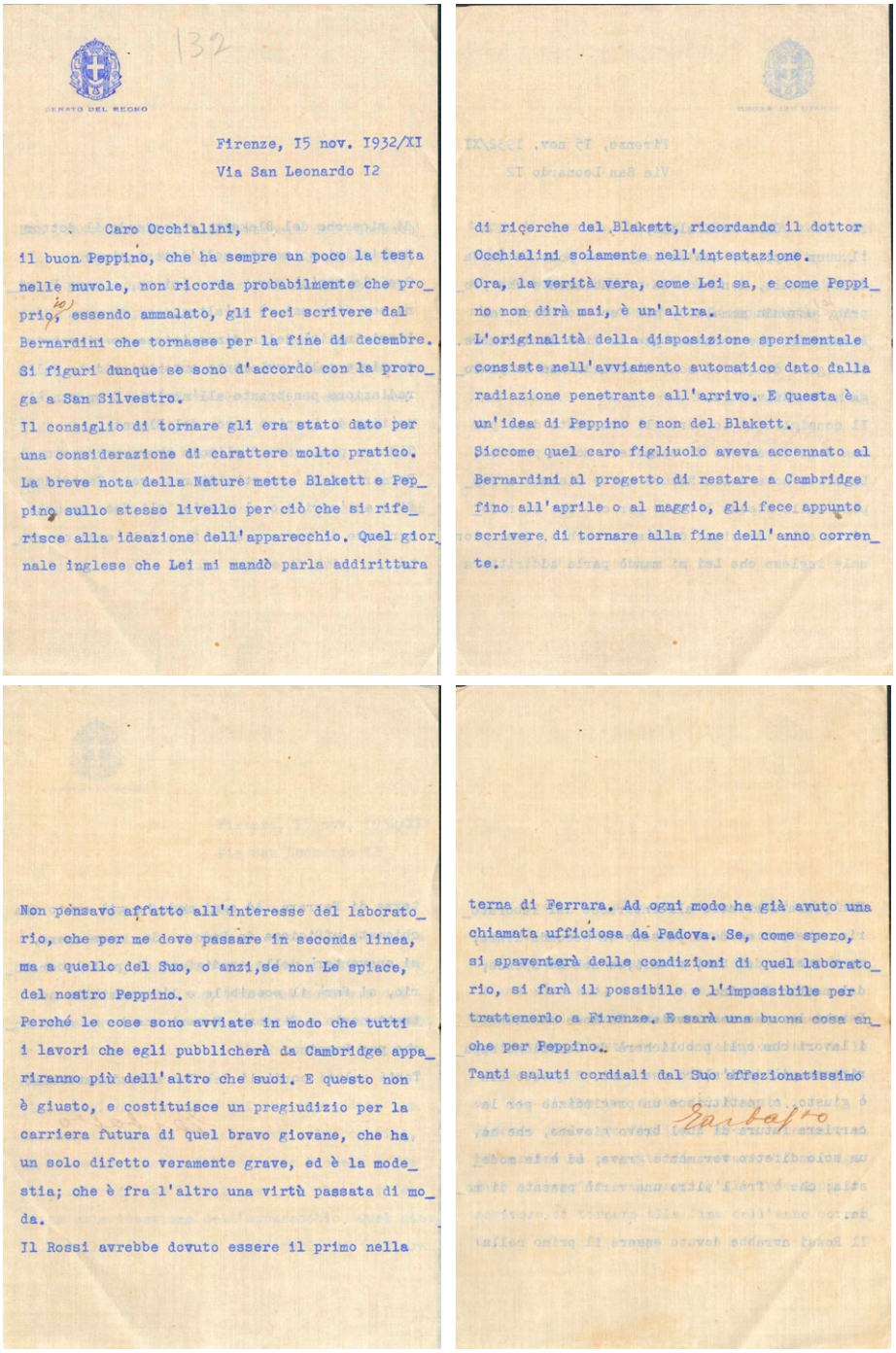
il Cavendish Laboratory quando, insieme a Patrick M. S. Blackett, mise a punto lo studio dei raggi cosmici con la tecnica della camera a nebbia, alla quale applicò il circuito delle coincidenze veloci, una tecnica concepita ad Arcetri. In una lettera, datata 15 novembre 1932 inviata ad Augusto Occhialini, padre di Beppo, Garbasso intuì il ruolo fondamentale di Beppo negli esperimenti a Cambridge e commentando un articolo comparso su Nature[11] immaginò quello che poi realmente sarebbe accaduto, vale a dire che il solo Blackett riceverà i riconoscimenti (il premio Nobel nel 1948) per le scoperte effettuate insieme al fisico italiano:

> Quel giornale inglese che Lei mi mandò parla addirittura di ricerche del Blackett, ricordando il dottor Occhialini solamente nell'intestazione. Ora, la verità vera, come Lei sa, e come Peppino non dirà mai, è un'altra. L'originalità della disposizione sperimentale consiste nell'avviamento automatico dato dalla radiazione penetrante all'arrivo. **E questa è un'idea di Peppino e non del Blackett.** [...] le cose sono avviate in modo che tutti i lavori che egli pubblicherà da Cambridge appariranno più dell'altro che suoi. E questo non è giusto, e costituisce un pregiudizio per la carriera futura di quel bravo giovane, che ha un solo difetto veramente grave, ed è la modestia; che è fra l'altro una virtù passata di moda. (Fig. 3)

Nel fondo Garbasso oltre alle numerose foto e alle lettere, esiste un fascicolo dedicato alla rassegna stampa estera argentina, e tre faldoni di carte ancora da vagliare. Si tratta di discorsi per inaugurazioni, cerimonie, comunicati stampa rivolti alla cittadinanza, inviti diretti alle alte cariche dello stato, e una serie di

interesting. During his stay in Cambridge, we see Beppo so absorbed in his work with Blackett that he asks his father to write to the Rector of Florence "a letter on official letterhead in which I state that, given the urgent nature of the work I am doing in Cambridge, which I would be unable to complete in Florence due to a lack of suitable materials, I am requesting a leave of absence" . He was so inspired and grateful to be working with Blackett that he urged his father to "thank him for everything he does for me, letting him know that I am full of gratitude to him for allowing me to be the first in the world to see such beautiful things" .

The letters Beppo sent during his time in Brazil, when he became a visiting professor at the newly founded University of São Paulo (USP) in 1937, are also interesting. To enhance its international standing, the São Paulo government had decided to recruit professors of international renown. The chairs were divided amongst the major European powers according to their spheres of cultural and scientific influence. Italy was entrusted with the Mathematical and Physical Sciences . Beppo then set off for South America, where his contribution would be instrumental in incorporating Brazilian science into international networks. In his letters, alongside descriptions of his teaching and laboratory life: "The laboratory is small but has everything necessary. Cut-off valves, assembled electrometers, more or less everything needed to work in peace. From this point of view, it is far better equipped than my own laboratory in Florence" , alongside descriptions of trips out of town: to Santos on a two-day boat trip, with accounts of huge fish leaping out of the sea, and to Rio de Janeiro, "a sort of Portofino multiplied by ten thousand, but without Portofino's maturity and tranquillity" . Impressions of a new world,



SENATO DEL REGNO

132

Firenze, 15 nov. 1932/XI
Via San Leonardo 12

Caro Occhialini,
il buon Peppino, che ha sempre un poco la testa nelle nuvole, non ricorda probabilmente che proprio, io, essendo ammalato, gli feci scrivere dal Bernardini che tornasse per la fine di dicembre. Si figuri dunque se sono d'accordo con la proroga a San Silvestro.
Il consiglio di tornare gli era stato dato per una considerazione di carattere molto pratico. La breve nota della Nature mette Blakett e Peppino sullo stesso livello per ciò che si riferisce alla ideazione dell'apparecchio. Quel giornale inglese che Lei mi mandò parla addirittura di ricerche del Blakett, ricordando il dottor Occhialini solamente nell'intestazione.
Ora, la verità vera, come Lei sa, e come Peppino non dirà mai, è un'altra.
L'originalità della disposizione sperimentale consiste nell'avviamento automatico dato dalla radiazione penetrante all'arrivo. E questa è un'idea di Peppino e non del Blakett.
Siccome quel caro figliuolo aveva accennato al Bernardini al progetto di restare a Cambridge fino all'aprile o al maggio, gli fece appunto scrivere di tornare alla fine dell'anno corrente.

Non pensavo affatto all'interesse del laboratorio, che per me deve passare in seconda linea, ma a quello del Suo, o anzi, se non Le spiace, del nostro Peppino.
Perché le cose sono avviate in modo che tutti i lavori che egli pubblicherà da Cambridge appariranno più dell'altro che suoi. E questo non è giusto, e costituisce un pregiudizio per la carriera futura di quel bravo giovane, che ha un solo difetto veramente grave, ed è la modestia; che è fra l'altro una virtù passata di moda.
Il Rossi avrebbe dovuto essere il primo nella terna di Ferrara. Ad ogni modo ha già avuto una chiamata ufficiosa da Padova. Se, come spero, si spaventerà delle condizioni di quel laboratorio, si farà il possibile e l'impossibile per trattenerlo a Firenze. E sarà una buona cosa anche per Peppino.
Tanti saluti cordiali dal Suo affezionatissimo
Garbasso

Figura 3. Archivio Occhialini (c. 132), Lettera di Antonio Garbasso ad Augusto Occhialini, datata 15 novembre 1932.
Figures 3. Occhialini Archive (c. 132), Letter from Antonio Garbasso to Augusto Occhialini, dated 15 November 1932.

appunti manoscritti e dattiloscritti di studi sulle figure di Dante, Galileo, Leonardo da Vinci, Alessandro Volta.

Nel fondo di Augusto Raffaele Occhialini si conservano prevalentemente lettere, interessanti quelle ricevute dal figlio Beppo nell'arco della sua carriera, che permettono di capire le relazioni tra i fisici del tempo, le aspettative per gli esperimenti, le difficoltà nel recuperare materiali per costruire le apparecchiature per le sperimentazioni, le aspettative per i risultati. Durante il soggiorno a Cambridge vediamo Beppo molto preso a lavorare con Blackett tanto da chiedere al padre di scrivere al Rettore di Firenze "una lettera in carta bollata in cui io affermo che, dato il carattere urgente del lavoro che faccio a Cambridge, che non potrei concludere in Firenze per mancanza di materiale adatto, chiedo l'aspettativa"[12]. È talmente stimolato e grato di lavorare con Blackett da spronare il padre a "ringraziarlo di tutto quello che fa per me, facendogli apparire che io sono pieno di riconoscenza per avermi permesso di vedere per primo nel mondo delle cose tanto belle"[13].

Interessanti anche le lettere che Beppo invia durante il soggiorno in Brasile, quando nel 1937 divenne professore distaccato presso la neonata Università di San Paulo (USP). Per dare prestigio internazionale il governo paulista aveva deciso di assumere docenti di chiara fama. Le cattedre vennero divise tra le grandi potenze europee in base a zone d'influenza culturale e scientifica: all'Italia vennero affidate le Scienze matematiche e fisiche[14]. Beppo partì quindi alla volta del Sudamerica dove il suo contributo sarà fondamentale per integrare la scienza brasiliana nelle reti internazionali. Nelle lettere, oltre alle descrizioni dell'insegnamento e della vita di laboratorio: "il laboratorio è piccolo ma non

described to his father, where nature often reigns supreme and where, between horse riding and motorbike rides, he forges bonds with new friends, most notably Ungaretti, "the smartest and kindest person I have ever met", who had also come to the University of São Paulo to teach Italian, without whom "life here would not have been so peaceful" .

The Augusto Occhialini collection also contains notes, lesson plans, postcards, a few photographs, accounting documents and newspaper clippings, which have yet to be organised. This collection is also linked to that of Michele Della Corte, which, in addition to material relating to the subject of the collection (experiments on cosmic rays, studies of physics applied to medicine, documents on the Resistance), also includes letters from Augusto Occhialini to Rita Brunetti, when she remained in Florence, at Arcetri, in 1918 to head the Institute of Physics and to teach the courses left vacant by colleagues who had gone to the front.

I would like to conclude this brief overview of this archival material by expressing my gratitude for the opportunity to publish this article in this journal, which has enabled me to bring it to the public's attention. The documents are available to researchers and scholars of the history of physics for analysis, investigation and in-depth study, and will be of greater use once this material has been reorganised and catalogued. Archives sometimes hold surprises, other times they clarify doubts, support theories and consolidate certainties. Collaboration between archive curators and the scientific community is fundamental, particularly given the specific nature of the material relating to physics, a discipline that is not easily understood by non-

manca niente. Valvole a schiòvere, elettrometri montati, più o meno tutto quelle che è necessario per lavorare con tranquillità. Sotto questo aspetto è assai più fornito del laboratorio mio di Firenze"[15], si affiancano le descrizioni di gite fuoriporta: a Santos con un viaggio di due giorni per mare e la descrizione di enormi pesci che affiorano dall'acqua, a Rio De Janeiro "una specie di Portofino moltiplicato per diecimila ma senza la maturità e la pace di Portofino"[16]. Impressioni di un mondo nuovo, raccontate al padre, dove la natura spesso la fa da padrona e dove, tra passeggiate a cavallo o percorsi in moto, stringe legami con nuovi amici, primo fra tutti Ungaretti, "il mio più grande amico", "la persona più intelligente e la più buona che ho conosciuto", anche lui arrivato all'Università di San Paulo per insegnare italiano, senza il quale "la vita qui non sarebbe stata così tranquilla"[17].

Il fondo Augusto Occhialini conserva anche appunti, schemi per le lezioni, cartoline, qualche foto, documenti contabili, ritagli di giornale, ancora da sistemare. A questo fondo si collega anche quello di Michele Della Corte, che contiene al suo interno, oltre al materiale riguardante il soggetto produttore (gli esperimenti sui raggi cosmici, gli studi della fisica applicata alla medicina, documenti sulla Resistenza), anche lettere dello stesso Augusto Occhialini inviate a Rita Brunetti, quando nel 1918 era rimasta a Firenze, ad Arcetri, a dirigere l'Istituto di Fisica e a tenere i corsi lasciati scoperti dai colleghi partiti per il fronte.

Termino questo breve *excursus* su questo materiale archivistico, ringraziando per l'ospitalità ricevuta su questa rivista, che ha permesso di darne notizia. Le carte sono a disposizione di ricercatori e studiosi della storia della fisica, per

specialists. And this collaboration will be made possible by striking a balance between the requirements of conservation and those of accessibility and use.

Notes

1. The libraries within the University of Florence Library System hold numerous archival collections produced by scholars or organisations of various kinds. These collections are described on the *Chartae* portal, created using the AriannaWeb software: https://archivi.unifi.it/
2. Italian Library Association, Guidelines on the Management of Personal Collections, edited by the National Commission for Special Libraries, Archives and Auteur Libraries, 2019. Available at: https://www.aib.it/documenti/linee-guida-sul-trattamento-dei-fondi-personali/
3. This is the case of the Augusto Occhialini collection, which can be virtually linked to the Occhialini-Dilworth collection now held at the Library of Biology, Computer Science, Chemistry and Physics at the University of Milan. The archive comprises two sections: one containing material collected at the Aldo Pontremoli Department of Physics at Unimi, and the other containing material from the house in Marcialla, where Beppo Occhialini and his wife Connie Dilworth had retired after leaving work. Both sections have been catalogued.
4. Mazzoni M. (2016), cit. p. 48
5. Cassella M. (2020), *Biblioteche accademiche e terza missione*, Milan: Editrice Bibliografica.

permettere analisi, indagini, approfondimenti e lo saranno in modo più efficace quando questa documentazione potrà essere riordinata e descritta. Gli archivi nascondono a volte sorprese, altre volte chiariscono dubbi, avvalorano tesi, consolidano certezze. La collaborazione tra i curatori degli archivi e la comunità scientifica, proprio per il particolare materiale che tratta di fisica, una disciplina di non facile comprensione per i non addetti ai lavori, è di fondamentale importanza. E questa collaborazione sarà possibile attraverso un equilibrio tra esigenze di conservazione e quelle di accessibilità e fruizione.

Note

1. M. Mazzoni (2016), Gli archivi storici "A. Garbasso" e "A. R. Occhialini" del Dipartimento di Fisica ed Astronomia. *Il Colle di Galileo,* 5(1), pp. 41-50. doi: 10.13128/Colle_Galileo-18327.
2. Le biblioteche del Sistema Bibliotecario dell'Università di Firenze, conservano numerosi fondi archivistici prodotti da studiosi o da enti di varia natura. Questi fondi sono descritti nel portale *Chartae*, realizzato tramite il software AriannaWeb: https://archivi.unifi.it/
3. Associazione italiana biblioteche, Linee guida sul trattamento dei fondi personali, a cura della Commissione nazionale biblioteche speciali, archivi e biblioteche d'autore, 2019. Disponibili all'indirizzo: https://www.aib.it/documenti/linee-guida-sul-trattamento-dei-fondi-personali/
4. È il caso del fondo di Augusto Occhialini che può essere collegato virtualmente al fondo Occhialini-Dilworth ora conservato presso la Biblioteca di biologia, informatica, chimica e fisica dell'Università degli Studi di Milano. L'archivio è l'unione di due sezioni: quella relativa al materiale raccolto presso il Dipartimento di Fisica Aldo Pontremoli di

6. For notes on the archives, see the references to Garbasso, Occhialini and Della Corte under the heading Biblioteca Polo scientifico: https://www.sba.unifi.it/p1335.html. For the exhibition and the videos about the collections, see https://www.sba.unifi.it/n2361.html
7. Baldanzi E., Barbagli F., Dominici D., Gasperini A., Poggi G. (2026), Il percorso della scienza in Arcetri. *Il Colle di Galileo,* 15(1), pp. 9-39. https://doi.org/10.36253/cdg-17244.
8. The studies on electrical measurements performed by Ròiti, Garbasso's predecessor, who was intent on taking ohm readings at night to avoid interference with the instruments caused by the tram, were in fact disrupted by Professor Schiff's constant moving of the metal sleepers. Cf. Fontani M., Selleri S. (2017), Hugo (Ugo) Schiff e l'Istituto di Studi Pratici e di Perfezionamento, poi Università di Firenze, *A cent'anni dalla scomparsa di Ugo Schiff: un protagonista del sogno di Bettino Ricasoli per Firenze "Atene d'Italia",* pp. 20-21, Firenze: Regional Council of Tuscany https://www.consiglio.regione.toscana.it/upload/eda/pubblicazioni/pub4064.pdf. Website checked on 15/04/2026. See also Garbasso's letter to Nicola Parravano (successor to Ugo Schiff's chair) in which he notes the professor's retirement with satisfaction: "Dear Parravano, this morning Professor Schiff submitted his application for retirement. Long live the war! For if there had been no war, the ship would have remained in port. Warmest regards from yours truly, Garbasso". Fontani M., Costa M., Orna M. V., Paolieri M. (2022), Una critica all'insegnamento dell'ottuagenario Ugo Schiff. *Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL Memorie e Rendiconti di Chimica, Fisica, Matematica e Scienze Naturali,* 140 (1), p. 160.

Unimi e quella relativa al materiale proveniente dalla casa di Marcialla, dove i coniugi Beppo Occhialini e Connie Dilworth si erano ritirati dopo il pensionamento. Le due sezioni risultano inventariate.

5. Mazzoni M. (2016), cit. p. 48
6. Cassella M. (2020), *Biblioteche accademiche e terza missione*, Milano: Editrice Bibliografica.
7. Per le note sugli archivi si veda, sotto la voce Biblioteca Polo scientifico, i richiami a Garbasso, Occhialini, Della Corte: https://www.sba.unifi.it/p1335.html. Per la mostra e i video realizzati sui fondi si veda https://www.sba.unifi.it/n2361.html
8. Baldanzi E., Barbagli F., Dominici D., Gasperini A., Poggi G. (2026), Il percorso della scienza in Arcetri. *Il Colle di Galileo,* 15(1), 9-39. https://doi.org/10.36253/cdg-17244.
9. Gli studi sulle misure elettriche di Ròiti, predecessore di Garbasso, intento a campionare l'ohm durante le ore notturne per evitare le interferenze prodotte dal tram sugli strumenti, venivano infatti alterati dai continui spostamenti di traversine metalliche da parte del prof. Schiff. Cfr. Fontani M., Selleri S. (2017), Hugo (Ugo) Schiff e l'Istituto di Studi Pratici e di Perfezionamento, poi Università di Firenze*, A cent'anni dalla scomparsa di Ugo Schiff: un protagonista del sogno di Bettino Ricasoli per Firenze "Atene d'Italia"*, pp. 20-21, Firenze: Consiglio regionale della Toscana. https://www.consiglio.regione.toscana.it/upload/eda/pubblicazioni/pub4064.pdf. Sito controllato in data 15/04/2026. Si veda anche la lettera di Garbasso a Nicola Parravano (successore alla cattedra di Ugo Schiff) in cui prende atto con soddisfazione del collocamento a riposto del professore: "Caro Parravano, stamattina il professor Schiff ha presentato la domanda di collocamento a riposo. Viva la guerra! Perché se non c'era la guerra il bastimento sarebbe rimasto sullo scalo. Saluti cordialissimi dal tuo, Garbasso". Fontani M., Costa M., Orna M. V., Paolieri M. (2022), Una critica all'insegnamento dell'ottuagenario Ugo Schiff. *Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL Memorie e Rendiconti di Chimica, Fisica,*

9. With regard to this event cf. Greco E. (2020), La mostra "Fiorentina Primaverile" del 1922: ricostruzione filologica dell'esposizione e del dibattito critico, Florence: Firenze University Press. Doi: 10.36253, 978, 88-5518, 108- 2
10. Blackett P. M. S., Occhialini G. (1932), Photography of Penetrating Corpuscular Radiation. *Nature* (130) p., 363
11. Augusto Occhialini Collection, c. 344, letter from Beppo dated 31 March 1933.
12. Augusto Occhialini Collection, c. 345, undated letter from Beppo.
13. Silva, L. V. S. da, Siqueira, R. M. de (2018). An Italian mission at the University of São Paulo, *La fabrique transnationale de la «science nationale» en Italie (1839 – fin des années 1920)*, (130)2, pp. 407-419. https://doi.org/10.4000/mefrim.4430
14. Augusto Occhialini Collection, c. 364, letter from Beppo dated 27 August 1937.
15. Augusto Occhialini Collection, c. 373, letter from Beppo dated 9 November 1937.
16. Augusto Occhialini Collection, c. 385, undated letter from Beppo.
17. M. Mazzoni (2016), The "A. Garbasso" and "A. R. Occhialini" historical archives of the Department of Physics and Astronomy. *Il Colle di Galileo,* 5(1), pp. 41-50. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-18327.

Matematica e Scienze Naturali, 140 (1), p. 160.

10. Riguardo a questo evento cfr. Greco E. (2020), La mostra "Fiorentina Primaverile" del 1922: ricostruzione filologica dell'esposizione e del dibattito critico, Firenze: Firenze University Press. https://doi.org/10.36253/978-88-5518-108-2
11. Blackett P. M. S., Occhialini G. (1932), Photography of Penetrating Corpuscular Radiation. *Nature* (130), p. 363
12. Fondo Augusto Occhialini, c. 344, lettera di Beppo del 31/03/1933.
13. Fondo Augusto Occhialini, c. 345, lettera di Beppo senza data.
14. Silva, L. V. S. da, Siqueira, R. M. de (2018). An Italian mission at the University of São Paulo, *La fabrique transnationale de la «science nationale» en Italie (1839 – fin des années 1920)*, (130)2, pp. 407-419. https://doi.org/10.4000/mefrim.4430
15. Fondo Augusto Occhialini, c. 364, lettera di Beppo del 27/08/1937.
16. Fondo Augusto Occhialini, c. 373, lettera di Beppo del 9/11/1937.
17. Fondo Augusto Occhialini, c. 385, lettera di Beppo senza data.

Il Colle di Galileo

Venti anni di attività del GGI

Twenty Years of the GGI

Stefania De Curtis, Daniele Dominici, Domenico Seminara
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze e Dipartimento di Fisica, Università di Firenze, Italia

Riassunto. Il Galileo Galilei Institute (GGI) for Theoretical Physics, iniziativa congiunta di collaborazione tra Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e Università di Firenze, ha compiuto 20 anni, festeggiati il 16-17 Marzo 2026 con una Conferenza molto partecipata. In questa breve nota ripercorriamo la storia del GGI, descrivendo la sua trasformazione a Centro Nazionale di Studi Avanzati dell'INFN e l'evoluzione delle sue attività dalla nascita fino ad oggi.

Keywords: Arcetri, Fisica teorica, GGI, dottorato, workshop.



Abstract. The Galileo Galilei Institute (GGI) for Theoretical Physics, a joint initiative between the National Institute of Nuclear Physics and the University of Florence, celebrated its 20th anniversary on 16–17 March 2026 with a well-attended conference. In this brief note, we trace the history of the GGI, describing its transformation into the INFN's National Centre for Advanced Studies and the evolution of its activities from its foundation to the present day.

Keywords: Arcetri, Theoretical physics, GGI, PhD, workshop.

The first ten years of the GGI

In the late 1990s, in view of the relocation of the Department of Physics at the University of Florence from its historic premises on Arcetri hill to the university's new Science and Technol-

© 2026 Author(s)
ISSN 2281-7727 (print)
ISSN 2281-9711 (online)
Vol. 15, 2, 2026, pp. 63-84
DOI: 10.36253/cdg-17785
www.fupress.com/cdg

I primi dieci anni del GGI

Alla fine degli anni '90, in vista del trasferimento del Dipartimento di Fisica dell'Università di Firenze dalla sua sede storica sulla collina di Arcetri al nuovo Polo Scientifico e Tecnologico dell'ateneo nel comune di Sesto Fiorentino, fu avanzata, ad opera di alcuni fisici fiorentini, in particolare Marcello Ciafaloni[1] e Giorgio Longhi[2], l'idea di utilizzare i locali di Arcetri per ospitare un centro internazionale di collaborazione scientifica e di alta formazione in fisica teorica.

Il progetto, che prevedeva la partecipazione, oltre all'Università di Firenze, di quelle di Pisa e Siena, della Scuola Normale Superiore, dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri e dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), purtroppo non ebbe esito positivo. Nel 2003, Giuseppe Marchesini[3], da poco diventato Presidente della CSN4[4] dell'INFN, rivalutò il progetto fiorentino e ne recuperò alcune idee, proponendo all'Università di Firenze e all'INFN la creazione di un istituto internazionale di fisica teorica, il Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics (GGI). La proposta fu accolta, Marchesini venne nominato coordinatore del GGI e Roberto Casalbuoni, ordinario di fisica teorica dell'ateneo fiorentino, vice-coordinatore. Grazie all'impegno di Marchesini, Casalbuoni e alcuni fisici teorici fiorentini, dopo sostanziali lavori di restauro dei locali, nell'aprile 2006 il GGI iniziava la sua attività organizzando *workshop* lunghi (6-8 settimane) e conferenze (per una ricostruzione dettagliata della nascita del GGI vedi [Casalbuoni & De Curtis 2013]). Il primo Comitato Locale del GGI era composto da Andrea Cappelli, Stefano Catani, Marco Tarlini (INFN), Stefania De Curtis (Coordina-

ogy Campus in the municipality of Sesto Fiorentino, a number of Florentine physicists, notably Marcello Ciafaloni [1] and Giorgio Longhi[2], proposed using the premises in Arcetri to house an international centre for scientific collaboration and advanced studies in theoretical physics.

Unfortunately, the project, which envisaged the participation not only of the University of Florence but also those of Pisa and Siena, the Scuola Normale Superiore, the Arcetri Astrophysical Observatory and the National Institute of Nuclear Physics (INFN), did not come to fruition. In 2003, Giuseppe Marchesini[3], who had recently become President of the INFN's CSN4[4], reconsidered the Florentine project and rekindled some of its ideas, proposing to the University of Florence and the INFN the creation of an international institute of theoretical physics, the Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics (GGI). The proposal was accepted and Marchesini was appointed coordinator of the GGI, with Roberto Casalbuoni, professor of theoretical physics at the University of Florence, becoming deputy coordinator. Thanks to the efforts of Marchesini, Casalbuoni and a number of Florentine theoretical physicists, following extensive renovation work on the premises, the GGI began its activities in April 2006, organising long workshops (6–8 weeks) and conferences (for a detailed account of the origins of the GGI, see Casalbuoni & De Curtis 2013). The members of the first Local Committee of the GGI were Andrea Cappelli, Stefano Catani, Marco Tarlini (INFN), Stefania De Curtis (Coordinator of the Theoretical Group at the Florence INFN Section), Daniele Dominici and Domenico Seminara (UNIFI). It should, however, be emphasised that, right from the start, numerous re-

trice del Gruppo Teorico della Sezione INFN di Firenze), Daniele Dominici e Domenico Seminara (UNIFI). Va comunque sottolineato che, fino all'inizio, molti ricercatori del gruppo teorico dell'INFN e dell'Università di Firenze hanno partecipato attivamente e contribuito alla crescita dell'Istituto.

L'interesse internazionale per il GGI è stato immediato e la formula dei suoi *workshop* si è rivelata fin da subito particolarmente efficace. Ogni attività, pensata per favorire discussioni, scambi di idee e collaborazioni, ha l'obiettivo di produrre contributi scientifici di forte impatto nello specifico campo di ricerca. Negli anni successivi alla creazione del GGI, sono nati altri centri di fisica teorica in Cina, Germania, Giappone e al CERN che promuovono attività simili a quelle del GGI.

Le scuole internazionali di dottorato

Nel 2008, al GGI nasce la prima scuola di dottorato, LACES (*Lezioni Avanzate di Campi e Stringhe*), da un'idea e dal lavoro di C. Angelantonj, P.A. Grassi, G. Grignani, L. Griguolo e D. Seminara, con il sostegno di Marchesini e Casalbuoni. L'iniziativa si proponeva un obiettivo molto preciso: colmare la distanza tra la formazione universitaria tradizionale e le frontiere della fisica teorica contemporanea. La prima edizione, svoltasi dal 24 novembre al 13 dicembre 2008, era rivolta a circa venti dottorandi selezionati e metteva già a fuoco alcuni dei nuclei disciplinari destinati a segnare una lunga stagione formativa: metodi matematici, teoria dei campi, supersimmetria rigida e teoria perturbativa delle superstringhe.

searchers from the theoretical group at INFN and the University of Florence played an active role and contributed to the Institute's growth.

International interest in the GGI was immediate, and the structure of its workshops proved particularly effective right from the start. Every activity, conceived to encourage discussion, the exchange of ideas and collaboration, aims to produce scientific contributions with a significant impact on the specific field of research. In the years following the founding of the GGI, other centres for theoretical physics were established in China, Germany, Japan and at CERN, promoting activities similar to those of the GGI.

International PhD schools

The GGI opened its first PhD school, LACES (*Lezioni Avanzate di Campi e Stringhe* - Advanced Lessons in Fields and Strings), in 2008, based on an idea and the work of C. Angelantonj, P.A. Grassi, G. Grignani, L. Griguolo and D. Seminara, with the support of Marchesini and Casalbuoni. The initiative had a very specific aim: to bridge the gap between traditional university education and the frontiers of contemporary theoretical physics. The first edition, held from 24 November to 13 December 2008, was aimed at around twenty selected PhD students and already focused on some of the core subject matters that would mark a long period of study: mathematical methods, field theory, rigid supersymmetry and perturbative superstring theory. LACES was never intended to be merely a series of lectures, but rather an intensive

Fin dall'inizio, dunque, LACES non fu concepita come un semplice ciclo di lezioni, ma come una scuola intensiva capace di offrire ai giovani ricercatori un linguaggio comune e strumenti adeguati ad accedere realmente alla ricerca internazionale.

Col passare degli anni, LACES si consolidò come appuntamento annuale del GGI, affermandosi come una scuola internazionale capace di attrarre un numero crescente di studenti. Su questa base, Alberto Lerda, allora presidente della CSN4 dell'INFN, promosse l'estensione dell'esperienza a un progetto più ampio e strutturato. Su sua proposta, infatti, la CSN4 deliberò un sostegno sistematico a un primo nucleo di scuole di dottorato presso il GGI, dedicate ai diversi settori della fisica teorica. Accanto a LACES presero così avvio tre nuove scuole: TFI (*GGI Lectures on the Theory of Fundamental Interactions*), dedicata a vari aspetti della fenomenologia delle particelle; SFT (*Lectures on Statistical Field Theories*), incentrata sulle applicazioni della teoria dei campi alla meccanica statistica e alla fisica della materia condensata; e infine FNHP (*Frontiers in Nuclear and Hadronic Physics*), focalizzata sui diversi aspetti della materia nucleare e adronica (vedi [De Curtis 2014]).

L'obiettivo delle scuole di dottorato al GGI è di offrire una formazione di eccellenza, riconosciuta a livello internazionale, che fornisca una preparazione solida ed adeguata per affrontare la ricerca in un settore competitivo come la fisica teorica. L'internazionalizzazione è garantita sia da docenti di alto profilo che dalla presenza di studenti italiani e stranieri che condividono 2-3 settimane di studio e confronto al GGI, in un ambiente che favorisce contatti utili per la loro futura carriera.

school designed to provide young researchers with a common language and the tools they needed to successfully engage with the international research community.

Over the years, LACES has established itself as an annual event at the GGI, becoming an international school capable of attracting a growing number of students. On this basis, Alberto Lerda, who was president of the CSN4 at INFN at the time, promoted the expansion of the initiative into a broader and more structured project. At his suggestion, the CSN4 approved systematic support for an initial group of doctoral schools dedicated to various sectors of theoretical physics at the GGI. Alongside LACES, three new schools were launched: TFI (*GGI Lectures on the Theory of Fundamental Interactions*), dedicated to various aspects of particle phenomenology; SFT (*Lectures on Statistical Field Theories*), focused on the application of field theory to statistical mechanics and condensed matter physics; and lastly, FNHP (*Frontiers in Nuclear and Hadronic Physics*), focused on various aspects of nuclear and hadronic physics (see [De Curtis 2014]).

The aim of the PhD schools at the GGI is to offer an internationally recognised programme of excellence, providing a solid and appropriate preparation for research in a competitive field like theoretical physics. Internationalisation is guaranteed both by high-profile lecturers and by the presence of Italian and international students who spend 2–3 weeks studying and exchanging ideas at the GGI, in an environment that encourages contacts that will be useful for their future careers.

Dal 2019 si è aggiunta una quinta scuola, *Theoretical Aspects of Astroparticle Physics, Cosmology and Gravitation,* che copre i temi della cosmologia e della fisica astroparticellare.

Nel 2023, la direttrice del GGI, Stefania De Curtis, istituì una nuova scuola, intitolata *Theory meets Experiments (TmE)*, con l'obiettivo di favorire una più naturale integrazione tra gli aspetti sperimentali nella formazione del fisico teorico e quelli teorici nella formazione del fisico sperimentale. Il tema della scuola viene scelto annualmente tramite una *call for proposals* e deve riguardare argomenti di interesse comune per teorici e sperimentali; la scuola accoglie infatti studenti provenienti da entrambi gli ambiti. Questa iniziativa contribuisce a stimolare e rafforzare, soprattutto tra i giovani, la sinergia naturale che esiste tra teoria ed esperimento ed è una novità nell'offerta delle scuole di dottorato, sia a livello nazionale che internazionale.

Nel loro insieme, le scuole del GGI testimoniano il pieno successo di un progetto formativo che, da iniziativa pionieristica, si è ormai consolidato in un calendario stabile di sei scuole annuali, capace di attrarre per ciascuna edizione un numero molto elevato di partecipanti, tipicamente dell'ordine di 50-60 studenti per scuola (selezionati tra più di 100 *application*) e di offrire corsi che, per le università italiane aderenti, sono formalmente inseriti nei programmi di formazione dottorale e riconosciuti nei relativi curricula, anche tramite eventuale esame finale.

Un ulteriore aspetto di fondamentale importanza delle scuole al GGI è dato dalla video-registrazione delle lezioni. Il GGI ha un canale dedicato su YouTube dove sono collezionati i video di tutte le lezioni delle scuole fino dalla loro na-

A fifth school, *Theoretical Aspects of Astroparticle Physics, Cosmology and Gravitation,* covering the topics of cosmology and astroparticle physics, was added in 2019.

In 2023, the director of the GGI, Stefania De Curtis, set up a new school called *Theory meets Experiments (TmE)*, with the aim of promoting a more natural integration between the experimental aspects of a theoretical physicist's training and the theoretical aspects of an experimental physicist's training. The theme of the school is chosen annually via a call for proposals and must address topics of common interest to both theorists and experimentalists, with the school welcoming students from both fields. This initiative helps to encourage and strengthen the natural synergy that exists between theory and experiment, especially among young people, and represents a new development in the range of programmes offered by PhD schools, both nationally and internationally.

Collectively, the GGI schools bear witness to the resounding success of an educational project which, having set out as a pioneering initiative, has now established itself as a regular programme comprising six annual schools, each capable of attracting a very large number of participants, typically around 50–60 students per school (selected from over 100 applications) and offering courses which, for the Italian universities involved, are formally incorporated into doctoral study programmes and recognised in the associated curricula, also with a final examination where applicable.

Another fundamentally important aspect of the schools at GGI is the video-recording of lectures. The GGI has a dedicated channel on YouTube, where videos of all the lectures of the schools

scita. Proprio questa funzione di riferimento scientifico e di alta formazione ha contribuito a definire il profilo istituzionale del GGI, riconosciuto nel 2018 con la sua trasformazione in Centro Nazionale di Studi Avanzati (CNSA) dell'INFN.

GGI come Centro Nazionale di Studi Avanzati INFN ed il premio Medaglia Galileo

Il 17 Maggio del 2016, in occasione della conferenza organizzata per festeggiare il decennale delle attività del GGI[5], il Presidente dell'INFN, Fernando Ferroni propose la trasformazione del GGI a Centro Nazionale di Studi Avanzati (CNSA), definito dallo statuto dell'ente come una struttura scientifico-formativa dedicata alla ricerca avanzata e alla formazione dottorale.

A luglio dello stesso anno Antonio Masiero, vicepresidente INFN, tornò a parlare del progetto con Oscar Adriani, Direttore della Sezione INFN di Firenze, proponendo una riunione organizzativa con i ricercatori fiorentini che gestivano il GGI, con Alberto Lerda, Presidente della CSN4, con Fabio Zwirner, membro della Giunta INFN, e Masiero stesso, dando mandato ai ricercatori fiorentini di preparare una bozza del progetto. La riunione si tenne nei locali della Presidenza INFN a Roma, il 21 Ottobre; presenti il vice-coordinatore del GGI, Daniele Dominici e Marco Tarlini, Domenico Seminara e Stefania De Curtis, membri del Comitato Locale del GGI. All'incontro era presente anche Gabriele Veneziano, Presidente dell'*Advisory Committee* del GGI, che aveva seguito e sostenuto fin dall'inizio la creazione e le attività dell'istituto. Alla fine della discussione Ferroni invitò il

have been collected since their foundation. It is precisely this role as a centre of scientific excellence and advanced learning that has helped shape the institutional profile of the GGI, recognised in 2018 with its transformation into the INFN's National Centre for Advanced Studies (CNSA).

The GGI as the INFN's National Centre for Advanced Studies and the Galileo Medal

On 17 May 2016, at a conference organised to celebrate the tenth anniversary of the activities of the GGI[5], the President of the INFN, Fernando Ferroni, proposed transforming the GGI into the National Centre for Advanced Studies (CNSA), defined in the organisation's charter as a scientific and educational institution dedicated to advanced research and doctoral studies.

In July of that same year, Antonio Masiero, Vice-President of INFN, discussed the project again with Oscar Adriani, Director of the Florence Section of INFN, proposing an organisational meeting with the Florentine researchers managing the GGI, Alberto Lerda, President of CSN4, Fabio Zwirner, a member of the INFN Executive Committee, and Masiero himself, and instructing the Florentine researchers to draw up a draft of the project. The meeting was held at the premises of the INFN Presidency in Rome on 21 October and was attended by the GGI's deputy coordinator, Daniele Dominici, and Marco Tarlini, Domenico Seminara and Stefania De Curtis, members of the GGI's Local Committee. Also present at the meeting was Gabriele Veneziano, President of the GGI Advisory Committee, who had monitored and supported the institute's establishment and activities from the outset. At the end of the discussion,

gruppo fiorentino a modificare la bozza preliminare del progetto tenendo conto di quanto emerso nell'incontro.

Ad Aprile 2017 Zwirner venne incaricato di presentare al Consiglio Direttivo la proposta di trasformazione del GGI in CNSA e di esplorare la fattibilità dell'istituzione di una medaglia per la Fisica teorica intitolata a Galileo Galilei.

Il 19 ottobre 2017 si tenne un incontro nella sede della Presidenza INFN tra Ferroni e il Rettore dell'Università di Firenze, Luigi Dei, alla presenza di Oscar Adriani e Daniele Dominici, per gli ultimi accordi, che, tra l'altro, prevedevano anche il restauro del Villino La Pace, un edificio indipendente accanto a quello che ospita il GGI, da destinare a uffici per il Centro. Dopo un lavoro preparatorio da parte degli uffici Affari Generali dell'Università di Firenze e della Presidenza INFN, il 30 Novembre 2017 il Consiglio Direttivo approvò la creazione del CNSA e nei successivi mesi di dicembre e gennaio furono stipulate la Convenzione Quadro relativa e il Protocollo aggiuntivo.

Quindi dal 2018, il GGI acquisisce autonomia organizzativa e amministrativa diventando Centro Nazionale di Studi Avanzati dell'INFN. Il Centro ha un Direttore ed un Consiglio di Centro. Le attività del GGI sono programmate da un Comitato Scientifico, composto da scienziati di fama internazionale e presieduto dal presidente della CSN4.

La trasformazione del GGI in Centro Nazionale di Studi Avanzati INFN è stata celebrata il 15 Febbraio 2018 con una conferenza inaugurale[6]. Durante l'evento viene annunciata l'istituzione del premio "Medaglia Galileo" in onore di Galileo Galilei. La Medaglia Galileo viene assegnata ogni due anni a scienziate e scien-

Ferroni invited the Florentine group to amend the preliminary draft of the project, taking what had emerged during the meeting into account.

In April 2017, Zwirner was assigned the task of presenting the Executive Board with a proposal to transform the GGI into the CNSA and exploring the feasibility of introducing a medal for theoretical physics named after Galileo Galilei.

A meeting was held between Ferroni and the Rector of the University of Florence, Luigi Dei, at the headquarters of the INFN Presidency on 19 October 2017, in the presence of Oscar Adriani and Daniele Dominici. The aim of the meeting was to finalise the last details of the agreement, which also envisaged the restoration of Villino La Pace, a separate building next to the GGI, for use as offices for the Centre. Following preparatory work by the department of General Affairs of the University of Florence and the INFN Presidency, on 30 November 2017 the Executive Board approved the creation of the CNSA, and the necessary Framework Agreement and Additional Protocol were signed the following December and January.

Consequently, the GGI gained organisational and administrative autonomy from 2018, becoming the INFN's National Centre for Advanced Studies. The Centre has a Director and a Council. The GGI's activities are scheduled by a Scientific Committee, consisting of internationally renowned scientists and chaired by the president of CSN4.

The transformation of the GGI into the INFN National Centre for Advanced Studies was celebrated on 15 February 2018 with an inaugural conference[6]. The introduction of the "Galileo Medal", in honour of Galileo Galilei, was announced during the event. The Galileo Med-

ziati che, nei 25 anni precedenti alla data del premio, hanno conseguito rilevanti risultati nel campo della fisica teorica di interesse per l'INFN (vedi [De Curtis 2022]). Da allora, la Medaglia Galileo è stata assegnata a nove scienziati di fama internazionale: Juan Martin Maldacena (2019) "Per le sue idee rivoluzionarie in fisica teorica, e, in particolare, per la scoperta della dualità tra gravità e teoria quantistica dei campi, con implicazioni di vasta portata", Alessandra Buonanno, Thibault Damour e Frans Pretorius (2021) "Per gli studi teorici che descrivono il comportamento di due buchi neri che spiraleggiano l'uno attorno all'altro fino a collidere, una ricerca rivelatasi di grande importanza per l'analisi dei dati sperimentali dei rivelatori di onde gravitazionali VIRGO e LIGO", Zvi Bern, Lance Dixon and David Kosower (2023) "Per lo sviluppo di potenti metodi per i calcoli perturbativi di ordine elevato nella teoria quantistica dei campi che sono stati essenziali per confrontare le previsioni teoriche con i risultati sperimentali ottenuti al Large Hadron Collider del CERN", e Leonard Susskind e Pierre Sikivie (2025) "Per il loro lavoro che rappresenta il persistente sforzo dell'umanità di vedere e comprendere ciò che può sembrare invisibile, rivelando nel processo profonde connessioni tra le scale più grandi e più piccole della Natura" (Fig. 1).

Covid-19 e la serie di seminari "GGI Tea Breaks"

La pandemia da COVID-19 ha avuto serie conseguenze sulla programmazione del GGI ma, nonostante questo, le attività non si sono mai fermate. Molte di

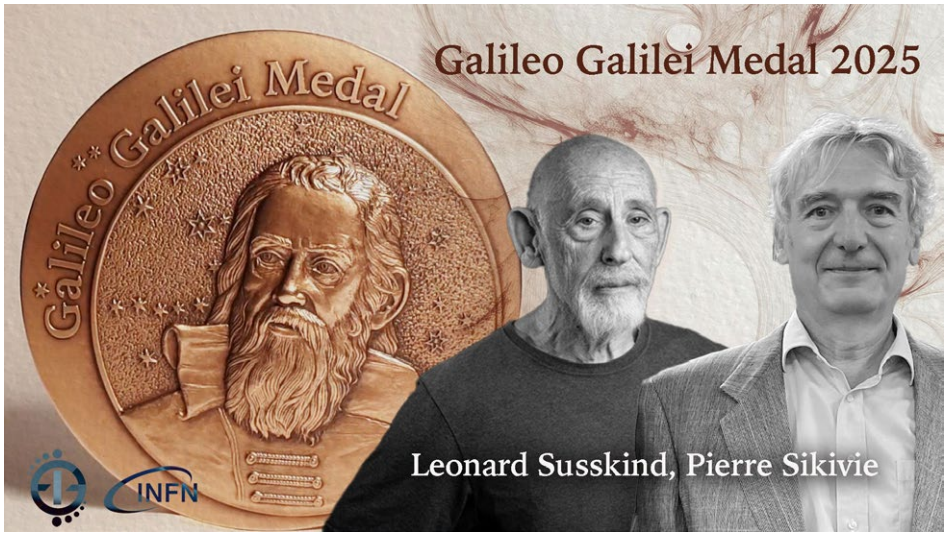


Figura 1. La Medaglia Galileo del 2025 è stata assegnata a Pierre Sikivie e Leonard Susskind.
Figure 1. The 2025 Galileo Medal was awarded to Pierre Sikivie and Leonard Susskind.

quelle programmate sono state trasferite online, come nel caso di *LACES 2020* e delle altre quattro scuole del 2021. Sebbene ciò non abbia avuto lo stesso valore delle discussioni in presenza davanti alla lavagna, gli organizzatori e gli insegnanti hanno fatto un grande sforzo per mantenere attiva la partecipazione e stimolare l'interazione riuscendo a fornire un prezioso contributo alla formazione.

Il GGI ha poi messo a disposizione la capacità acquisita nell'organizzazione di attività on-line per ospitare due edizioni del "Convegno Nazionale di Fisica Teorica di Cortona" dedicandolo ai giovani ricercatori, maggiormente penalizzati del forzato isolamento."Cortona Young 2020" e "Cortona Young 2021" fornirono l'opportunità a dottorandi e post-dottorandi di presentare da remoto le loro ricerche.

In questo periodo i *"GGI Tea Breaks"* ebbero un ruolo decisivo nel mantenere vivo il contributo dell'Istituto alla comunità scientifica internazionale: concepiti come una nuova serie di *web-seminar* sulla teoria delle interazioni fondamentali, con colloqui affidati a studiosi affermati e incontri tematici capaci di mettere a confronto prospettive diverse, essi offrirono uno spazio stabile di discussione, aggiornamento e scambio intellettuale ben oltre i confini di Arcetri, un appuntamento settimanale seguito con grande interesse. Emblematica, in questo senso, fu la *special edition* del 19 Gennaio 2022 dedicata a Steven Weinberg e alla sua eredità scientifica (Fig. 2), con interventi di Riccardo Barbieri, Howard Georgi, Edward Witten e Nima Arkani-Hamed che diede una misura concreta della capacità del GGI di restare, anche negli anni del Covid, un punto di riferimento autorevole e visibile per la comunità scientifica globale.

al is awarded every two years to scientists who, in the 25 years leading up to the date of the award, have achieved significant results in the field of theoretical physics of interest to the INFN (see [De Curtis 2022]). Since then, the Galileo Medal has been awarded to nine internationally renowned scientists: Juan Martin Maldacena (2019) "For his revolutionary ideas in theoretical physics, and, in particular, for the discovery of the duality between gravity and quantum field theory, with far-reaching implications", Alessandra Buonanno, Thibault Damour and Frans Pretorius (2021) "For their theoretical studies describing the behaviour of two black holes spiralling around each other until they collide, research that has proved invaluable for the analysis of experimental data from the VIRGO and LIGO gravitational wave detectors", Zvi Bern, Lance Dixon and David Kosower (2023) "For the development of powerful methods for high-order perturbative calculations in quantum field theory, which have been essential for comparing theoretical predictions with experimental results obtained at CERN's Large Hadron Collider", and Leonard Susskind and Pierre Sikivie (2025) "For their work representing humanity's persistent endeavour to see and understand what may seem invisible, revealing in the process profound connections between Nature's largest and smallest scales" (Fig. 1).

Covid-19 and the "GGI Tea Breaks"' seminar series

The COVID-19 pandemic had serious consequences for the GGI's programme, but despite this, its activities never came to a halt. Many of the scheduled events were moved online, as



Figura 2. "GGI Tea Breaks", una serie di web-seminars organizzata dal GGI durante la pandemia da COVID.
Figure 2. "GGI Tea Breaks", a series of web-seminars organised by the GGI during the COVID pandemic.

in the case of *LACES 2020* and the other four schools in 2021. While this did not have the same value as face-to-face discussions in front of the blackboard, the organisers and teachers made a great effort to maintain active participation and stimulate interaction, making a valuable contribution to the training.

The GGI then drew on the expertise it had gained in organising online events to host two editions of the "Cortona National Conference on Theoretical Physics", dedicating them to young researchers, who were hardest hit by the enforced lockdown. "Cortona Young 2020" and "Cortona Young 2021" gave PhD students and Post-Docs the opportunity to present their research online.

The "GGI Tea Breaks" played a pivotal role in keeping the Institute's contribution to the international scientific community alive during the pandemic. Conceived as a new series of web-seminars on the theory of fundamental interactions, featuring talks by established scholars and thematic sessions designed to compare different perspectives, they provided a regular forum for discussion, updates and intellectual exchange well beyond the confines of Arcetri, a weekly event followed with great interest. Emblematic in this sense was the special edition of 19 January 2022 dedicated to Steven Weinberg and his scientific legacy (Fig. 2), featuring contributions from Riccardo Barbieri, Howard Georgi, Edward Witten and Nima Arkani-Hamed, which provided a clear measure of the GGI's ability to maintain its position, even during the Covid pandemic, as an authoritative and visible point of reference for the global scientific community.

I video dei 40 seminari della serie dei GGI Tea Breaks sono tutti disponibili sul canale YouTube del GGI e continuano a collezionare visualizzazioni.

Borse di studio *Boost* per giovani ricercatori

Le *Boost Fellowships* del Galileo Galilei Institute costituiscono un'azione specificamente progettata come trampolino di lancio per giovani ricercatori in fisica teorica appena usciti dal dottorato. Il programma, proposto dalla direttrice De Curtis, è attivo dal 2021, e finanzia ogni anno un numero limitato di posizioni, tipicamente tra 3 e 5, con una selezione molto competitiva a livello internazionale. I giovani ricercatori, all'inizio della loro carriera, sono inseriti in un ambiente di ricerca altamente dinamico, partecipano e contribuiscono ai programmi tematici del GGI e ricevono un doppio supporto scientifico, sia interno che tramite *tutor* esterni. In questo modo, il programma consente ai giovani fisici teorici di consolidare rapidamente autonomia scientifica, produzione di risultati e rete di collaborazioni, facilitando il passaggio verso posizioni accademiche stabili o ulteriori incarichi di alto livello.

Ad oggi, 22 *early-career researchers* hanno usufruito delle borse *Boost*. Il loro periodo di ricerca al GGI è stato scientificamente stimolante come risulta dalle loro pubblicazioni e dalle loro successive carriere come Post-Doc in prestigiose università e istituti di ricerca.

The videos of the 40 seminars in the GGI Tea Breaks series are all available on the GGI's YouTube channel and continue to attract views.

Boost Fellowships for young researchers

The Galileo Galilei Institute's Boost Fellowships are a specially designed initiative intended to launch the careers of young researchers in theoretical physics who have recently completed their PhDs. The programme, proposed by Director Stefania De Curtis, has been operational since 2021 and funds a limited number of positions every year, typically between three and five, following a highly competitive international selection process. Young researchers at the start of their careers are introduced into a highly dynamic research environment, where they participate in and contribute to the GGI's thematic programmes and receive dual scientific support, both internally and from external mentors. The programme allows young theoretical physicists to quickly consolidate their scientific independence, production of results and network of partnerships, facilitating the transition to permanent academic posts or further high-level assignments.

22 early-career researchers have benefited from Boost grants to date. Their time as researchers at the GGI was scientifically stimulating, as can be seen from their publications and their subsequent careers as Post-Docs at prestigious universities and research institutes.

Conferimento del Premio Nazionale INFN "Women in Theoretical Physics"

Tra le iniziative che meglio esprimono l'attenzione del GGI alla crescita delle nuove generazioni di ricercatrici in fisica teorica si colloca il Premio Nazionale "Women in Theoretical Physics" dedicato a Milla Baldo Ceolin, istituito nel 2020 dall'INFN per le migliori tesi di laurea magistrale in fisica teorica. Il premio nasce con un obiettivo preciso: favorire e incentivare la presenza di giovani ricercatrici in un settore, la fisica teorica, ancora segnato da forti squilibri di genere.

Il fatto che, ogni anno, la cerimonia di premiazione si svolga al Galileo Galilei Institute (Fig. 3), e che le vincitrici vi presentino pubblicamente il proprio lavoro, conferisce a questo riconoscimento un valore ulteriore: non solo celebra l'eccellenza scientifica, ma offre visibilità, legittimazione e un primo inserimento autorevole nella comunità della fisica teorica. In questo senso, il GGI contribuisce concretamente a sostenere il percorso delle giovani fisiche, accompagnandole in un passaggio decisivo tra formazione avanzata e avvio della carriera di ricerca.

Ad oggi 45 giovani scienziate hanno ricevuto il premio e, la maggior parte di loro, sta proseguendo la propria carriera come dottoranda, mentre le vincitrici delle prime edizioni stanno continuando come ricercatrici post-doc.



Figura 3. Cerimonia di premiazione "Women in Theoretical Physics" 2024, premio INFN dedicato a Milla Baldo Ceolin.

Figure 3. The award ceremony for "Women in Theoretical Physics" 2024, the INFN prize dedicated to Milla Baldo Ceolin.

Outreach al GGI

Nel corso dei suoi vent'anni di attività, il Galileo Galilei Institute ha accompagnato alla ricerca scientifica un'attenzione costante per la terza missione, intesa non come semplice divulgazione, ma come apertura della fisica teorica al confronto con la scuola, con la città e con altri linguaggi della cultura. Accanto ai programmi di alta formazione e ai *workshop* internazionali, il GGI ha promosso iniziative pubbliche pensate per trasformare temi complessi della scienza contemporanea in occasioni di incontro, partecipazione e scoperta condivisa, facendo di Villa Galileo (l'ultima dimora di Galileo Galilei) e più in generale di Arcetri luoghi di mediazione culturale oltre che di ricerca[7].

In questa prospettiva si inseriscono esperienze come *Arte&Science across Italy*, che ha coinvolto studentesse e studenti dei licei artistici e scientifici del territorio in un percorso in cui la ricerca diventa materia di elaborazione creativa, culminando in mostre e premiazioni delle opere realizzate. Allo stesso modo, *What Next? Giovani che raccontano il futuro* ha offerto ai più giovani la possibilità di entrare in contatto diretto con il lavoro dei fisici, incontrando ricercatori internazionali, visitando Villa Galileo e riflettendo sul rapporto tra teoria ed esperimento, fino alla restituzione dell'esperienza in forma narrativa e audiovisiva.

Negli anni più recenti, questo dialogo si è ampliato attraverso il programma *GGPaths: percorsi della scienza in Arcetri*, parte del progetto per la Ricerca, Sviluppo e Innovazione di Regione Toscana, promosso dal GGI in collaborazione con il Sistema Museale d'Ateneo dell'Università di Firenze.

Presentation of the INFN "Women in Theoretical Physics" National Award

One of the initiatives that best illustrates the GGI's commitment to supporting the next generation of female researchers in theoretical physics is the "Women in Theoretical Physics" National Award, dedicated to Milla Baldo Ceolin, which was introduced by the INFN in 2020 to recognise the best master's theses in theoretical physics. The award was created with a specific aim: to promote and encourage the presence of young female researchers in theoretical physics, a field that is still characterised by significant gender imbalances.

The fact that the award ceremony takes place at the Galileo Galilei Institute (Figure 3), and that the winners publicly present their work there, lends this award added significance: Not only does it celebrate scientific excellence; it also offers visibility, recognition and a first authoritative foothold within the theoretical physics community. In this sense, the GGI makes a tangible contribution to supporting young female physicists, guiding them through a critical transition from advanced education to the start of their research careers.

45 young female scientists have received the award to date and most of them are continuing their careers as PhD students, while the winners of the first editions are continuing as Post-Doc researchers.

Si è trattato di un progetto di arte e scienza volto alla produzione di un'offerta culturale accessibile, nata dagli scambi tra ricerca di frontiera, storia della scienza e pratiche artistiche contemporanee, costruito e realizzato da Valeria D'Ambrosio (storica dell'arte) e Pietro Centorrino (fisico)[8]. La parte centrale è costituita dal ciclo *Grasping the Cosmos*[9], articolato nelle tappe di *Il Senso delle Stelle I*, *La Science de l'Art* e *Il Senso delle Stelle II*, (vedi [D'Ambrosio & De Curtis 2025]), dove alle esposizioni delle opere di artiste in residenza (durante le scuole di dottorato *Astroparticle Physics, Cosmology and Gravitation* del GGI) si sono aggiunti incontri con esperti, laboratori, e un ricco programma di divulgazione e coinvolgimento per il pubblico (Fig. 4).

A queste iniziative si è aggiunta recentemente la formula più informale di *Spritz of Science*, nata per portare la fisica fuori dai suoi contesti istituzionali in una dimensione urbana, conviviale e accessibile. Si tratta di seminari rivolti ad un pubblico interessato, a cui partecipano anche gli studenti delle scuole di dottorato del GGI. Il primo seminario di questa serie, è stato tenuto da Jessie Thaler (MIT Phys. Dept., USA), il 12 Gennaio 2026, sul ruolo della Intelligenza Artificiale nella nostra società e sul modo in cui gli scienziati compiono scoperte rivoluzionarie.

Nel loro insieme, queste esperienze restituiscono l'immagine di un istituto che, in questi vent'anni, non si è limitato ad essere un centro di eccellenza scientifica, ma ha saputo anche farsi luogo di educazione, dialogo e partecipazione culturale.

Il GGI è anche presente sui social media: https://www.facebook.com/GGI.INFN/.

Outreach at the GGI

Throughout its twenty years of activity, the Galileo Galilei Institute has combined scientific research with a constant focus on the "third mission", understood not merely as public outreach, but as an opening up of theoretical physics to engagement with schools, the city and other cultural expressions. Alongside advanced learning programmes and international workshops, the GGI has promoted public initiatives designed to transform complex contemporary scientific topics into opportunities for interaction, participation and shared discovery, turning Villa Galileo (the final resting place of Galileo Galilei) and Arcetri in general into centres of cultural engagement as well as research[7].

An example of this is the Art*&Science across Italy* initiative, which involved students from local artistic and scientific secondary schools in a programme in which research became the subject of creative expression, culminating in exhibitions and awards for the works produced. In the same way, *What Next? Giovani che raccontano il futuro* offered young people the chance to engage directly with the work of physicists, meeting international researchers, visiting Villa Galileo and reflecting on the relationship between theory and experiment, culminating in the presentation of their experiences in narrative and audiovisual form.

In recent years, this exchange has expanded thanks to *GGPaths: percorsi della scienza in Arcetri*, a programme within the Tuscany Region's Research, Development and Innovation project, promoted by the GGI in collaboration with the University of Florence's Museum System.

Stefania De Curtis, Daniele Dominici, Domenico Seminara



Figura 4. *Grasping the Cosmos* a Villa Galileo.
Figure 4. *Grasping the Cosmos* at Villa Galileo

This was an art and science project aimed at creating an accessible cultural offering, inspired by exchanges between cutting-edge research, the history of science and contemporary artistic practices, conceived and implemented by Valeria D'Ambrosio (art historian) and Pietro Centorrino (physicist)[8]. The central part consists of the cycle *Grasping the Cosmos*[9], divided into steps entitled *Il Senso delle Stelle I*, *La Science de l'Art* and *Il Senso delle Stelle II*, (see [D'Ambrosio & De Curtis 2025]), in which the exhibitions of works by artists in residence (during the GGI's *Astroparticle Physics, Cosmology and Gravitation* PhD schools) were complemented by meetings with experts, workshops, and a rich programme of outreach and public engagement (Fig. 4).

These initiatives have recently been joined by the more informal *Spritz of Science* formula, created to take physics out of its institutional confines and into an urban, convivial and accessible setting. These are seminars aimed at an interested audience, which are also attended by students from the GGI's doctoral schools. The first seminar in this series was held by Jessie Thaler (MIT Phys. Dept., USA), on 12 January 2026, on the role of Artificial Intelligence in our society and the way in which scientists make revolutionary discoveries.

Collectively, these experiences paint a picture of an institute which, over the past twenty years, has been more than just a centre of scientific excellence; it has also succeeded in becoming a hub for education, dialogue and cultural engagement.

The GGI is also active on social media: https://www.facebook.com/GGI.INFN/.



Due grant della Simons Foundation

Nel corso degli anni il GGI ha rafforzato la propria dimensione internazionale, grazie anche al sostegno di due prestigiosi finanziamenti della Simons Foundation.

Il primo grant, della durata di cinque anni, è stato assegnato all'INFN per un programma dedicato alle visite di ricerca di scienziati e scienziate di rilievo internazionale per la partecipazione ai workshop del GGI. L'operato del Centro è stato giudicato così valido da guadagnarsi un secondo grant nel 2024 per finanziare il "Simons visiting Program at GGI" che è articolato in quattro diverse tipologie: le visite di ricerca di lungo periodo, la partecipazione di scienziate e scienziati di rilievo internazionale ai workshop, il supporto per la partecipazione di giovani ricercatori e ricercatrici, dottorande e dottorandi provenienti da istituzioni con risorse limitate alle attività del Centro e le visite brevi di piccoli gruppi di collaboratori per finalizzare al GGI le loro ricerche.

La collaborazione con la Simons Foundation contribuisce anche allo sviluppo del Pollica Physics Centre, un nuovo centro dedicato all'organizzazione di workshop di fisica teorica e matematica nel comune di Pollica, nel Cilento, raf-

Two grants from the Simons Foundation

The GGI has strengthened its international profile over the years, thanks partly to two prestigious grants from the Simons Foundation.

The first grant, which ran for five years, was awarded to the INFN for a programme dedicated to hosting research visits by internationally renowned scientists to participate in GGI workshops. The Centre's work was deemed so valuable that it was awarded a second grant in 2024 to fund the "Simons Visiting Program at GGI", which comprises four different categories:

long-term research visits, the participation of internationally renowned scientists in workshops, support for the participation of young researchers and PhD students from institutions with limited resources in the Centre's activities, and short visits by small groups of collaborators to finalise their research at the GGI.

The partnership with the Simons Foundation also contributes to the development of the Pollica Physics Centre, a new centre dedicated to organising workshops on theoretical physics and mathematics in the town of Pollica, in the Cilento area, further strengthening the network of scientific initiatives dedicated to exploring the frontiers of theoretical physics.

The GGI in figures (updated to March 2026)

Extended workshops: 60; PhD schools: 67;

forzando ulteriormente la rete di iniziative scientifiche dedicate allo studio delle frontiere della fisica teorica.

Il GGI in numeri (aggiornato a Marzo 2026)

Workshop estesi: 60; Scuole di dottorato: 67;

Attività associate ai workshop: 53 Conferenze, 14 *Focus Week*, 17 *Training Week*, 5 Scuole;

Altri eventi: 97 [Conference, *Meeting*, *Mini-Workshop*, Seminari, Scuole].

Dopo venti anni, il GGI si conferma come un polo di rilievo internazionale per la ricerca e per la formazione nel campo della fisica teorica che attrae oltre 700 scienziati e scienziate all'anno provenienti da ogni parte del mondo. Questo è testimoniato da più di 1600 pubblicazioni scientifiche che sono state ideate o sviluppate durante la partecipazione ai programmi del GGI.

Conferenza per i venti anni del GGI

I primi venti anni del GGI sono stati festeggiati il 16 e 17 Marzo 2026 con una conferenza[10] a cui hanno partecipato, oltre al Presidente A. Zoccoli insieme alla Giunta INFN, e alla Magnifica Rettrice dell'Università di Firenze, A. Petrucci, molti scienziati e scienziate che hanno contribuito in modo sostanziale alla nascita e alla crescita del GGI. (Fig. 5). Giusto per fare qualche esempio: l'ex-presidente

Activities associated with the workshops: 53 Conferences, 14 Focus Weeks, 17 Training Weeks, 5 Schools;

Other events: 97 [Conferences, *Meetings*, *Mini-Workshops*, Seminars, Schools].

Twenty years on, the GGI continues to be an internationally renowned centre for research and training in theoretical physics, attracting over 700 scientists from all over the world every year. This is confirmed by more than 1,600 scientific publications that have been conceived or developed during participation in GGI programmes.

Conference for the GGI's twentieth anniversary

The GGI's first twenty years were celebrated on 16 and 17 March 2026 with a conference[10] attended not only by President A. Zoccoli and the INFN Executive Committee, as well as the Rector of the University of Florence, A. Petrucci, but also by many scientists who have made a substantial contribution to the establishment and growth of the GGI. (Figure 5). To give some examples: the former president and former members of the INFN Executive Committee (F. Ferroni, A. Masiero, F. Zwirner), G. Veneziano (former President of the Advisory Committee), the former coordinators, deputy coordinators and directors (A. Lerda, G. Martinelli, R. Casalbuoni, D. Dominici, S. De Curtis), the current GGI Director F. Piccinini, and numerous members of the INFN Executive Committee. The conference programme, which focused on the latest developments and new challenges in various leading fields of theoretical physics, fea-

e gli ex-componenti della Giunta INFN (F. Ferroni, A. Masiero, F. Zwirner), G. Veneziano (ex-presidente del Comitato di Consulenza), gli ex-coordinatori, vice-coordinatori e direttori (A. Lerda, G. Martinelli, R. Casalbuoni, D. Dominici, S. De Curtis), l'attuale Direttore del GGI F. Piccinini e molti componenti del direttivo INFN. Al programma della conferenza, centrato sui più recenti sviluppi e le nuove sfide nei diversi settori di punta della fisica teorica, hanno contribuito scienziati e scienziate di fama internazionale tra cui Alessandra Buonanno, vincitrice della Medaglia Galileo nel 2021.

In generale si respirava un grande entusiasmo (testimoniato dai messaggi registrati in un video[11] realizzato da Francesca Mazzotta e colleghe dell'Ufficio Comunicazione INFN) per tutte le attività portate avanti dal GGI fino dalla sua nascita e per quanto siano cresciute posizionandolo tra i più importanti centri di ricerca e formazione in fisica teorica nel mondo, con l'augurio che questa crescita continui nei prossimi anni. Nel futuro sarà infatti importante mantenere l'eccellenza del livello scientifico del GGI nel panorama della fisica teorica in continua



Figura 5. Celebrazioni per il ventesimo anniversario del Galileo Galilei Institute, Centro Nazionale di Studi Avanzati dell'INFN. Da sinistra a destra: D. Dominici, R. Casalbuoni, G. Veneziano, S. De Curtis, F. Ferroni, A. Petrucci, A. Zoccoli, F. Piccinini.

Figure 5. Celebrations for the 20th anniversary of the Galileo Galilei Institute, the INFN's National Centre for Advanced Studies. From left to right: D. Dominici, R. Casalbuoni, G. Veneziano, S. De Curtis, F. Ferroni, A. Petrucci, A. Zoccoli, F. Piccinini.



Figura 6. Conferenza per la celebrazione del ventesimo anniversario del GGI (16-17 Marzo 2026).
Figure 6. Conference to celebrate the twentieth anniversary of the GGI (16–17 March 2026)

evoluzione, sviluppare ulteriormente sinergie con le ricerche in fisica sperimentale e ulteriori forme di collaborazione con analoghi centri di ricerca per favorire lo scambio di conoscenze e la nascita di nuove idee.

tured contributions from internationally renowned scientists, including Alessandra Buonanno, winner of the 2021 Galileo Medal.

Overall, there was a great deal of enthusiasm (reflected in the messages recorded in a video[11] made by Francesca Mazzotta and her colleagues from the INFN Communications Office) surrounding all the activities carried out by the GGI since its inception and the extent to which it has grown, establishing itself as one of the world's leading centres for research and training in theoretical physics, with the hope that this growth will continue in the years to come. In the future, it will be important to maintain the GGI's high scientific standards within the ever-evolving field of theoretical physics, to further develop synergies with research in experimental physics, and to explore new forms of collaboration with similar research centres in order to encourage the exchange of knowledge and the birth of new ideas.

We would like to end by expressing our sincere thanks to the technical and administrative staff of the INFN and the university, and to all those who have collaborated on the GGI's activities over the years.

Note

1. Marcello Ciafaloni, (1940-2023), a theoretical physicist educated at the University of Pisa and the Scuola Normale Superiore. Following his research experience at Berkeley and CERN, he became a full professor at the University of Florence in 1980, holding promi-

Concludiamo con un sentito ringraziamento al personale tecnico e amministrativo INFN e universitario, e a tutti coloro che in questi anni hanno collaborato alle attività del GGI.

Note

1. Marcello Ciafaloni, (1940-2023), fisico teorico formatosi all'Università di Pisa e alla Scuola Normale Superiore. Dopo esperienze di ricerca a Berkeley e al CERN, dal 1980 è stato professore ordinario all'Università di Firenze, ricoprendo ruoli accademici di rilievo. Ha dato contributi fondamentali allo studio delle interazioni forti e dei processi di scattering ad alte energie le cui predizioni sono state confermate dagli esperimenti al CERN. Si è inoltre occupato di interazioni gravitazionali, studiando lo scattering tra stringhe e buchi neri insieme a Sergio Fubini e Gabriele Veneziano.
2. Giorgio Longhi (1934-2020), fisico teorico, laureato all'Università di Firenze, dove ha poi svolto gran parte della sua carriera accademica, diventando professore ordinario nel 1976 (dopo un periodo a Lecce) e dove ha ricoperto ruoli istituzionali importanti. La sua attività scientifica ha spaziato in diversi ambiti della fisica teorica: inizialmente si è occupato, con Raoul Gatto (professore di Fisica Teorica dell'Università di Firenze dal 1962 al 1968 (vedi [Casalbuoni & Dominici, 2018]), di correzioni radiative nelle collisioni elettrone-positrone, mentre in seguito ha lavorato sui sistemi relativistici vincolati.
3. Giuseppe Marchesini (1941-2016), professore di fisica teorica all'Università di Parma, poi a quella di Milano e infine a quella di Milano Bicocca. Si è interessato di teorie dei campi quantistici, in particolare della cromodinamica quantistica (QCD). È noto per i suoi importanti contributi alla descrizione teorica delle collisioni tra particelle elementari, contribuendo allo sviluppo di metodi fondamentali per interpretare i dati sperimentali. I

nent academic positions. He made key contributions to the study of strong interactions and high-energy scattering processes, the predictions of which were confirmed by experiments at CERN. He also worked on gravitational interactions, studying the scattering between strings and black holes alongside Sergio Fubini and Gabriele Veneziano.
2. Giorgio Longhi (1934–2020), a theoretical physicist, graduated from the University of Florence, where he subsequently spent most of his academic career, becoming a full professor in 1976 (after spending some time in Lecce) and where he held important institutional roles. His scientific work spanned various fields of theoretical physics. Initially, together with Raoul Gatto (Professor of Theoretical Physics at the University of Florence from 1962 to 1968 (see [Casalbuoni & Dominici, 2018]), on radiative corrections in electron-positron collisions, and later on constrained relativistic systems.
3. Giuseppe Marchesini (1941–2016), professor of theoretical physics at the University of Parma, then at the University of Milan, and finally at the University of Milan–Bicocca. He studied quantum field theories, with a particular focus on quantum chromodynamics (QCD). He is known for his significant contributions to the theoretical description of collisions between elementary particles, helping to develop fundamental methods for interpreting experimental data. Its findings have had a significant impact on the analysis of experiments conducted at particle accelerators, such as those at CERN.
4. CSN4 is the INFN's Scientific Commission, which coordinates research into theoretical physics.

suoi risultati hanno avuto un impatto significativo nell'analisi degli esperimenti condotti agli acceleratori di particelle, come quelli del CERN.
4. La CSN4 è la Commissione Scientifica dell'INFN che coordina le ricerche in fisica teorica.
5. https://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=230
6. https://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=292
7. https://www.ggi.infn.it/outreach.html
8. https://www.ggi.infn.it/ggpaths.html
9. https://graspingthecosmos.infn.it/
10. https://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=560
11. Buon Compleanno GGI: https://www.youtube.com/watch?v=D6mVSe6quDg

Bibliografia

Casalbuoni, R., & Dominici, D. (2018). The teacher of the gattini (kittens). *Il Colle Di Galileo*, *7*(2), 47–69. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-24234

Casalbuoni, R., & De Curtis, S. (2013). L'Istituto Galileo Galilei per la Fisica Teorica. *Il Colle Di Galileo*, *1*(1-2), 107–121. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-12490

De Curtis, S. (2014). Quattro scuole di dottorato all'Istituto Galileo Galilei per la Fisica Teorica. *Il Colle Di Galileo*, *3*(1), 75–78. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-14653

De Curtis, S. (2022). Il "Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics" di Arcetri. *Il Colle Di Galileo*, *11*(1), 55–62. https://doi.org/10.36253/cdg-13534

5. https://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=230
6. https://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=292
7. https://www.ggi.infn.it/outreach.html
8. https://www.ggi.infn.it/ggpaths.html
9. https://graspingthecosmos.infn.it/
10. https://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=560
11. Happy Birthday GGI: https://www.youtube.com/watch?v=D6mVSe6quDg

Bibliography

Casalbuoni, R., & Dominici, D. (2018). The teacher of the gattini (kittens). *Il Colle Di Galileo*, *7*(2), 47–69. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-24234

Casalbuoni, R., & De Curtis, S. (2013). L'Istituto Galileo Galilei per la Fisica Teorica. *Il Colle Di Galileo*, *1*(1-2), 107–121. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-12490

De Curtis, S. (2014). Quattro scuole di dottorato all'Istituto Galileo Galilei per la Fisica Teorica. *Il Colle Di Galileo*, *3*(1), 75–78. https://doi.org/10.13128/Colle_Galileo-14653

De Curtis, S. (2022). Il "Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics" di Arcetri. *Il Colle Di Galileo*, *11*(1), 55–62. https://doi.org/10.36253/cdg-13534

D'Ambrosio,V., & De Curtis, S. (2025). Grasping the cosmos. An art and science project to explore yesterday's and today's universe. *Il Colle Di Galileo*, *14*(2), 17–25. https://doi.org/10.36253/cdg-16721

Stefania De Curtis è stata Dirigente di ricerca in fisica teorica alla Sezione di Firenze dell'INFN (adesso associata senior). Si occupa di vari aspetti della fisica e fenomenologia delle interazioni fondamentali. Ha contribuito alla nascita del GGI, che ha diretto dal 2019 al 2024.

Daniele Dominici, Professore onorario presso l'Università di Firenze, è stato Direttore del Dipartimento di Fisica e del Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics. Svolge attività di ricerca nel campo della fisica teorica delle interazioni fondamentali e si occupa di divulgazione scientifica.

Domenico Seminara è Professore ordinario presso l'Università di Firenze. Si occupa di vari aspetti delle teorie di campo e della gravità quantistica. Ha rappresentato l'Università all'interno del GGI a partire dalla sua fondazione per vari anni e contribuito alla nascita dello stesso.

D'Ambrosio,V., & De Curtis, S. (2025). Grasping the cosmos. An art and science project to explore yesterday's and today's universe. *Il Colle Di Galileo*, *14*(2), 17–25. https://doi.org/10.36253/cdg-16721

Stefania De Curtis is a senior associate at the INFN Florence Section, where she served as a Research Director in theoretical physics. Her research focuses on various aspects of the physics and phenomenology of fundamental interactions. She played a key role in the establishment of the GGI and served as its Director from 2019 to 2024.

Daniele Dominici, Honorary Professor at the University of Florence, 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 and is involved in scientific outreach.

Domenico Seminara is a Full Professor at the University of Florence. His research focuses on field theory and quantum gravity. He contributed to the establishment of the GGI and represented the University on the GGI Center Council for several years after its foundation.

Il Colle di Galileo

Exploring the energy frontier with muon beams

Florence, 30 June–1 August 2025
Organizers: SCOTT BERG (BNL, USA), DARIO BUTTAZZO (INFN Pisa), ROBERTO FRANCESCHINI (ROMA TRE U. AND INFN), TOVA HOLMES (U. TENNESSEE, USA), PATRICK MEADE (STONY BROOK, USA), FABIO MALTONI (LOUVAIN, BOLOGNA AND INFN), FEDERICO MELONI (DESY, DE)

Abstract. The workshop brought together international experts working on the physics of muon beams and on the physics of a multi-TeV muon collider. For five weeks, scientists explored new theoretical avenues as well as novel detection strategies and accelerator technologies. The event benefited from the presence of Simons Fellows, who led discussions on well-motivated theories and on the status of current experimental and machine technologies. The whole program was characterized by lively discussion, leading to new interactions across theoretical and experimental particle physics, including accelerator and beam physics.

Keywords: Muon Collider, Beyond the Standard Model, New Physics, High-energy phenomenology, Accelerator Physics.

Scientific context and motivations

What lies beyond the Standard Model? This simple question lies at the heart of one of the most urgent open problems in fundamental physics. While the discovery of the Higgs boson marked a milestone, confirming the mechanism of electroweak symmetry breaking, many questions remain unanswered. The nature of dark matter, the origin of flavor and the hierarchy problem demand new physics at the TeV scale level and beyond.

The aim of the workshop was to critically assess the status of the hunt for new physics using muon beams. Muon beams up to multi-TeV energies would lead to a transformative change in the way that the energy frontier can be explored. Such a paradigm shift requires a corresponding leap in the development of theoretical methods and accelerator technologies. The workshop brought together international experts in these fields to address these important questions, with a specific focus on the synergy between theory, experiment and accelerator physics.

© 2026 Author(s)
ISSN 2281-7727 (print)
ISSN 2281-9711 (online)
Vol. 15, 2, 2026, pp. 85-88
DOI: 10.36253/cdg-17786
www.fupress.com/cdg

Regular workshop activities

During the first four weeks, the workshop activities consisted of a combination of pedagogical lectures, focused seminars and hands-on working groups. To stimulate profitable discussions, each week focused on a specific topic, so that participants who were experts on a specific subject could make sure to visit GGI at the right time.

The first week was devoted to Training, with a focus on PhD students and senior researchers new to the field. Renowned experts delivered lectures on accelerator physics (Luca Bottura, Anton Lechner, Daniel Schulte, Chris Rogers), particle detectors (Kevin Black) and particle theory (Hitoshi Murayama, Davide Pagani). A key highlight of this week was the organization of hands-on working groups focused on simulation tools essential to the muon collider program. Specifically, experimental physicists and machine physicists collaborated closely on the use of FLUKA, for simulating radiation transport and shielding requirements, and GEANT4, for detailed detector response modeling. These sessions allowed the immediate exchange of expertise between those designing the accelerator lattice and those building the detectors, addressing critical challenges such as beam-induced backgrounds and neutrino radiation hazards in real-time. This interaction led to discussions on the possible use of machinery to source muons also as a possible kaon source, which would further broaden the physics application of muon beam and related technologies.

The second and third weeks were Focus Weeks. The second week concentrated more on Standard Model topics, such as the use of factorization and collinear PDFs in high energy muon collider calculations, electroweak symmetry restoration and radiative corrections. The third week was more focused on the exploration of topics for new physics, including direct and indirect reach, exotic signatures (long-lived particles), and the relevance of beam-induced backgrounds.

Week four was devoted to Synergy, covering several branches of high-energy physics with a substantial interest in muon beams. After an introductory day with general talks, we discussed lepton flavor with muons, dark sectors, neutrinos and dark matter portals. Every day there were between two and four long talks aimed at bringing everyone up to speed on the topics of the day and exploring the connections with the physics of muons and the apparatus needed to source and handle them.

Conference

During the fifth week, the program turned its attention to the specialist conference, entitled “Physics at the Highest Energies with Colliders.” There were morning and afternoon sessions from Monday to Thursday and a final morning

session on Friday. The topics of the sessions spanned different aspects of future collider physics: the landscape of theoretical models for the TeV scale, the feasibility of various accelerator technologies towards an "Ultimate Collider," the connection with cosmology and gravitational wave physics, and the new detector and computing challenges necessary to carry out experiments using a machine of this kind. The discussion also raised new questions about the possible role of intermediate scales between the Fermi scale and the Planck scale.

A total of more than 100 scientists from all over the world came to GGI to attend the workshop and the conference, which featured invited talks by renowned accelerator experts, theorists and detector physicists.

Simons Fellows

Three eminent scientists in the field spent a significant amount of time at GGI and played a central role in the workshop activities. They helped organize the daily seminars, delivered seminars on their research activities and led discussions. The Simons Fellows involved in this GGI workshop were Michael Peskin (SLAC, USA), who visited for two weeks, Chris Quigg (Fermilab, USA), who visited for three weeks, and David Neuffer (Fermilab, USA), who visited for four weeks.

Summary

The workshop program proved remarkably varied, spanning multiple branches of physics from accelerator technology to detector development to particle theory. It brought together a variety of different communities - from flavor physics to neutrinos, dark matter and collider physics - creating fertile ground for the cross-pollination of ideas. The program offered a comprehensive outlook on the use of muon beams across three continents: in Europe, with a muon collider and related experiments; in North America, with Fermilab's plans for a muon collider cooling demonstrator and other muon beam applications; and in Asia, where KEK is pursuing new R&D to achieve muon beams with low emittance and high intensity.

Overall, the workshop presented an informative cross-section of muon beam applications for fundamental physics, with the muon collider being the ultimate goal of this development. Beyond the scientific content, the event served as an incubator for collaboration and synergy among different subfields of particle physics.

GGI proved to be an excellent host for fostering communication among experimental, theoretical and accelerator communities. Many participants will remember this event specifically for this cross-disciplinary collaboration. The organizers are grateful to GGI for accepting this proposal and enabling this unique opportunity for scientific exchange. As we stand at the threshold of new pos-

sibilities with muon beams, gatherings of this kind generate the connections and ideas that may ultimately lead to breakthrough discoveries in the years to come.

Acknowledgements

The organizers would like to thank the administrative staff of GGI for their invaluable help and assistance, both before the event and during the workshop. It is a real and sincere pleasure to thank Annalisa Anichini, Alessio Attardi, Mauro Morandini and Mirella Ridi.

Il Colle di Galileo

Adeguamento funzionale del Villino Abetti, efficientamento energetico e decarbonizzazione all'Osservatorio di Arcetri

Functional refurbishment of Villino Abetti, improvement of energy efficiency and carbon neutrality at Arcetri Observatory

Alessandro Barucci
INAF-OAA, Italia

Con i fondi del PNRR "M4C2" dedicati al rafforzamento e creazione di infrastrutture di ricerca, nell'ambito del programma STILES "STrenghtening the Italian Leadership in ELT and SKA" assegnato ad INAF, in Arcetri saranno ristrutturati e riqualificati degli edifici da adibire a laboratori, uffici e sale riunione per ricercatori e tecnologi dell'Osservatorio.

Il primo di questi interventi, è la ristrutturazione del cosiddetto "Villino Abetti", un elegante edificio che fu costruito tra il 1959 e 1960 dal prof. Giorgio Abetti, (insegnante universitario e direttore dell'Osservatorio di Arcetri dal 1921 fino al 1952) su progetto del famoso architetto fiorentino Italo Gamberini (progettista della Stazione, Sede RAI e Archivio di Stato di Firenze), per realizzare la sua residenza nell'area della collina di Arcetri.

With funding from the PNRR "M4C2" programme dedicated to strengthening and creating research infrastructure within the scope of the STILES programme ("STrengthening the Italian Leadership in ELT and SKA") awarded to INAF, several buildings in Arcetri will be renovated and refurbished for use as laboratories, offices and meeting rooms for the Observatory's researchers and technicians.

The first of these projects is the renovation of "Villino Abetti", an elegant building built between 1959 and 1960 by Professor Giorgio Abetti (a university lecturer and director of Arcetri Observatory from 1921 to 1952) based on a design by the famous Florentine architect Italo Gamberini (designer of the Railway Station, the RAI Headquarters and the State Archives of Florence), as his home in the Arcetri hillside area.

© 2026 Author(s)
ISSN 2281-7727 (print)
ISSN 2281-9711 (online)

Vol. 15, 2, 2026, pp. 89-93
DOI: 10.36253/cdg-17787
www.fupress.com/cdg

Alcuni cenni storici

In base ad uno specifico accordo del 2023, il villino ristrutturato sarà a disposizione, oltre che dell'Osservatorio, anche dei ricercatori di Fisica e Astronomia dell'Ateneo fiorentino.

Un breve excursus storico aiuterà a comprendere meglio le ragioni di tale sinergia.

Il terreno su cui costruire il villino era di proprietà demaniale e dato in concessione perpetua dal 1955, fra maggiore consistenza, all'Università di Firenze. Per costruire la loro residenza, nel 1958, i coniugi Abetti ottennero il diritto di superficie a tempo indeterminato, con la clausola che alla loro morte, la costruzione sarebbe andata in uso all'Università stessa per abitazione del personale scientifico dell'Osservatorio di Arcetri.

Da allora l'immobile, ha subito vari passaggi di uso, tra cui aule universitarie, data la sua collocazione in prossimità dell'edificio "Garbasso", storica sede della Facoltà di Fisica dell'Università di Firenze e, in anni più recenti, sede distaccata del Dipartimento di Astronomia e Fisica.

Dopo un periodo di abbandono, che ne ha causato un grave stato di degrado per la prolungata mancanza di interventi di manutenzione, nel 2023 INAF- Osservatorio Astrofisico di Arcetri e Università di Firenze hanno firmato un accordo di utilizzo congiunto del villino, da ristrutturare con i fondi PNRR messi a disposizione da INAF, ottenendo dal Demanio la concessione congiunta a titolo gratuito dell'edificio per 19 anni rinnovabili.

Some historical background

According to a specific agreement signed in 2023, the renovated villa will be available, in addition to the Observatory, to physics and astronomy researchers at the University of Florence.

A brief historical overview will provide a better understanding of the reasons behind this collaboration.

The land on which the villa was to be built was owned by the State Property Agency and had been granted on permanent lease, along with other properties, to the University of Florence since 1955. To build their home in 1958, the Professor Abetti and his wife obtained indefinite leasehold, on condition that, when they died, the building would revert to the University for use as accommodation for the scientific staff of Arcetri Observatory.

The property has been used for various purposes since then. It has been used as university classrooms, given its close proximity to the "Garbasso" building, the historic home of the Faculty of Physics at the University of Florence, and, in more recent years, as a branch of the Department of Astronomy and Physics.

Following a period of neglect, which led to a severe state of disrepair due to a prolonged lack of maintenance, in 2023 INAF - Arcetri Astrophysical Observatory and the University of Florence signed an agreement for the joint use of the house, to be renovated using PNRR funds made available to INAF, obtaining a joint licence from the State Property Office to use the building free of charge for a renewable period of 19 years.

Alessandro Barucci

A settembre 2024, su progetto dello studio Fagnoni&Associati Architetti di Firenze, sono iniziati i lavori di ristrutturazione appaltati direttamente dall'Osservatorio, che dovrebbero concludersi nel mese di ottobre 2026.

Dettagli della riqualificazione

Il "nuovo" Villino Abetti sarà una moderna struttura, che si sviluppa su tre livelli, con una superficie calpestabile di 426 m2: al secondo livello (piano terra) ci saranno 90 m2 di spazi per la ricerca suddivisi in tre laboratori di ottica e 50 m2 di uffici con 10 postazioni di lavoro, al terzo livello (piano primo) una sala per riunioni o seminari da 50 m2, da cui si accede ad un'ampia e panoramica terrazza di 180 m2 ideale per conferenze e incontri sociali. Il primo livello (piano seminterrato) sarà adibito ai servizi igienici, caffetteria, locali tecnici ed accesso alla piattaforma elevatrice per l'accesso dei disabili a tutti i livelli.

L'intervento è stato progettato ed eseguito nel rispetto della normativa ambientale italiana e dell'Unione Europea, in particolare dei Criteri Ambientali Minimi nazionali e del principio DNSH "Do No Significant Harm" del Green Deal europeo.

Particolare attenzione poi è stata data all'efficientamento energetico, alla riduzione delle emissioni e all'auto-produzione di energia da fonti rinnovabili. Nel dettaglio, tra gli interventi architettonici, sono previsti la coibentazione della copertura e dell'ampia terrazza, l'installazione di infissi ad alta efficienza. Per gli impianti di climatizzazione, saranno sostituiti la caldaia a gasolio e gli scaldaba-

In September 2024, work began on the renovation project designed by the Florence-based firm Fagnoni&Associati Architetti. The work was put out to tender directly by the Observatory and is expected to be completed in October 2026.

Details of the redevelopment

The "new" Villino Abetti will be a modern building developed over three levels, with a floor area of 426 m^2: the second level (ground floor) will offer 90 m^2 of research space divided into three optics laboratories, and 50 m^2 of office space with 10 workstations; the third level (first floor) will host a 50 m^2 meeting or seminar room, leading out onto a spacious, panoramic terrace covering 180 m^2, ideal for conferences and social gatherings. The first level (basement) will house the toilets, a café, service rooms and access to the lift platform, ensuring that all floors are accessible to people with disabilities.

The project was designed and completed in compliance with Italian and European Union environmental regulations, particularly the national Minimum Environmental Criteria and the "Do No Significant Harm" (DNSH) principle of the European Green Deal.

Particular attention has also been paid to energy efficiency, reducing emissions and generating energy from renewable sources. In detail, the architectural works will include the insulation of the roof and the spacious terrace, as well as the installation of high-efficiency doors and windows. As regards the air conditioning systems, the oil boiler and electric water heat-

gni elettrici con sistema di quattro pompe di calore idroniche in cascata, rendendo l'edificio del tutto decarbonizzato e "zero emission".

L'adeguata qualità dell'aria interna in tutti i locali abitabili sarà garantita da un impianto di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore.

Verranno installati lampade a led, dotati un sensore di presenza e regolazione automatica dell'intensità luminosa negli uffici in base alla luminosità che arriverà dall'esterno

Infine, per l'autoproduzione di energia elettrica, sulle falde del tetto saranno installati pannelli fotovoltaici di potenza totale 11 kW, di colore rosso ed integrati tra le tegole, secondo le prescrizioni della Soprintendenza dei Beni Culturali e del Comune di Firenze, trattandosi di edificio soggetto a vincolo paesaggistico.

L'importo dei lavori delle attività sopra indicate raggiungerà, ad opera terminata, circa 1.200.000 euro

Efficientamento e decarbonizzazione del complesso di Arcetri

Con l'esperienza acquisita nella riqualificazione del Villino Abetti, sono state individuate una serie di opere su tutti gli altri numerosi edifici del complesso dell'Osservatorio, con l'ambizioso obiettivo di raggiungere lo stato di "zero emissioni" nell'arco di cinque anni.

Alcuni di questi interventi, in particolare l'installazione di pannelli solari e delle coibentazioni a cappotto, sono più complicati perché da applicare su edifici

ers will be replaced with a system comprising four hydronic heat pumps in cascade, making it an entirely carbon neutral, zero-emission building.

Adequate indoor air quality in all rooms will be ensured by a controlled mechanical ventilation system with heat recovery.

LED lights fitted with a presence sensor and automatic brightness control that adjusts to the amount of natural light coming in from outside will be installed in the offices.

Lastly, for self-generation of electricity, red color photovoltaic panels with a total capacity of 11 kW will be installed on the roof slopes, fitted between the tiles in accordance with the requirements of the Superintendence of Cultural Heritage and the Municipality of Florence, as the building is subject to landscape restrictions.

The total cost of the works involved in the activities mentioned above will amount to approximately Euro 1,200,000 upon completion.

Energy efficiency and carbon neutrality of the Arcetri complex

Based on the experience gained during the refurbishment of Villino Abetti, a series of works has been identified for all the other buildings within the Observatory complex, with the ambitious aim of achieving zero emissions within five years.

Some of these works, particularly the installation of solar panels and external insulation, are more complicated because they are to be carried out on buildings of great architectural or



Figura 1. Vista del Villino Abetti prima dell'intervento (sinistra) e come sarà dopo la ristrutturazione (destra).
Figure 1. A view of Villino Abetti before work began (left) and how it will look after renovation (right).

di grande valore architettonico o simbolico quali l'Osservatorio stesso, soggetti a vincolo dei beni culturali e quindi ai pareri della Soprintendenza. Altri interventi invece, che riguardano la sostituzione delle caldaie a gas metano con pompe di calore elettriche o delle luci a neon con LED o che comunque non hanno impatti sull'estetica delle strutture, sono più veloci e facili.

Alla data odierna, alcune opere di efficientamento e decarbonizzazione sono già in avanzata fase di progettazione e saranno eseguite in base al programma triennale dei lavori pubblici dell'INAF, finanziato da fondi di edilizia stanziati direttamente dall'Ente e specifici fondi erogati dal MUR Ministero dell'Università e della Ricerca.

symbolic value, like the Observatory, which are subject to cultural heritage restrictions and are therefore subject to the approval of the Superintendence. Other works, however, which involve replacing natural gas boilers with electrical heat pumps or replacing neon with LED lighting and which do not affect the overall appearance of the buildings, are quicker and easier to carry out.

As of today, a number of energy efficiency and carbon neutrality projects are already in the advanced planning stages and will be carried out in accordance with the INAF's three-year public works programme, funded by building grants allocated directly by INAF itself and specific funds disbursed by the Ministry of University and Research (MUR).

Il Colle di Galileo

MAUVE: Le firme della binarietà nelle stelle esotiche

MAUVE: Tracing Signatures of Binarity in Exotic Stars

Sharmila Rani, Elena Pancino
INAF – Osservatorio Astrofisico di Arcetri (OAA), Italia

Riassunto. Questo progetto mira a sfruttare le osservazioni spettroscopiche UV a bassa risoluzione della missione MAUVE per indagare la natura e l'origine delle popolazioni stellari esotiche, con particolare attenzione ai percorsi evolutivi binari. MAUVE è la prima missione privata spaziale interamente dedicata alla ricerca astrofisica, sviluppata da Blue Skies Space Ltd (BSSL), con sede nel Regno Unito e in Italia. Lanciato il 28 novembre 2025, MAUVE ha completato la fase di avvio ed è entrato nella piena operatività scientifica lin Agosto 2026.

Parole chiave: spettrofotometria UV, stelle esotiche, stelle binarie.

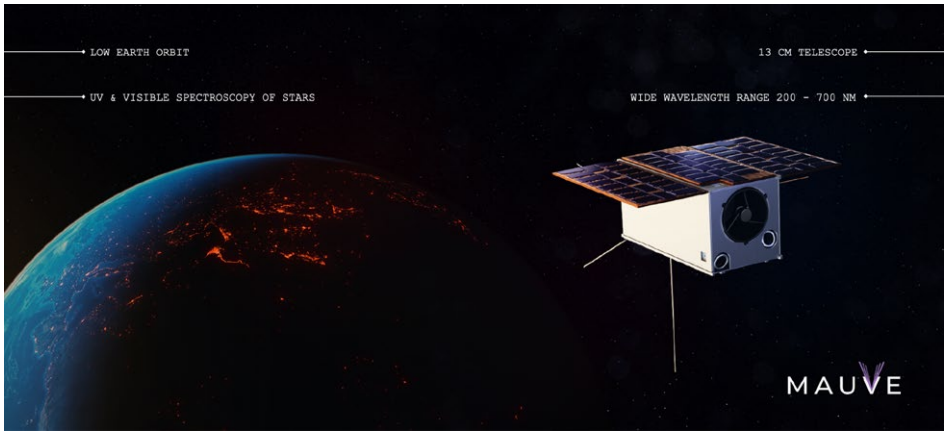
Il nostro tema scientifico, insieme ad altri otto, ha ottenuto tempo di osservazione con MAUVE, che presenta uno spettrografo a bassa risoluzione (R ~100) e osserva nelle gamme ottica e vicino UV, raggiungendo lunghezze d'onda inaccessibili da terra e coprendo un intervallo che pochissime missioni spaziali attive o pianificate coprono. INAF ha già investito nella partecipazione al team scientifico e nello sviluppo del nostro tema scientifico, che ha ottenuto un minimo di 200 ore (con una estensione fino a 400 ore) nel primo anno di attività di MAUVE. Il nostro tema scientifico è principalmente focalizzato sull'esplorazione di popolazioni stellari esotiche, come le stelle vagabonde blu (*blue stragglers*), le vagabon-

Abstract. This project aims to exploit low-resolution UV spectroscopic observations from the MAUVE mission to investigate the nature and origin of exotic stellar populations, with a particular focus on binary evolution pathways. MAUVE is the first private space-based mission dedicated entirely to astrophysical research developed by Blue Skies Space Ltd (BSSL), based in the UK and Italy. Launched on November 28, 2025, MAUVE has finished its ramp-up phase and since August 2026 has entered full scientific operations.

Keywords: UV spectrophotometry, exotic stars, binaries.

Our science topic, along with eight others, has been granted observation time with MAUVE, which features a low-resolution spectrograph (R ~100) and observes in the optical and near-UV ranges, reaching wavelengths that are inaccessible from the ground and spanning a range that very few active and planned space missions cover. INAF has already invested in partici-

© 2026 Author(s)
ISSN 2281-7727 (print)
ISSN 2281-9711 (online)
Vol. 15, 2, 2026, pp. 95-96
DOI: 10.36253/cdg-17788
www.fupress.com/cdg



de gialle (*yellow stragglers*), le subnane calde, le stelle ricche di litio le sotto-sotto giganti (*sub-subgiants*), le cui origini sono ancora oggetto di dibattito. L'obiettivo principale di questo progetto è testare l'ipotesi che tutte queste popolazioni siano sottoprodotti dell'evoluzione stellare in sistemi binari, identificando le eventuali firme dei compagni caldi nell'UV.

Attualmente Sharmila Rani è postdoc presso INAF-OAA. Ha completato il suo dottorato presso l'Indian Institute of Astrophysics (IIA), Bangalore, India. È stata ricercatrice post-dottorato presso l'Aryabhatta Research Institute of Observational Sciences (ARIES), Nainital, India, per un anno prima di entrare in INAF-OAA.

pation in the science team and the development of our science topic, which has been granted a minimum of 200 hrs (with up to 400 hrs) in the first year of operation of MAUVE. Our science topic focuses primarily on the exploration of exotic stellar populations, such as blue stragglers, yellow stragglers, hot subdwarfs, lithium-rich stars and sub-subgiants, whose origins are still being debated. The main aim of this project is to test the hypothesis that all these populations are byproducts of binary stellar evolution by identifying signatures of hot companions.

Sharmila Rani is currently a postdoc at INAF-OAA. She completed her PhD at the Indian Institute of Astrophysics (IIA), Bangalore, India. She was a postdoctoral researcher at the Aryabhatta Research Institute of Observational Sciences (ARIES), Nainital, India, for a year before joining INAF-OAA.

Il Colle di Galileo

Le perovskiti di alogenuri: semiconduttori per dispositivi innovativi

Halide Perovskites: Semiconductors for Cutting-edge Devices

Mara Bruzzi, Leonardo Forcieri, Anna Vinattieri
Dipartimento di Fisica e Astronomia, INFN, Università di Firenze, Italia

Riassunto. Le perovskiti di alogenuri sono una classe di semiconduttori che nell'ultimo decennio ha ricevuto uno straordinario interesse per le possibili numerose applicazioni in ambiti quali fotonica (laser e led), sensoristica (rivelatori ad ampio spettro di energie), energetica (celle solari) in virtù delle proprietà fisiche che le caratterizzano e per la semplicità delle tecniche di sintesi/crescita. Nell'ambito di una collaborazione fra ricercatori del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Firenze e della sezione INFN è in corso a Firenze da anni una intensa attività di ricerca che riguarda la sintesi del semiconduttore, lo studio delle proprietà ottiche e elettriche e la realizzazione del dispositivo/sensore.

Parole chiave: semiconduttori, fotonica, rivelatori.

Introduzione

A partire dagli ultimi decenni del secolo scorso sono numerosi i traguardi raggiunti dalla fisica dei materiali, in particolare i semiconduttori, e sicuramente uno

Abstract. Halide perovskites are a class of semiconductors which has gained considerable relevance in recent decades due to a wide set of applications ranging from photonics (laser and LED) to sensors (wide spectral range detectors) and energy harvesting (solar cells). This is a consequence of their unique physical properties and for the ease of the material synthesis/growth. Within the framework of a fruitful collaboration between researchers from the Department of Physics and Astronomy and INFN, intense research into the semiconductor synthesis, the investigation of the optical/transport properties and the device development is underway in Florence.

Keywords: semiconductors, photonics, detectors.

© 2026 Author(s)
ISSN 2281-7727 (print)
ISSN 2281-9711 (online)

Vol. 15, 2, 2026, pp. 97-106
DOI: 10.36253/cdg-17789
www.fupress.com/cdg

dei principali riguarda la capacità di definirne *a priori* le proprietà fisiche (ottiche, elettriche, meccaniche, etc.) per poi procedere alla crescita/sintesi e strutturazione del materiale con un controllo su scala nanometrica. Le raffinate tecniche di crescita epitassiali, in particolare l'epitassia da fascio molecolare (MBE: Molecular Beam Epitaxy), hanno consentito la realizzazione di un ampio spettro di nanostrutture a semiconduttore di altissima qualità per quanto concerne la struttura cristallina con un basso contenuto di difetti strutturali. Questa tecnica consiste nell'evaporazione di atomi/molecole a partire da materiali precursori, in condizioni di ultra-alto vuoto, su di un substrato dove avviene la crescita per sovrapposizione ordinata di singoli strati monocristallini. Tuttavia, questa tipologia di crescita non sempre è possibile, poiché richiede che il substrato e i singoli strati che si vengono a formare abbiano identico reticolo cristallino e medesimo passo reticolare; pertanto, il costo per la produzione dei campioni è elevato e limitato ad alcune tipologie di semiconduttori. Negli ultimi decenni la scienza dei materiali ha affrontato il problema di individuare classi di semiconduttori la cui sintesi/crescita avvenga utilizzando tecniche chimico/fisiche che, pur consentendo la produzione di materiale di elevata qualità cristallina e limitata concentrazione di difetti, condizioni necessarie per garantire l'efficienza dei dispositivi, presentino costi estremamente contenuti. Le perovskite di alogenuri [1], semiconduttori del tipo ABX_3 dove A, B sono cationi organici/inorganici e X è un anione alogeno (Cl, Br, I) ben si prestano alla sintesi chimica da soluzione [2] e/o la crescita con tecniche fisiche come lo sputtering [3]. Questa tecnica prevede l'atomizzazione in alto-vuoto di un materiale target attraverso il bombardamento con un plasma di ioni (tipicamente

Introduction

Several considerable advancements have been made in the field of material science, especially with regard to semiconductors. One of the most significant results concerns the ability to define, *a priori*, the physical properties (optical, electrical, mechanical, etc.) and then to carry out the growth/synthesis and material structuring with nanometric precision. Epitaxial growth, in particular molecular beam epitaxy (MBE), has allowed the realization of a wide set of excellent quality nanostructures with a very low content of lattice defects. This technique consists in the atom/molecule evaporation, in ultra-high vacuum conditions, of the precursor materials onto a substrate where single monocrystal layers form. However, epitaxial growth has a limited range of use, because the same lattice geometry and lattice spacing are required for both the substrate and the monocrystalline layers, making material growth a high costly process and limited to a subset of semiconductors. In recent decades material science has looked for semiconductors that require simpler and cheaper (compared to epitaxial growth) synthesis/growth techniques, while maintaining high crystalline quality and limited defects, as required for the implementation of devices.

Halide perovskites [1] are semiconductors described by the formula ABX_3, where A, B are organic/inorganic cations and X is a halogen anion (Cl, Br, I); they can be created through chemical synthesis [2] and/or using physical deposition techniques like sputtering [3]. This technique consists of the high-vacuum atomization of a target material bombarded by an ion

Argon) e il conseguente riarrangiamento controllato degli atomi su di un substrato cristallino o amorfo formando così una sovrapposizione di strati policristallini.

Con il termine perovskite, assegnato in onore del mineralogista russo Perovskij, si intendono tutti i cristalli la cui struttura è identica a quella del $CaTiO_3$. Una delle caratteristiche delle perovskiti di alogenuri che le rendono estremamente interessanti per applicazioni in ambito optoelettronico e sensoristico (LED, Laser, rivelatori, etc.) [4,5] consiste nella possibilità di controllare e modificare l'energia del band-gap E_g mantenendo invariati gli elementi A e B del composto e sostituendo l'alogeno; in questo modo si può variare E_g coprendo tutto l'intervallo da UV a NIR come illustrato in Fig. 1 nel caso della classe più studiata in cui l'elemento A è lo ione Cs^+ e il B lo ione Pb^{+1}.

È importante sottolineare che con le tecniche sopra menzionate [2,3] è possibile realizzare film nanometrici e nanostrutture di questi semiconduttori scegliendo numerosi substrati sia cristallini che amorfi senza il vincolo fortemente limitante richiesto dall'epitassia da fasci molecolari di un accordo reticolare, sia per quanto concerne la tipologia di reticolo che il passo reticolare, fra il substrato e il film deposto.

Risultati

Per quanto concerne la realizzazione di perovskiti di alogenuri la tecnica inizialmente privilegiata è stata la sintesi chimica a partire da una soluzione che vie-

plasma (typically Argon), and the subsequent controlled deposition of the atoms onto a crystalline or amorphous substrate to form a sequence of polycrystalline layers.

The term perovskite, named after the Russian mineralogist Perovkij, indicates the class of crystals with the same lattice as $CaTiO_3$. One of the most interesting properties of halide perovskites, which makes them extremely appealing for optoelectronics and sensing (LEDs, Lasers, detectors, etc.) [4,5] comes from the possibility of tuning the band-gap energy E_g by changing the halogen while keeping the same A, B cations. In this way E_g can cover the whole range from UV to NIR, as shown in Fig. 1, for the most thoroughly investigated perovskites, where A is the Cs^+ ion and B is the Pb^+ ion[1].

It is worth mentioning that, using the aforementioned techniques [2,3], it is possible to deposit films of nanometric thickness and nanostructures on top of different substrates (both crystalline and amorphous) with no constraint in terms of lattice matching, as required in molecular beam epitaxy.

Results

The early studies of halide perovskites refer to sample preparation by chemical synthesis; the precursor salts are dissolved in a solvent and the resulting solution is deposited onto a substrate by *spin-coating, drop-casting, blade coating,* or *ink jet*. In all these techniques, one or more droplets of the solution are deposited onto the substrate and the evaporation of the sol-

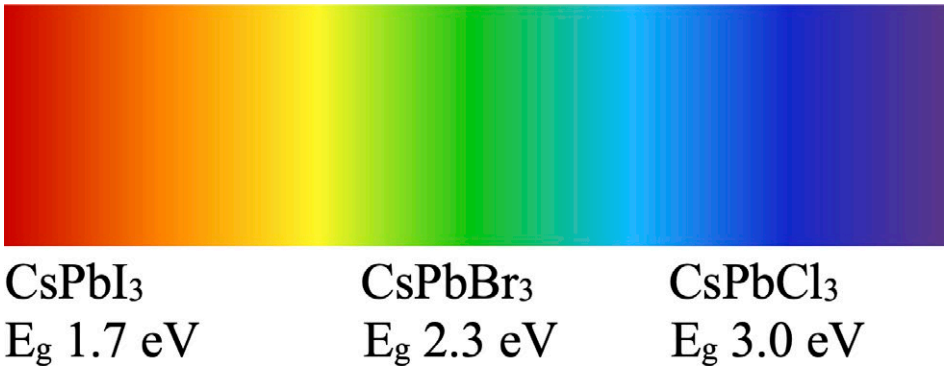


Figura 1. Rappresentazione della variazione di E_g quando si usano ioni alogeni differenti nel composto con Cs e Pb.
Figure 1. Sketch of how E_g changes for different halogen ions in the compound with Cs and Pb.

ne poi deposta su un substrato per *spin-coating*, *drop-casting*, *blade-coating*, *ink jet*. In tutte queste tecniche una o più gocce della soluzione vengono distribuite sul substrato e la successiva evaporazione del solvente comporta la formazione di aggregati policristallini del soluto. Questa è sicuramente la metodologia più semplice e meno costosa per realizzare film policristallini [6]; tuttavia non consente un controllo accurato dello spessore del film deposto e della sua omogeneità e quindi ha un basso grado di scalabilità per la realizzazione di dispositivi. Più di recente si è fatto ricorso a tecniche di deposizione fisica che superano i problemi

vent results in the formation of solute polycrystalline aggregates. This is the simplest and most cost-effective method for the realization of polycrystalline films [6]. It does not, however, allow precise control over material growth in terms of film thickness and uniformity, limiting scalability for device implementation. Recently, physical deposition techniques have been considered for halide perovskite growth. Such techniques overcome the problems encountered with chemical synthesis. Moreover, as the growth is carried out in a vacuum chamber, the incorporation of contaminants (C, O, N), that behave as defects, is significantly reduced. Significant progress in this field has come from the research group at the Department of Physics and Astronomy which, in collaboration with researchers at the Department of Chemistry, has developed a sputtering deposition setup [3,7].

Fig. 2 shows the *magnetron sputtering* system (sputtering where the presence of a magnetic field near the cathode optimizes the atomization process) at the Department of Physics and Astronomy-INFN. This setup is used for halide perovskite film deposition. With this instrumentation the research group in Florence obtained, for the first time, films in thicknesses ranging from a few tens of nanometres up to one micron, with a thickness control of one nanometre and significant homogeneity over an area of several cm^2. This result cannot be achieved with wet deposition techniques. Magnetron sputtering deposition was also used for optoelectronic applications (laser) [8] and particle detections [9].

sopra citati e inoltre, avvenendo in una camera in vuoto, riducono in modo significativo l'incorporazione involontaria di contaminanti (C, O, N) che agiscono come difetti. In questo ambito si è distinto il gruppo di ricerca del Dipartimento di Fisica e Astronomia che in collaborazione con ricercatori del Dipartimento di Chimica ha messo a punto un sistema di deposizione per sputtering [3,7].

In Fig. 2 si mostra il sistema di *magnetron sputtering* (sputtering in presenza di un campo magnetico nella regione del catodo che ottimizza il processo di atomizzazione) presente al Dipartimento di Fisica e Astronomia – INFN per la realizzazione di film di perovskiti di alogenuri. Con questo apparato sperimentale il gruppo di ricerca fiorentino ha realizzato per la prima volta film di spessore che varia da poche decine di nanometri al micron con un controllo della crescita pari al nanometro e con una elevata omogeneità/planarità del campione su aree di vari cm^2: questo risultato non è ottenibile con tecniche di deposizione da soluzione. Inoltre, sono stati realizzati film per applicazioni optoelettroniche (laser) [8] e rivelazione di particelle [9].

La qualità cristallina dei film ottenuti è mostrata in figura (3) dove si riportano tipiche immagini ottenute con un microscopio a scansione di elettroni: si notano la compattezza e l'omogeneità del film (Fig. 3a) anche per quanto concerne il suo spessore (Fig. 3b).

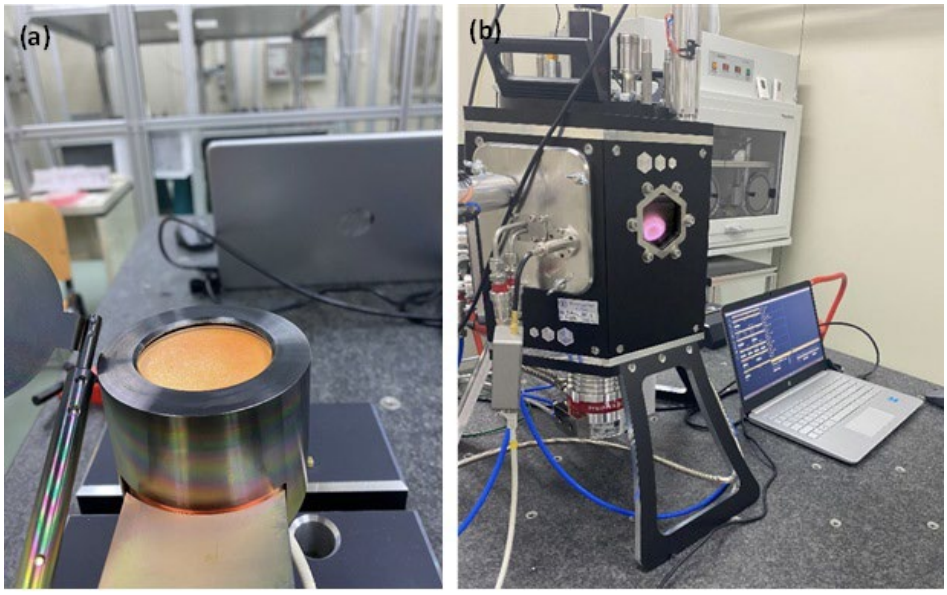


Figura 2. (a) target di $CsPbBr_3$ che viene poi inserito nell'apparato di figura 2b per la deposizione; (b) Camera per il magnetron-sputtering: in rosa si apprezza il plasma di ioni Ar^+ utilizzati per effettuare la deposizione.

Figure 2. (a) CsPbBr3 target, to be inserted in chamber of figure 2b; (b) Magnetron sputtering chamber; the pink light is the Ar^+ ions plasma used for the deposition.

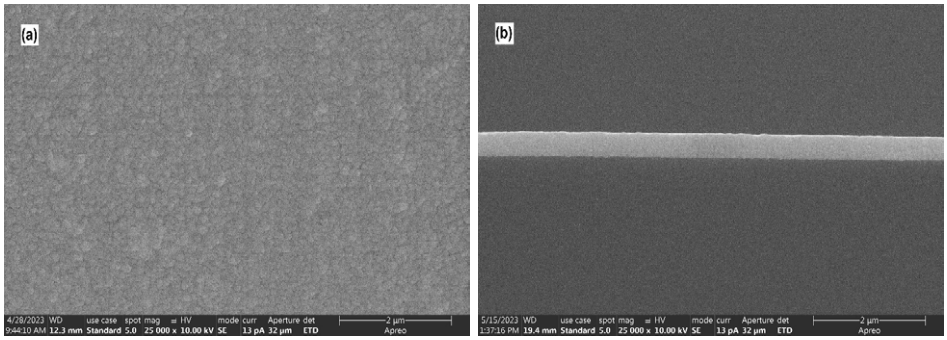


Figura 3. Film di $CsPbBr_3$ con spessore 300 nm (a) immagine ottenuta con un microscopio SEM, (b) Immagine in sezione con un microscopio SEM ad alta risoluzione (da ref. 10).
Figure 3. CsPbBr3 film, 300 nm thick (a) SEM image, (b) High resolution SEM cross section image (from ref. 10).

In film di $CsPbBr_3$ di spessori 100, 300, 500 nm deposti su substrati di vetro abbiamo mostrato come sia ottenibile amplificazione dell'emissione spontanea (ASE) a temperatura ambiente, presupposto per la realizzazione di un laser in presenza di una cavità ottica, in una configurazione in cui il guadagno è minimo poiché si utilizza solo lo spessore del film. Questo è un risultato particolarmente significativo se si considera che l'ASE è osservata tipicamente in configurazione di guida d'onda utilizzando pertanto la dimensione longitudinale del film dell'ordine di svariati mm. Un esempio è illustrato nella figura (4) per un film da 100 nm di $CsPbBr_3$: il segnale ASE si sovrappone alla banda larga di fotoluminescen-

The crystalline quality of the film is shown in figure (3), which presents typical images obtained by means of a scanning electron microscope. We can see the film's compactness and homogeneity (Fig. 3a) and the uniformity of its thickness (Fig.3b).

We have recently detected amplification of spontaneous emission (ASE) at room temperature in 100-200-300 nm thick films deposited on glass substrates. This result is the prerequisite for lasing action in the presence of an optical cavity. Our experiment showed highly relevant results because we observed the ASE signal using only the film thickness (100-300-500 nm), while common findings report ASE in a wave-guided configuration, using several millimetres of film. An example of the results is shown in Fig. 4 for a 100 nm thick $CsPbBr_3$ film; the ASE signal is superimposed onto the wide photoluminescence (PL) band (Fig. 4a) and initially shows a superlinear increase, with a deviation from the linear trend, with the excitation laser beam fluence up to a maximum value, and then decreases as a consequence of the saturation of the photoexcited emitters (nanocrystals) as can be seen in the photoluminescence behaviour (Fig.4b).

Currently, our research concerns the deposition of this class of semiconductors on meta-surfaces, i. e. surfaces characterized by a peculiar geometry on a micrometer/sub-micrometer scale, comparable to the radiation wavelength, which can modify the optical response of the semiconductor integrated on top of them. Our goal is to investigate how the different aspects of the free carriers and excitons radiative recombination (lifetime, polarization, directionality, etc.) are modified in presence of the meta-surface [11,12]. These samples are being used to

za (PL) (Fig. 4a) e cresce inizialmente in modo superlineare deviando da un andamento rettilineo al crescere della fluenza del fascio laser di eccitazione fino ad un massimo seguito da una decrescita coerente con una saturazione determinata dal numero di emettitori (nanocristalli) eccitati come mostrato dall'andamento della fotoluminescenza (Fig. 4b).

Le ricerche attualmente in corso riguardano la deposizione di questi semiconduttori su meta-superfici, ovvero superfici caratterizzate da una particolare configurazione geometrica su scala micrometrica/submicrometrica, confrontabile con la lunghezza d'onda della radiazione incidente, che può modificare la risposta ottica del semiconduttore che viene integrato su di esse. L'obiettivo del nostro studio mira ad individuare come le caratteristiche della ricombinazione radiativa (tempo di vita, polarizzazione, direzionalità, etc.) di elettroni/lacune ed eccitoni fotoeccitati del semiconduttore vengano modificate in presenza della meta-superficie [11,12]. Inoltre, questi campioni sono utilizzati per lo studio di processi di fotocatalisi nell'ambito del progetto PRIN HOTMETA (*HOT-carrier METasurfaces for Advanced photonics).*

Parallelamente a questa attività in ambito fotonico è in corso una ricerca su rivelatori [9,13] per applicazioni in ambito medico (dosimetri per radioterapia). Il gruppo di ricerca del Dipartimento di Fisica e Astronomia, associato alle attività INFN della commissione scientifica 5 (CSN5) per la ricerca tecnologica, da anni porta avanti lo sviluppo di dosimetri a perovskite inorganica come dosimetri in radioterapia e proton-terapia, attraverso i progetti ANEMONE - hAdroN bEam MONitoring by pErovskite based detectors (2022-2024) e PROVIDE - PeROVskIte DEtectors for innovative strategies in radiation therapy and diagnostics (2025-2027). In particolare, ci si concentra su $CsPbBr_3$ e $CsPbCl_3$ in quanto perovskiti

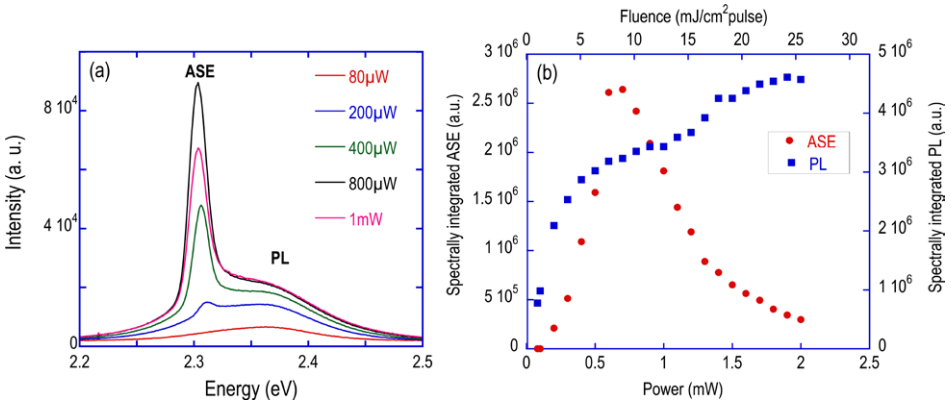


Figura 4. ASE e fotoluminescenza (PL) di un film di $CsPbBr_3$ di spessore 100 nm dopo l'eccitazione con un laser a 355 nm con impulsi da 6 ns: spettri in funzione della potenza di eccitazione (a), intensità ASE e PL i in funzione della potenza /fluenza di eccitazione (da ref. 8).

Figure 4. ASE and photoluminescence (PL) of a $CsPbBr_3$ 100 nm thick film excited by a 355 nm laser delivering pulses 6 ns long: spectra as a function of the excitation power (a), ASE and PL intensity as a function of the power/fluence used for excitation (from ref. 8).

inorganiche, caratterizzate da elevati bandgap (per ottenere basse correnti di buio), alto numero atomico medio (quindi elevata attenuazione); bassa energia di prima ionizzazione (elevata sensibilità alla radiazione). Queste caratteristiche permettono di sviluppare rivelatori e dosimetri a film sottile, dell'ordine di 0.1-2 μm, in grado di operare in real-time anche in trasmissione, per valutare la dose direttamente durante la somministrazione al paziente. Inoltre, la possibilità di potere effettuare la deposizione direttamente su substrati flessibili e con elettronica read-out già integrata permette di sviluppare dispositivi conformati spazialmente. A titolo di esempio in Fig. 5a si mostra un dosimetro realizzato con un film di $CsPbBr_3$ spesso 1 μm depositato mediante magnetron sputtering su substrato flessibile con elettrodi interdigitati di oro. La foto in Fig. 5b mostra il rivelatore in misura sotto un fascio di protoni da 228 MeV presso il centro di protonterapia INFN TIFPA-APSS Trento. In Fig. 5c è riportato il segnale di corrente misurato con un rivelatore a $CsPbCl_3$ di stessa geometria e contatti, durante la esposizione a fasci di protoni da 198-211-220-228 MeV e corrente di estrazione pari a 10nA [9]. I risultati ottenuti con questi campioni hanno mostrato una buona linearità della risposta in carica durante esposizione per flussi di protoni nel range $4x10^7$ - $2x10^9$ p/s [9].

Conclusioni

I principali risultati mostrati relativi all'attività di ricerca presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia e la sezione INFN riguardano la sintesi del materiale

investigate photocatalysis within the framework of a project entitled PRIN HOTMETA (*HOT-carrier METasurfaces for Advanced photonics).*

At the same time, research into detectors [9,13] for medical treatments (dosimeters for radiotherapy) is in progress. Researchers at the Department of Physics and Astronomy, working on the ANEMONE - hAdroN bEam MONitoring by pErovskite based detectors (2022-2024) and PROVIDE - PeROVskIte DEtectors for innovative strategies in radiation therapy and diagnostics (2025-2027) projects, financed by the INFN 5th scientific commission (CSN5), are creating inorganic halide perovskites dosimeters for application to radiotherapy and proton-therapy. A special focus is on $CsPbBr_3$ and $CsPbCl_3$ inorganic perovskites characterized by a high bandgap energy value (allowing for low background current), high average value of the atomic number (high attenuation) and low value of first ionization energy (radiation high sensitivity). These properties allow the development of thin film (0.1-2 μm) detectors and dosimeters, capable of real-time operation also in transmission configuration, for *in-vivo* estimation of the dose delivered during the treatment of the patient. Moreover, the possibility of growing the film on flexible substrates incorporating the read-out electronics allows the development of spatially shaped devices. Fig. 5a, for example, shows a dosimeter based on a 1 μm thick $CsPbBr_3$ film deposited by magnetron sputtering on a flexible substrate with gold interdigitated electrodes. In Flg. 5b, the detector is shown when exposed to a proton beam of 228 MeV at the INFN proton therapy centre TIFPA-APSS in Trento. In Fig. 5c, the current signal measured by a $CsPbCl_3$ detector with the same geometry and electrodes is shown when the detector is

e la realizzazione di dispositivi prototipali. Essi indicano da un lato la versatilità delle perovskiti di alogenuri per un ampio spettro di applicazioni e dall'altro lo stato dell'arte nella qualità del materiale semiconduttore realizzato.

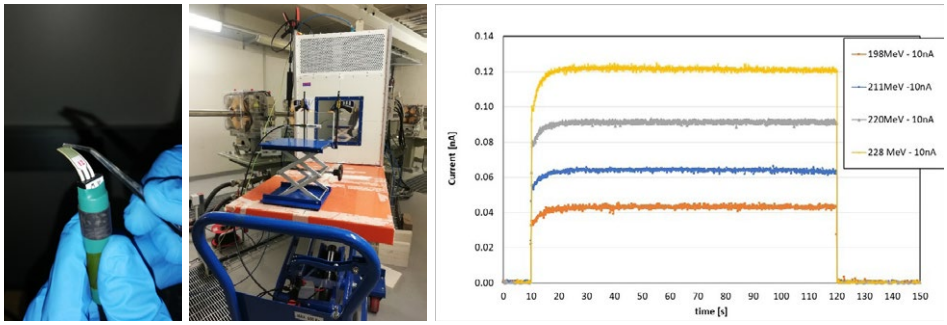


Figura 5. (a) Dosimetro realizzato con un film di $CsPbBr_3$ spesso 1μm depositato mediante RF magnetron sputtering su substrato flessibile con elettrodi interdigitati. (b) Rivelatore di perovskite in misura sotto fascio di protoni presso il centro di protonterapia INFN TIFPA-APSS Trento. (c) Segnale di corrente misurato durante esposizione a fascio di protoni da 198-211-220-228MeV e corrente di estrazione pari a 10nA [9].

Figure 5. (a) Dosimeter realized with a 1 μm thick $CsPbBr_3$ film deposited by RF magnetron sputtering on a flexible substrate with interdigitated electrodes. (b) Perovskite detector under irradiation with a proton beam at the INFN protontherapy center TIFPA-APSS in Trento. (c) Current signal measured during irradiation with proton beams of 198-211-220-228 MeV and a 10 nA extraction current [9].

irradiated with proton beams of 198-211-220-228 MeV and a 10 nA extraction current [9]. The results obtained with these samples reveal good linearity in the charge response during irradiation with proton flux within the range $4x10^7$-$2x10^9$ p/s [9].

Conclusions

The main results obtained by the researchers at the Department of Physics and Astronomy-INFN concern material synthesis and prototypal device realization. On one hand, such results indicate the high versatility of halide perovskites for a large set of applications and, on the other, the state-of-the- art quality reached in material fabrication.

Notes

1. Quaternary compounds obtained by mixing different halogen ions allow the fine tuning of E_g.

Bibliography:

[1] A. Vinattieri and G. Giorgi (2021), Halide perovskites for photonics, AIP Perspective.
[2] L. Protesescu et al. (2015), Nanoletters 15, 3692
[3] C. Borri et al. (2020), Nanomaterials 10, 60

Note

1. Composti quaternari con mixing degli ioni alogeni consentono un *tuning* accurato del valore di E_g.

Bibliografia

[1] A. Vinattieri and G.Giorgi (2021), Halide perovskites for photonics, AIP Perspective.
[2] L. Protesescu et al. (2015), Nanoletters 15, 3692.
[3] C. Borri et al. (2020), Nanomaterials 10, 60.
[4] Y. Liu et al. (2025), Adv. Mater. 37, 2415606.
[5] N. Falsini et al. (2023), Sensors 23, 4930.
[6] W.A. Dunlap-Shohl, Yuanyuan Zhou, Nitin P. Padture and David B. Mitzi (2019), Chem.Rev. 119, 3193.
[7] N. Falsini et al. (2021), JEOS 17, 8.
[8] N. Enea et al. (2025), AIP Advances 15, 025219.
[9] M. Bruzzi et al. (2023), Front. Phys. 11:1126753.
[10] N. Enea (2026), UV-NIR Eco-sustainable light sources based on halide perovskites for biomedical applications, PhD Thesis, Dept. Physics-Astronomy, Univ. Florence.
[11] G. Adamo et al. (2021), Perovskite Metamaterials and Metasurfaces, Chapter 10 in Halide perovskites for photonics, AIP Perspective.
[12] G. Roini et al. (2023), Applied Physics Letters 122, 241101.
[13] M. Bruzzi et al. (2022), Z Med Phys 32, 392.

[4] Y. Liu et al. (2025), Adv. Mater. 37, 2415606
[5] N. Falsini et al. (2023), Sensors 23, 4930
[6] W.A. Dunlap-Shohl, Yuanyuan Zhou, Nitin P. Padture and David B. Mitzi (2019), Chem. Rev. 119, 3193
[7] N. Falsini et al. (2021), JEOS 17, 8
[8] N. Enea et al. (2025), AIP Advances 15, 025219
[9] M. Bruzzi et al. (2023), Front. Phys. 11:1126753
[10] N. Enea (2026), UV-NIR Eco-sustainable light sources based on halide perovskites for biomedical applications, PhD Thesis, Dept.Physics-Astronomy, Univ. Florence
[11] G. Adamo et al. (2021), Perovskite Metamaterials and Metasurfaces, Chapter 10 in Halide perovskites for photonics, AIP Perspective.
[12] G. Roini et al. (2023), Applied Physics Letters 122, 241101
[13] M. Bruzzi et al. (2022), Z Med Phys 32, 392

Il Colle di Galileo

L'espansione dell'Universo illuminata dai quasar

The Expansion of the Universe Illuminated by Quasars

Emanuele Nardini[1], Elisabeta Lusso[2]
[1] INAF-OAA, Italia
[2] Università di Firenze, INAF-OAA, Italia

Riassunto. Una imminente campagna del telescopio spaziale XMM-Newton osserverà 18 quasar situati ad oltre 12 miliardi di anni luce da noi, allo scopo di verificare possibili discrepanze con le distanze previste dal modello cosmologico standard e investigare il ruolo dell'energia oscura nell'Universo primordiale.

Fin dalla scoperta dei quasar, i più luminosi tra i nuclei galattici alimentati da buchi neri supermassicci in accrescimento, il loro potenziale utilizzo come pietre miliari nella scala di distanze cosmiche ha fortemente attratto gli scienziati. Benché i quasar difettino della caratteristica fondamentale per essere considerati "candele standard", ovvero una luminosità nota e uniforme, le loro distanze si possono ricavare da una relazione empirica che lega la loro luminosità assoluta al rapporto tra emissione ultravioletta ed emissione nei raggi X, simile alle relazioni tra luminosità e periodo nelle Cefeidi e tra luminosità di picco e velocità di decadimento nelle supernove Ia, le classi di candele standard più consolidate. Negli ultimi anni, il notevole perfezionamento di questa tecnica da parte di ricercatori dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri e del Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Firenze ha consentito di rivelare una possibile discrepanza

Abstract. An upcoming campaign by the XMM-Newton space telescope is going to observe 18 quasars located more than 12 billion light-years away from us, with the aims of checking for possible discrepancies with respect to the distances predicted by the standard cosmological model, and investigating the role of dark energy in the early Universe.

Ever since the discovery of quasars – the brightest of the galactic nuclei powered by accreting supermassive black holes – their potential use as milestones on the cosmic distance scale has greatly attracted scientists. Despite the fact that quasars lack the fundamental characteristic required to be considered "standard candles" (i.e. a known and uniform luminosity), their distances can be calculated based on an empirical relationship linking their absolute luminosity to the ratio of ultraviolet to X-ray emission, similar to the relationships between luminosity and period in Cepheids and between peak luminosity and decay rate in Type Ia supernovae, the most established classes of standard candles. Significant refinements to this technique by

© 2026 Author(s)
ISSN 2281-7727 (print)
ISSN 2281-9711 (online)
Vol. 15, 2, 2026, pp. 107-110
DOI: 10.36253/cdg-17790
www.fupress.com/cdg

(Fig. 1) tra le distanze dei quasar più lontani e le previsioni del modello cosmologico standard (il ΛCDM). Questo risultato si somma ai sempre più numerosi studi che, tramite indicatori cosmologici indipendenti, evidenziano i limiti del modello ΛCDM, rendendo ormai inevitabile la prospettiva di una profonda rivisitazione della storia di espansione dell'Universo.

È in questo contesto che si inserisce una nuova campagna a guida INAF/OAA e UniFi che prevede l'osservazione nei raggi X di 18 quasar ad alto redshift (z~4), la cui luce è stata emessa poco più di un miliardo di anni dopo il Big Bang. Con un totale di 325 ore di osservazione, si tratta del più grande programma di osservazione assegnato per il telescopio spaziale XMM-Newton dell'Agenzia Spaziale Europea nel 2025 (con osservazioni a partire da maggio 2026). Il principale obiettivo scientifico è quello di estendere il diagramma di Hubble ad epoche cosmiche fin qui scarsamente esplorate, per verificare ogni ulteriore deviazione rispetto al modello ΛCDM ed investigare il ruolo dell'energia oscura nell'espansione dell'Universo. La qualità degli spettri richiesta per misurare le distanze con sufficiente accuratezza è senza precedenti per un campione omogeneo di quasar a redshift così elevato, e consentirà pertanto anche di studiare in dettaglio vari aspetti della fisica dell'accrescimento dei buchi neri supermassicci nell'Universo primordiale.

Emanuele Nardini è ricercatore presso l'INAF/OAA. Si occupa dei fenomeni di alta energia associati all'accrescimento dei buchi neri supermassicci, principalmente tramite l'osservazione nei raggi X dei nuclei galattici attivi.

researchers at the Arcetri Astrophysical Observatory and the Department of Physics and Astronomy at the University of Florence in recent years have revealed a possible discrepancy (Figure 1) between the distances of the most distant quasars and the predictions of the standard cosmological model (the ΛCDM). This result joins the growing body of studies which, using independent cosmological indicators, highlight the limitations of the ΛCDM model, making a thorough reassessment of the history of the Universe's expansion now inevitable.

It is within this context that a new campaign led by INAF/OAA and UniFi, involving X-ray observations of 18 high-redshift quasars (z~4), whose light was emitted just over a billion years after the Big Bang, has been launched. With a total of 325 hours of observation, this is the largest observational programme assigned by the European Space Agency's XMM-Newton space telescope in 2025 (with observations commencing in May 2026). The main scientific aim is to extend the Hubble diagram to cosmic epochs that have so far been little explored, in order to check for any further deviation from the ΛCDM model and to investigate the role of dark energy in the expansion of the Universe. The spectral quality required to measure distances with sufficient accuracy is unprecedented for a homogeneous sample of quasars at such high redshifts, and will also allow the detailed study of various aspects of the physics of supermassive black hole accretion in the early Universe.

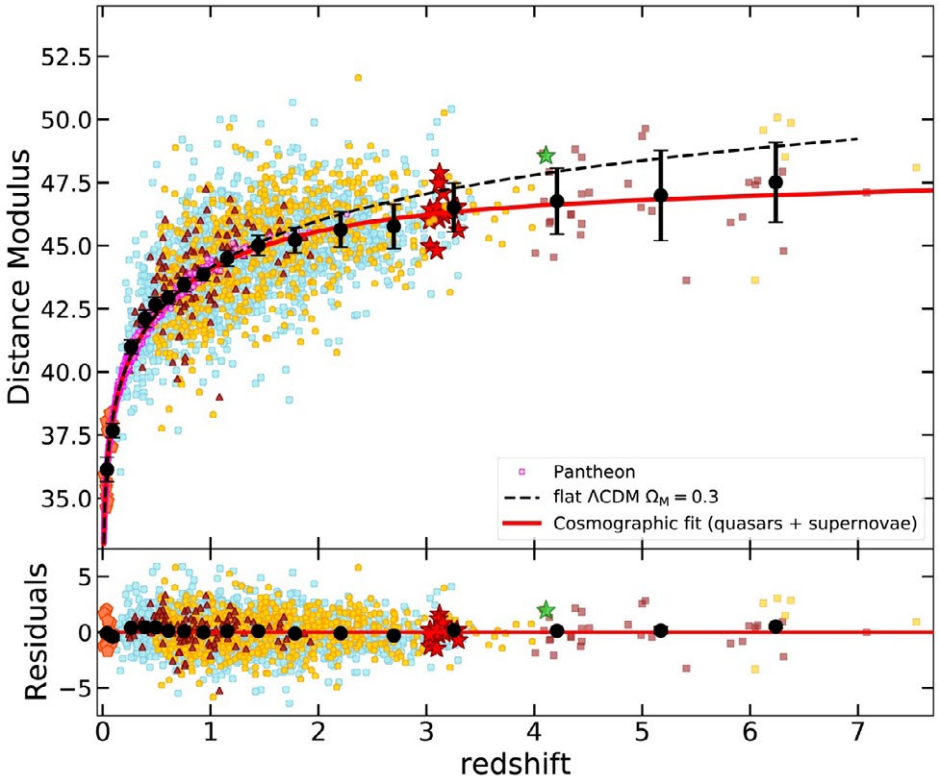


Figura 1. Diagramma di Hubble costruito con diversi campioni di quasar (vari simboli e colori) e calibrato a basso redshift sulle distanze delle supernove di tipo Ia (punti magenta). L'accuratezza delle distanze stimate per i singoli quasar è decisamente inferiore a quella relativa alle supernove, ma la dispersione osservata è compensata in gran parte dal maggior numero di sorgenti disponibili. Le distanze dei quasar mediate su intervalli ristretti di redshift (punti neri) sono perfettamente consistenti con quelle ricavate dalle supernove nelle epoche comuni, ma si discostano dalle previsioni del modello ΛCDM (curva nera tratteggiata) a redshift più alti. Questo grafico è tratto da Lusso et al. (2020), A&A vol. 642, A150.

Figure 1. Hubble diagram created using different samples of quasars (various symbols and colours) and calibrated at low redshift against the distances of Type Ia supernovae (magenta dots). The accuracy of the distances estimated for individual quasars is significantly lower than for supernovae, but the observed dispersion is largely offset by the greater number of available sources. The distances of the quasars averaged over narrow redshift intervals (black dots) are perfectly consistent with those deduced from supernovae in the common epochs but deviate from the predictions of the ΛCDM model (dashed black curve) at higher redshifts. This chart is taken from Lusso et al. (2020), A&A vol. 642, A150.

Elisabeta Lusso è professoressa associata presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia (UniFi). Studia la fisica dell'accrescimento dei buchi neri supermassicci tramite osservazioni multi-banda dei nuclei galattici attivi.

Emanuele Nardini is a researcher at INAF/OAA. He studies high-energy phenomena associated with the accretion of supermassive black holes, mainly through X-ray observations of active galactic nuclei.

Elisabeta Lusso is an associate professor at the Department of Physics and Astronomy (UniFi). She studies the physics of supermassive black hole accretion through multi-wavelength observations of active galactic nuclei.

IL COLLE DI GALILEO

Sommario | Table of contents

Volume 15 – 2 · 2026

PILLOLE DI STORIA / HISTORICAL PILLS

Gli Istituti di Onde Elettromagnetiche (IOE) e di Fisica Superiore (IFS) dell'Università di Firenze | *Electromagnetic Waves (IOE - Istituto di Onde Elettromagnetiche) and Advanced Physics (IFS - Istituto di Fisica Superiore) of the University of Florence* 5
Anna Consortini, Riccardo Pratesi

Un fisico dello spazio ad Arcetri | *A Space Physicist at Arcetri* 27
Bruno Carli, Daniele Dominici, Massimo Mazzoni

L'eredità di Arcetri: gli archivi dei fisici Garbasso-Occhialini-Della Corte. Dalla tutela archivistica alla valorizzazione dei documenti | *The Legacy of Arcetri: The Archives of the Physicists Garbasso-Occhialini-Della Corte. From Archival Preservation to Document Enhancement* 47
Serena Terzani

Venti anni di attività del GGI | *Twenty Years of the GGI* 63
Stefania De Curtis, Daniele Dominici, Domenico Seminara

RAPPORTI DI ATTIVITÀ / ACTIVITY REPORTS

Exploring the energy frontier with muon beams 85

NOVITÀ ED EVENTI / NEWS AND EVENTS

Adeguamento funzionale del Villino Abetti, efficientamento energetico e decarbonizzazione all'Osservatorio di Arcetri | *Functional refurbishment of Villino Abetti, improvement of energy efficiency and carbon neutrality at Arcetri Observatory* 89
Alessandro Barucci

IN EVIDENZA / HIGHLIGHTS

MAUVE: Le firme della binarietà nelle stelle esotiche | MAUVE: Tracing Signatures of Binarity in Exotic Stars 95
Sharmila Rani, Elena Pancino

ATTIVITÀ FUTURE / FUTURE ACTIVITIES

Le perovskiti di alogenuri: semiconduttori per dispositivi innovativi | *Halide perovskites: semiconductors for cutting-edge devices* 97
Mara Bruzzi, Leonardo Forcieri, Anna Vinattieri

L'espansione dell'Universo illuminata dai quasar | *The expansion of the Universe illuminated by quasars* 107