

Volume 9

IL COLLE
di GALILEO

1 · 2020

IL COLLE di GALILEO



ISSN
2281-7727



Il Colle di Galileo

Volume 9, 1, 2020



Il Colle di Galileo

Direttore

Daniele Dominici, *Dipartimento di Fisica e Astronomia*
email: dominici@fi.infn.it

Vice-Direttori Scientifici

Roberto Casalbuoni, *Dipartimento di Fisica e Astronomia*
email: casalbuoni@fi.infn.it

Stefania De Curtis, *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze*
email: decurtis@fi.infn.it

Comitato Scientifico

Oscar Adriani, *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze, Direttore*
email: oscar.adriani@unifi.it

Roberto Casalbuoni, *Dipartimento di Fisica e Astronomia*
email: casalbuoni@fi.infn.it

Francesco Saverio Cataliotti, *Dipartimento di Fisica e Astronomia*
email: francescosaverio.cataliotti@unifi.it

Stefania De Curtis, *Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Firenze*
email: decurtis@fi.infn.it

Paolo De Natale, *Istituto Nazionale di Ottica*
email: paolo.denatale@ino.it

Daniele Dominici, *Dipartimento di Fisica e Astronomia*
email: dominici@fi.infn.it

Pier Andrea Mandò, *Dipartimento di Fisica e Astronomia*
email: mando@fi.infn.it

Giuseppe Pelosi, *Università di Firenze*
email: giuseppe.pelosi@unifi.it

Giacomo Poggi, *Dipartimento di Fisica e Astronomia*
email: poggi@fi.infn.it

Maria Sofia Randich, *Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Direttore*
email: randich@arcetri.inaf.it

Presidente del Sistema Museale d'Ateneo

Marco Benvenuti, *Dipartimento di Scienze della Terra*
email: m.benvenuti@unifi.it

Versione elettronica / Online version: <http://www.fupress.com/cdg>
ISSN (print) 2281-7727; ISSN (online) 2281-9711

© 2020 Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
Firenze University Press
via Cittadella, 7, 50144 Firenze, Italy
www.fupress.com/
Printed in Italy



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



Istituto Nazionale
di Fisica Nucleare



CNR-INO
ISTITUTO NAZIONALE DI OTTICA
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

INAF



ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA
OSSERVATORIO ASTROFISICO DI ARCETRI



Il Colle di
Galileo

Sommario

Table of contents

SOMMARIO

- 5 Editoriale
Editorial
Roberto Casalbuoni, Daniele Dominici

PILLOLE DI STORIA / HISTORICAL PILLS

- 9 Introduzione alla Conferenza: “December 1938: Enrico Fermi in Stockholm”
Introduction to the conference “December 1938: Enrico Fermi in Stockholm”
Mario Cospito
- 13 Enrico Fermi a Firenze e la nascita della scuola di Arcetri
Enrico Fermi in Florence and the birth of the school in Arcetri
Daniele Dominici
- 35 Enrico Fermi dopo il Nobel: verso Chicago, i suoi studenti e i loro Nobel
After Enrico Fermi’s Nobel: Towards Chicago, Fermi’s Students and their Nobel Prizes
Roberto Casalbuoni
- 55 Il Premio Nobel a Enrico Fermi
The Nobel Prize to Enrico Fermi
Karl Grandin

RAPPORTI DI ATTIVITÀ / ACTIVITY REPORTS

- 71 Activity report for the second Pietro Baracchi conference “The era of collaborative multi-wavelength and multi-messenger astronomy: science and technology”
- 77 Final Report of the GGI workshop: String Theory from a Worksheet Perspective



Il Colle di
Galileo

Roberto Casalbuoni, Daniele Dominici

Editoriale

Editorial

Il 5 Dicembre 2019 si è tenuto a Stoccolma, il convegno “December 1938: Enrico Fermi in Stockholm” organizzato da una collaborazione dell’Ambasciata Italiana, dell’Istituto di Cultura Italiana e del Rotary Club International di Stoccolma con l’Università di Firenze. Scopo del convegno era quello di celebrare la figura del grande scienziato italiano che il 10 dicembre del 1938 ricevette il premio Nobel dalle mani di Re Gustavo V e, dopo un breve soggiorno a Copenhagen da Bohr, emigrò negli Stati Uniti a causa delle leggi razziali e delle difficoltà incontrate in Italia per effettuare ricerche scientifiche d’avanguardia, dopo i grandi successi ottenuti in Via Panisperna.

Il convegno si è svolto nei suggestivi locali dell’Istituto Italiano di Cultura di Stoccolma che è nato come espressione di un’opera d’arte totale, in cui l’architettura, gli arredi e anche i più piccoli dettagli si legano in un unico progetto dovuto a Giò Ponti.

Nel prestigioso auditorium, dopo i saluti di Mattia Mazza, Vice Capo Missione dell’Ambasciata e di Maria Sica, Direttrice dell’Istituto Italiano di Cultura, si è aperto il convegno cui hanno partecipato come relatori Daniele Dominici (Università di Firenze), Luisa Cifarelli (Presidente del Centro Fermi), Roberto Casalbuoni (Università di Firenze) e Karl Grandin (Direttore del Center for History of Science at the Royal Swedish Academy of Sciences).

On the 5th of December 2019, the conference entitled “December 1938: Enrico Fermi in Stockholm”, organised in collaboration by the Italian Embassy, the Italian Institute of Culture and Stockholm Rotary Club International with the University of Florence, was held in Stockholm. The aim of the conference was to celebrate the figure of the great Italian scientist, who received the Nobel Prize from the hands of King Gustav V on the 10th of December 1938 and, following a short stay with Bohr in Copenhagen, emigrated to the United States due to racial law and the difficulties encountered in Italy in carrying out pioneering scientific research, after the huge success achieved in Via Panisperna.

The conference took place in the beautiful rooms of the Italian Institute of Culture in Stockholm, created as an expression of a total work of art, where architecture, furnishings and even the tiniest details merge into a single design by Giò Ponti.

In the prestigious auditorium, after welcome addresses by Mattia Mazza, Deputy Head of the Embassy Mission and Maria Sica, Director of the Italian Institute of Culture, the conference



Figura 1. L'Istituto Italiano di Cultura di Stoccolma, opera di Giò Ponti.
Figure 1. The Italian Institute of Culture in Stockholm, created by Giò Ponti.



Figura 2. Luisa Cifarelli, Presidente del Centro Fermi (Museo Storico della Fisica e Centro Studi e Ricerche Enrico Fermi), Roma [Foto di Benedetta Pelosi].
Figure 2. Luisa Cifarelli, President of Centro Fermi (Enrico Fermi Historical Museum of Physics and Research and Study Centre), Rome [Picture by Benedetta Pelosi].



Figura 3. Karl Grandin, Direttore del Center for History of Science, Royal Swedish Academy of Sciences, Stoccolma [Foto di Benedetta Pelosi].

Figure 3. Karl Grandin, Director of the Center for History of Science, Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm [Picture by Benedetta Pelosi].

opened with speakers Daniele Dominici (University of Florence), Luisa Cifarelli (President of Centro Fermi), Roberto Casalbuoni (University of Florence) and Karl Grandin (Director of the Center for History of Science at the Royal Swedish Academy of Sciences).

After a contribution by Daniele Dominici, who remembered the start of Enrico Fermi's academic career at the University of Florence, Luisa Cifarelli outlined the great discoveries made by the scientist in his laboratory in Via Panisperna, Rome. Karl Grandin then talked about the procedures that led the Academy of Sciences to award Fermi the Nobel Prize and Roberto Casalbuoni spoke about Fermi's remarkable qualities as a lecturer and remembered his many students who were, themselves, awarded the Nobel Prize.

This issue of our magazine contains some of the contributions presented at this conference.

Dopo un contributo di Daniele Dominici, che ha ricordato l'inizio della carriera accademica di Enrico Fermi all'Università di Firenze, Luisa Cifarelli ha illustrato le grandi scoperte dello scienziato nel laboratorio romano di Via Panisperna. Karl Grandin ha poi tenuto una relazione sulle procedure che portarono l'Accademia delle Scienze ad assegnare il premio Nobel a Fermi e Roberto Casalbuoni ha illustrato le notevoli qualità di Fermi docente e ricordato i numerosi suoi allievi a loro volta insigniti del premio Nobel.

In questo numero della nostra rivista vengono riportati alcuni dei contributi presentati a questo convegno.

Mario Cospito

Introduzione alla Conferenza: “December 1938: Enrico Fermi in Stockholm”

Introduction to the conference “December 1938: Enrico Fermi in Stockholm”

Ambasciatore d’Italia presso il Regno di Svezia

Con la collaborazione dei Professori Giuseppe Pelosi e Daniele Dominici dell’Università di Firenze abbiamo voluto fermamente realizzare un Convegno a Stoccolma per ricordare la figura eminente del grande fisico Enrico Fermi, insignito del prestigioso Premio Nobel per la Fisica nel 1938.

Al Convegno, svoltosi il 5 dicembre 2020 presso l’auditorium del prestigioso Istituto italiano di cultura, esperti italiani e svedesi hanno discusso dei risultati raggiunti dallo scienziato italiano e della sua enorme eredità lasciata ai posteri e non solo nel campo della fisica teorica.

Scrivere di Enrico Fermi, per lo più da parte di un diplomatico, non è impresa facile. Anche per questo, mi limito a ricordare tre momenti della sua vita iniziando da un percorso di studi che ci lega entrambi a Pisa: Fermi infatti si iscrisse, nel lontano 1918, alla Scuola Normale Superiore mentre lo scrivente si iscrisse alla Facoltà di Scienze Politiche della stessa città nel più vicino 1978. Cito questo fat-

With the collaboration of Professors Giuseppe Pelosi and Daniele Dominici of the University of Florence, we were determined to hold a conference in Stockholm to commemorate the eminent figure of the great physicist Enrico Fermi, awarded the prestigious Nobel Prize for Physics in 1938.

At the Conference, held on the 5th of December 2020 in the auditorium of the prestigious Italian Institute of Culture, Italian and Swedish experts discussed the results achieved by the Italian scientist and the huge legacy that he left to posterity, not only in the field of theoretical physics.

Writing about Enrico Fermi is far from easy, especially when the writer is a diplomat. This is one of the reasons I would like to mention just three moments in his life, beginning with a path of study that links both of us to Pisa: Fermi enrolled at the Scuola Normale Superiore way back in 1918, while I enrolled at the Faculty of Political Science in the same city more recently, in 1978. The reason I mention this is because, during my years spent studying in Pisa, I often breathed the scientific legacy left by the then young and gifted student. A legacy that has



to perché nei miei anni di studi pisani ho potuto spesso respirare l'eredità scientifica lasciata dall'allora giovane e dotato studente. Una eredità che ha permesso ad altri grandi studiosi, non solo della fisica teorica e pratica, di ispirarsi al suo metodo di studio e di diventare grandi personalità della scienza e dell'umanesimo italiano e mondiale.

A 25 anni e dopo alcuni soggiorni all'estero e un incarico di insegnamento a Firenze, Fermi lasciò la cittadina toscana per trasferirsi a Roma dove aveva appena ottenuto la cattedra di fisica, divenendo il più giovane professore universitario di ruolo italiano. L'esperienza romana di Fermi lo avrebbe portato a creare la più importante "squadra" di fisici italiani non solo della storia del nostro Paese ma, probabilmente, di tutta la fisica del Novecento. Fermi, insieme a Edoardo Amaldi, Bruno Pontecorvo, Ettore Majorana, Emilio Segrè e Franco Rasetti formarono il "dream team" di via Panisperna, allora sede dell'Istituto di Fisica dell'ateneo romano. Da giovane studente liceale lessi due libri che mi appassionarono alquanto: "La banda di via Panisperna" e "La scomparsa di Ettore Majorana". Quest'ultimo in particolare mi fece comprendere come quelle menti illuminate avessero davvero superato la "barriera del sapere" di quei tempi al punto che la morte del loro mentore prima, il prof. Orso Maria Corbino e l'avvento delle leggi razziali fasciste poi, costrinsero alla diaspora quella fantastica squadra. Fermi, come noto, ottenne il Premio Nobel nel 1938 ed il suo viaggio a Stoccolma per ritirare il premio fu l'occasione per lasciare, per sempre, l'Italia.

Del Fermi americano si conosce molto poco, anche per la riservatezza delle ricerche cui il nostro scienziato si dedicò e che lo avrebbero portato, insieme ad

allowed other great scholars, not only of theoretical and practical physics, to be inspired by his method of study and to become major figures in Italian and world science and humanism.

At the age of 25 and after several stays abroad and a teaching assignment in Florence, Fermi left the Tuscan town to move to Rome, where he had just been assigned the chair of physics, becoming the youngest tenured university professor in Italy. Fermi's experience in Rome was to lead to his creation of the most important "team" of Italian physicists not only in the history of our country but, probably, in the entire world of 20th century physics. Together with Edoardo Amaldi, Bruno Pontecorvo, Ettore Majorana, Emilio Segrè and Franco Rasetti, Fermi formed the "dream team" of Via Panisperna, then the seat of the Physics Institute of Rome University. As a young high school student, I read two books that I found to be of particular interest: "La banda di via Panisperna" and "La scomparsa di Ettore Majorana". The latter, in particular, made me realise how those enlightened minds had really broken through the "knowledge barrier" of those times, to the point that the death of their mentor, Professor Orso Maria Corbino, followed by the advent of fascist racial law, forced that fantastic team to flee their home. As we know, Fermi was awarded the Nobel Prize in 1938 and his trip to Stockholm to receive the prize gave him the opportunity to leave Italy forever.

Very little is known about Fermi as an American, partly because of the confidentiality of the research pursued by our scientist, which was to lead him, along with others, to promote the experimentation of the first atomic bomb. I don't know if this sentence, said by someone in reference to Fermi's work, is true or not, but I like to think it is: "...some people said that the

altri, a favorire la sperimentazione del primo ordigno atomico. Non so se questa frase, che qualcuno disse riferendosi al lavoro di Fermi, sia vera o meno, ma mi piace pensarla: "...alcuni hanno detto che la bomba atomica non avrebbe dovuto essere mai costruita: i ricercatori avrebbero dovuto fermarsi nel momento stesso in cui sarebbe stato chiaro l'esito delle loro ricerche. Ma Enrico (Fermi) non ha mai pensato che questa sarebbe stata la soluzione migliore: perché non è mai giusto fermare lo sviluppo della conoscenza. Qualunque cosa la Natura abbia in serbo per l'Umanità, anche la più spiacevole, gli uomini devono accettarla, perché l'ignoranza non è mai migliore della conoscenza".

Mi auguro davvero che l'opera geniale di Fermi continui ad essere oggetto di valutazione e riscoperta, anche da parte delle giovani generazioni e ringrazio ancora gli organizzatori del Convegno svoltosi a Stoccolma il 5 dicembre 2019 per l'utile ed interessante contributo a tal fine.

atomic bomb should never have been built: the researchers should have stopped when the outcome of their research became clear. But Enrico (Fermi) never thought that this would have been the best solution: because it is never right to stop the development of knowledge. Whatever Nature has in store for Mankind, even if it is unpleasant, man must accept it, because ignorance is never better than knowledge".

I really hope that Fermi's brilliant work continues to be appreciated and rediscovered, also by the younger generations, and I would like to thank the organisers of the Conference held in Stockholm on the 5th of December 2019 once again for their useful and interesting contribution to achieving this.

Daniele Dominici

Enrico Fermi a Firenze e la nascita della scuola di Arcetri

Enrico Fermi in Florence and the birth of the school in Arcetri

Dipartimento di Fisica e Astronomia Università di Firenze
Sezione di Firenze - INFN

Riassunto. Si analizzano il periodo fiorentino di Enrico Fermi e la nascita della scuola di Fisica di Arcetri.

Parole chiave. Arcetri, Enrico Fermi, Franco Rasetti.

Il periodo 1920-1940 è un periodo molto importante per la fisica italiana che riesce a raggiungere fama internazionale grazie all'opera di due uomini, Orso Mario Corbino¹ all'Università di Roma e Antonio Garbasso² a quella di Firenze. Orso Mario Corbino diventa professore di Fisica Sperimentale all'Università di Messina nel 1905; nel 1918 succede a Pietro Blaserna³, all'Università di Roma, nella cattedra di Fisica Sperimentale e nella direzione dell'Istituto di Via Panisperna. Antonio Garbasso, vincitore in due concorsi a cattedre, uno per la Fisica Matematica e uno per la Fisica Sperimentale, opta per quest'ultima andando nel 1903 all'Università di Genova; nel 1913 viene chiamato a Firenze all'Istituto di Studi Superiori e succede a Antonio Roiti⁴ nella direzione del Gabinetto di Fisi-

Abstract. The Florentine period of Enrico Fermi and the birth of the school of Arcetri are reviewed.
Keywords: Arcetri, Enrico Fermi, Franco Rasetti.

The years between 1920 and 1940 were a very important time for Italian physics, which achieved international fame thanks to the work of two men, Orso Mario Corbino¹ at the University of Rome and Antonio Garbasso² at the University of Florence. Orso Mario Corbino became professor of Experimental Physics at the University of Messina in 1905, succeeding Pietro Blaserna³ in the chair of Experimental Physics at the University of Rome and in the direction of the Institute of Via Panisperna in 1918. Antonio Garbasso was successfully awarded two tenures, one for Mathematical Physics and one for Experimental Physics, and he opted for the latter, going to the University of Genoa in 1903. In 1913, he was called to the Istituto di Studi Superiori in Florence, where he succeeded Antonio Roiti⁴ in the direction of the Physics Cabinet, maintaining this position until his death in 1933. At that time, there was still no university

ca, mantendendo questo ruolo fino alla sua morte, avvenuta nel 1933. Firenze, in quegli anni, ancora non aveva una università, ma un Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento, con tre sezioni, una medica, una scientifica e una filologica e filosofica. L'ateneo fiorentino sarà aperto nel 1924, grazie anche all'opera dello stesso Garbasso.

Corbino e Garbasso erano entrambi ottimi fisici. Corbino scoprì l'effetto Macaluso-Corbino, una forte rotazione, indotta da un campo magnetico, del piano di polarizzazione della luce osservata a lunghezze d'onda prossime alla linea di assorbimento del materiale in cui la luce si propaga, e l'effetto Corbino, una variante dell'effetto Hall. Garbasso darà la corretta spiegazione dell'effetto Lo Surdo-Stark, utilizzando il modello atomico di Bohr. Ma oltre a questo erano anche uomini interessati alla diffusione e alla politica della scienza e alle sue applicazioni pratiche. Corbino sarà senatore dal 1920, Ministro della Pubblica Istruzione (1921-22) e Ministro dell'Economia Nazionale (1923-24), membro di vari consigli di amministrazione di società per l'elettricità. Garbasso sarà sindaco e podestà di Firenze, senatore dal 1924. Entrambi avevano un atteggiamento positivo nei confronti della nuove branche della fisica dei primi del novecento, ovvero la teoria della relatività di Einstein e la meccanica quantistica e riuscirono a costruire due scuole che raggiunsero fama internazionale: la scuola dei ragazzi di Via Panisperna, intorno ad Enrico Fermi⁵ e quella di Arcetri, intorno a Bruno Rossi⁶⁷.

Due anni dopo il suo arrivo a Firenze, Garbasso riesce ad ottenere il finanziamento per trasferire il Gabinetto di Fisica dai locali del centro di Firenze, in Via Capponi 3, ad un nuovo edificio sulla collina di Arcetri dove già si trovava

in Florence, just an Institute of Advanced Practical Studies and Perfection, with three sections, one medical, one scientific and one philological and philosophical. Garbasso was partly responsible for the work that led to the opening of the Florentine university in 1924.

Corbino and Garbasso were both excellent physicists. Corbino discovered the Macaluso-Corbino effect, a strong magnetically induced rotation of the polarisation plane of light observed at wavelengths close to the absorption line of the material in which light propagates, and the Corbino effect, a variant of the Hall effect. It was Garbasso who offered the correct explanation of the Lo Surdo-Stark effect, using Bohr's atomic model. Besides this, they were also men with an interest in the dissemination and politics of science and its practical applications. Corbino became Senator from 1920, Minister of Education (1921-22) and Minister of National Economy (1923-24), and was a member of various boards of directors of electricity companies. Garbasso was Mayor and Podesta of Florence and Senator from 1924. Both took a positive attitude towards the new branches of physics of the early twentieth century, quantum mechanics and Einstein's theory of relativity, and succeeded in building two schools that were to become internationally acclaimed: the boys' school in Via Panisperna, under Enrico Fermi⁵, and the school in Arcetri, under Bruno Rossi⁶⁷.

Two years after arriving in Florence, Garbasso gained funding to transfer the Physics Cabinet from Via Capponi 3, in the centre of Florence, to a new building on the hill of Arcetri, which was already home to the Astronomical Observatory and not far from Villa Il Gioiello, where Galileo had lived from 1631 until his death in 1642. And Garbasso, as Rita Brunetti⁸ writes,

l'Osservatorio Astronomico e non lontano da Villa Il Gioiello, dove Galileo aveva vissuto dal 1631 fino alla sua morte nel 1642. E Garbasso, come scrive Rita Brunetti⁸, riesce a “dotare Firenze del più pittoresco e significativo per l'ubicazione, Laboratorio di ricerca italiano” (Brunetti 1933).

Garbasso era molto interessato anche alle ricadute tecnologiche e si impegnò in questo settore, inaugurando nel 1918 ad Arcetri, nei locali del padiglione della Fisica Terrestre, il Laboratorio di Ottica pratica e Meccanica di precisione, dapprima aggregato all'ateneo fiorentino e che diventerà successivamente l'Istituto Nazionale di Ottica (Brunetti 1933, Abetti 1932/33).

Garbasso viene eletto sindaco di Firenze nel 1920, presentandosi col blocco nazionale, costituito da liberali, radicali, repubblicani e riformisti. Nel 1923 si iscriverà al partito fascista, a differenza di Corbino che invece non vi si iscriverà mai. Rimarrà sindaco fino al 1927 con un breve intervallo di tre mesi, in cui la città sarà amministrata dal commissario prefettizio. Nel 1927, dopo lo scioglimento delle amministrazioni comunali, diventa il primo Podestà di Firenze, sostituito nel 1928 dal nobile Giuseppe della Gherardesca, che aveva partecipato ad azioni squadristiche con i fascisti. Nel 1924 Garbasso svolgerà, durante la crisi in seguito al delitto di Giacomo Matteotti⁹, un ruolo importante per la stabilità del governo Mussolini, convincendo assessori e consiglieri comunali liberali a rinnovare la fiducia dell'amministrazione comunale al governo. Mussolini risponderà con un telegramma di plauso. Come amministratore riuscì a migliorare la situazione del bilancio cittadino, riducendo gli investimenti nei settori dell'edilizia, dell'istruzione e della sanità (Palla 1978). Nel 1924 diventa senatore e ricopre altre cariche,

succeeded in “giving Florence the Italian Research Laboratory with the most picturesque and significant location” (Brunetti, 1933).

Garbasso was also very interested in the technological fallout and committed himself to this sector, inaugurating the Laboratory of Practical Optics and Precision Mechanics in the Terrestrial Physics hall in Arcetri in 1918. Initially it was linked to the University of Florence, later becoming the National Institute of Optics. (Brunetti 1933, Abetti 1932/33).

Garbasso was elected mayor of Florence in 1920, standing for office with the national bloc, made up of liberals, radicals, republicans and reformists. In 1923, he joined the Fascist party, unlike Corbino who never became a member. He was to remain mayor until 1927, with a short three-month interval, during which the city was administered by the prefectural commissioner. In 1927, after the dissolution of the municipal administrations, he became the first Podesta of Florence, replaced in 1928 by aristocrat Giuseppe della Gherardesca, who had taken part in squadron actions with the Fascists. In 1924, Garbasso played an important role for the stability of the Mussolini government during the crisis following Giacomo Matteotti's murder⁹, convincing liberal municipal councillors and aldermen to renew the municipal administration's confidence in the government. Mussolini replied with a congratulatory telegram. As administrator, he succeeded in improving the city's budgetary situation by reducing investment in the construction, education and health sectors (Palla 1978). In 1924, he was made senator and held other offices, such as the Presidency of the National Social Insurance Fund (1928-32), the Presidency of the Accademia dei Lincei (1932-33).

quali la Presidenza della Cassa Nazionale delle Assicurazioni sociali (1928-32), la Presidenza dell'Accademia dei Lincei (1932-33).

Nel 1921 la nuova sede di Arcetri del Laboratorio di Fisica, denominazione che il vecchio Gabinetto di Fisica aveva assunto nel 1918, viene inaugurata e nei due anni successivi le istituzioni scientifiche sulla collina di Arcetri saranno visitate dal re Vittorio Emanuele nel 1921 e da Mussolini nel 1923 (Abetti 1933).

Il gruppo di fisici dell'Istituto di Fisica (nuova denominazione che il Laboratorio di Fisica assume dal 1923/24), in quegli anni comprende, Rita Brunetti (dal 1914/15 al 1925/26), Antonino Lo Surdo¹⁰ (dal 1908/9 al 1917/18), Augusto Occhialini¹¹ (dal 1918/19 al 1920/21). Franco Rasetti¹² sarà chiamato nell'anno accademico 1922/23 e resterà a Firenze fino al 1925/26¹³.

Ricorda Rasetti: *“Il mio primo lavoro fu in Firenze e ho lavorato in spettroscopia atomica. L'edificio della fisica era su una collina vicino a dove Galileo aveva vissuto gli ultimi anni della sua vita, sulla collina di Arcetri. L'edificio era stato costruito lì ed era estremamente inconveniente per gli studenti, poiché tutti gli altri corsi erano dati in vari posti in città e questo era tre chilometri fuori città e almeno 150 metri sul livello della città. Così si doveva prendere un tram e dopo c'era un cammino lungo abbastanza per arrivare là. E su questa collina di Arcetri, l'università possedeva una proprietà abbastanza grande, sulla quale l'edificio era stato costruito, molto bello dal punto di vista architettonico ma poco pratico, il posto più scomodo perché era impossibile riscaldarlo. Era costruito come un convento: era un edificio rettangolare con un ampio giardino con prato all'interno.”* (Goodstein 1982)

The new Arcetri site of the Physics Laboratory, the name given to the old Physics Cabinet in 1918, was inaugurated in 1921 and, in the two years that followed, the scientific institutions on the hill of Arcetri were visited by King Vittorio Emanuele, in 1921, and by Mussolini, in 1923. (Abetti 1933).

At that time, the group of physicists at the Institute of Physics (the new name taken on by the Physics Laboratory in 1923/24), consisted of Rita Brunetti (from 1914/15 al 1925/26), Antonino Lo Surdo¹⁰ (from 1908/9 until 1917/18), Augusto Occhialini¹¹ (from 1918/19 until 1920/21). Franco Rasetti¹² was called in for academic year 1922/23 and stayed in Florence until 1925/26¹³.

Rasetti: *“My first job was in Florence, and I worked on atomic spectroscopy. The physics building was on a hill near where Galileo lived the last years of his life—in the Arcetri hills. The physics building had been built there and was extremely inconvenient for students, because all the other courses were given in various places in town and this was three kilometers out of town, and also at least 150 meters above the city level. So one had to take a streetcar, and after that it was still a fairly long walk to get up there. And on this Arcetri hill, the university owned a fairly large estate, on which the physics building was built, very beautiful architecturally but very impractical—the most impractical place because it was impossible to heat. It was built like an abbey: it was a rectangular building with a vast garden and lawn in the middle.”* (Goodstein 1982)

Rasetti again, in relation to the laboratories: *“The equipment was pretty good for those times—especially for spectroscopy, which was my field. They had a very good spectrograph and*

Ancora Rasetti a proposito dei laboratori: *“L’attrezzatura era molto buona per quei tempi, specialmente per la spettroscopia che era il mio campo. Avevano uno spettrografo e uno spettroscopio molto buoni; avevano un reticolo Rowland con montaggio Rowland. E non avevo molto da insegnare perché Garbasso teneva il corso di Fisica.”* (Goodstein 1982)

A proposito di Garbasso, Rasetti dice: *“Garbasso era stato un buon fisico, ma quando l’ho conosciuto era interessato solo alla politica. Era sindaco di Firenze. Dava il suo corso in Fisica generale ed era molto intelligente. E dopo Fermi gli spiegava cosa stavamo facendo e capiva, perché era intelligente. Intendo, conosceva la teoria classica, non sapeva molto della teoria quantistica, poiché questa era arrivata dopo che lui aveva perso diretto interesse nella fisica. Ma seguiva quello che stavamo facendo e era una persona molto piacevole.”* (Goodstein 1982)

In compenso le condizioni finanziarie dell’Istituto non erano rosee. Come ricorda Bruno Rossi: *“L’Istituto era sempre in ritardo con il pagamento dell’elettricità, e la sola ragione per cui non ci veniva tolta la corrente era che il direttore era (o era stato fin di recente) il sindaco della città.”* (Rossi 1987)

Nell’anno accademico 1924/25 Garbasso riesce a offrire una posizione di incaricato al giovane Enrico Fermi, per la copertura dei corsi di Meccanica Razionale e Fisica Matematica, rinnovata l’anno seguente.

Dopo la laurea alla Scuola Normale di Pisa, Enrico Fermi aveva trascorso due periodi di soggiorno all’estero, a Gottinga, in Germania, e a Leida, in Olanda, con un intermezzo nell’anno accademico 1923/24 di un incarico temporaneo di insegnamento di Matematica per i Chimici, a Roma. Corbino, che Fermi aveva incontrato

INDICAZIONE DEGLI UFFICI COPERTI COME IMPIEGATO DELLO STATO									
Numero d'ordine	QUALITÀ DEGLI UFFICI e variazioni avvenute nel corso della carriera (1)	NUMERO E DATA DEL DECRETO (2)	Stipendio		Assegno		Retribuzione		Assenze
			Lire	Cent.	Lire	Cent.	Lire	Cent.	
1	Incaricato per l'anno 1924-1925 Chimica razionale e Fisica matematica	1. Agosto 1924					5000		1. Agosto 1924
2	Compensato come 1925-26	1. Agosto 1925					5000		1. Agosto 1925

Figura 1. Stato di servizio di Enrico Fermi [Archivio Storico Università di Firenze].

Figure 1. Service record of Enrico Fermi [Historical Archives, University of Firenze].

spectroscope; we had an excellent Rowland grating in the Rowland mounting. And I didn’t have much teaching to do, because [Antonio] Garbasso gave the physics course.” (Goodstein 1982)

Regarding Garbasso, Rasetti says: *“Garbasso had been a good physicist, but when I knew him he was only interested in politics. He was the mayor of Florence. He gave his course in elementary physics and he was quite intelligent at it. And later Fermi explained to him what*

nel 1923, aveva aiutato Fermi nell'ottenere sia la borsa di studio per Gottinga che l'incarico temporaneo. Ma grazie ad alcuni contatti che Fermi riuscì ad avere a Firenze¹⁴, sarà Garbasso il primo a offrire a Fermi una posizione di insegnamento a Fisica.

Il corso di Meccanica Razionale, tenuto da Enrico Fermi al terzo anno dei corsi di laurea in Fisica, in Fisica e Matematica e in Matematica comprendeva: Elementi della teoria, Cinematica del punto e del corpo rigido, Statica e dinamica del punto, Statica e dinamica dei corpi rigidi, Principio dei lavori virtuali, Dinamica dei sistemi, Cenno sulla statica e dinamica dei sistemi continui. Due degli studenti del biennio propedeutico agli studi di Ingegneria dell'anno accademico 1925-26, Bonanno Bonanni¹⁵ e Paolo Pasca¹⁶, riorganizzarono gli appunti del corso di "Meccanica Razionale" in dispense che furono stampate nel 1926 dalla Litografia Tassini a Firenze¹⁷.

Per quanto riguarda il corso di Fisica Matematica, tenuto da Enrico Fermi al quarto anno dei corsi di laurea in Fisica, in Fisica e Matematica e in Matematica, il programma per l'anno 1924/25 fu il seguente: Campi vettoriali, Elementi della teoria del potenziale e delle funzioni armoniche, Elettrostatica dei dielettrici, Campi magnetici, Elettromagnetismo ed elettrodinamica, Equazioni di Maxwell, Propagazione della luce in un dielettrico e in un conduttore, Dispersione, Irradiazione dell'energia elettromagnetica, Masse elettromagnetiche, Cenno sulle teorie spettroscopiche, Cenno sulla Teoria della relatività¹⁸.

Nell'anno successivo il titolo del corso fu trasformato in Fisica Teorica e Fermi trattò nozioni di Probabilità, la Termodinamica e la Meccanica Statistica. Appena tre anni prima, la Sezione di Fisica Matematica dell'Università di Gottinga, dove

we were doing and he understood, because he was intelligent. I mean, he knew the classical theory—he didn't know much about the quantum theory, because that had come after he lost direct interest in physics. But he followed what we were doing, and he was a very pleasant person." (Goodstein 1982)

However, the Institute's financial situation was far from ideal. As Bruno Rossi recalls: "*The Institute was always late with the payment of the electricity bills and the only reason we were not cut off was that the director was (or had been until recently) the mayor of the city.*" (Rossi 1987)

In academic year 1924/25, Garbasso was able to offer the young Enrico Fermi an appointment to teach the courses of Rational Mechanics and Mathematical Physics, which was renewed the following year.

After graduating from the Scuola Normale in Pisa, Enrico Fermi had spent two stints abroad, in Göttingen, Germany, and in Leiden, in the Netherlands, with a temporary teaching assignment of Mathematics for Chemists in Rome in academic year 1923/24. Corbino, whom Fermi had met in 1923, had helped Fermi obtain both the scholarship for Göttingen and the temporary assignment. But thanks to certain contacts that Fermi made in Florence¹⁴, Garbasso was the first person to offer Fermi a teaching position in Physics.

The Rational Mechanics course, taught by Enrico Fermi in the third year of the degree courses in Physics, Physics and Mathematics and in Mathematics, included: Elements of Theory, Point Particle and Rigid Body Kinematics, Statics and Dynamics of the Point Particle, Rigid Body Statics and Dynamics, Principle of Virtual Works, System Dynamics, Overview of the



Figura 2. Da sinistra a destra: Franco Rasetti, Rita Brunetti, Nello Carrara, Enrico Fermi davanti al pozzo dell'Istituto di Fisica in Arcetri [Archivio Amaldi, Dipartimento di Fisica, Università di Roma "La Sapienza"].
 Figure 2. From left to right: Franco Rasetti, Rita Brunetti, Nello Carrara, Enrico Fermi in front of the well of the Arcetri Physics Institute [Amaldi Archive, Physics Department, University of Rome "La Sapienza"].

Statics and Dynamics of Continuous Systems. Two of the students of the two-year preparatory course for Engineering studies in academic year 1925-26, Bonanno Bonanni¹⁵ and Paolo Pasca¹⁶, reorganised the notes of the "Rational Mechanics" course into booklets, printed in 1926 by Litografia Tassini in Florence¹⁷.

With regard to the Mathematical Physics course, taught by Enrico Fermi in the fourth year of the degree courses in Physics, Physics and Mathematics, and in Mathematics, the programme for academic year 1924/25 looked like this: Vector Fields, Elements of the Theory of Potential and Harmonic Functions, Electrostatic Dielectrics, Magnetic Fields, Electromagnetism and Electrodynamics, Maxwell's Equations, Propagation of Light in a Dielectric and in a Conductor, Dispersion, Irradiation of Electromagnetic Energy, Electromagnetic Masses, Overview of Spectroscopic Theories, Overview of the Theory of Relativity¹⁸.

The following year the title of the course was changed to Theoretical Physics, and Fermi taught Probability, Thermodynamics and Statistical Mechanics. Just three years earlier, the Mathematical Physics Section of the University of Göttingen, where Fermi had stayed while visiting Born¹⁹, had been renamed the Institute for Theoretical Physics (Cordella and Sebastiani, *Il Nuovo sagggiatore* 2000). It was in those years that the teaching of Theoretical Physics was founded in Italy and it was to this chair in Florence that Persico²⁰ was called the following year. Professorships of Theoretical Physics had already existed in some European universities since the mid-nineteenth century, albeit few in number. In 1900, there were 11 senior faculties in Theoretical Physics worldwide, eight of which in Germany, two in the United States and one in the Netherlands (Pais 1985).

Fermi aveva soggiornato in visita da Born¹⁹, era stata ridenominata Istituto per la Fisica Teorica (Cordella e Sebastiani, *Il Nuovo sagggiatore* 2000). E' in quegli anni, che nasce in Italia l'insegnamento di Fisica Teorica ed è su questa cattedra a Firenze che, nell'anno seguente, sarà chiamato Persico²⁰. In altri atenei europei alcune cattedre di Fisica Teorica esistevano già dalla metà dell'ottocento, in numero comunque esiguo. Nel 1900 il numero di *senior faculty* in Fisica Teorica in tutto il mondo era pari ad undici, di cui otto in Germania, due negli Stati Uniti e una in Olanda (Pais 1985).

Il periodo di Enrico Fermi a Firenze fu breve, ma molto fruttuoso, grazie anche alla presenza del suo vecchio compagno di studi della Scuola Normale, Franco Rasetti. Rasetti insegnava a Fermi l'approccio sperimentale con le tecniche spettroscopiche, Fermi aggiornava Rasetti sulla meccanica quantistica e sulla teoria dei campi che proprio in quegli anni venivano sviluppate da Bohr²¹, Born, Dirac, Heisenberg, Jordan, Pauli, Schrodinger.

Dopo la partenza di Fermi il corso di Meccanica Razionale sarà tenuto da Persico fino all'anno accademico 1929/30 e successivamente da Bernardini fino al 1931/32. Il corso di Fisica Teorica fu invece tenuto da Persico fino al 1929/30, e successivamente per incarico da Rossi fino al 1931/32 e poi, sempre per incarico, da Racah²² fino al 1937/38. Infatti nel 1931/32 la cattedra di Fisica Teorica fu trasformata in Meccanica Razionale, sulla quale fu chiamato il fisico matematico Caldonazzo. Occorrerà aspettare il 1959 per avere di nuovo a Firenze una cattedra di Fisica Teorica sulla quale sarà chiamato Giacomo Morpurgo²³ (Mandò 1985). Le lezioni sulla Meccanica ondulatoria, tenute da Persico a Firenze, come parte del

Enrico Fermi's time in Florence was brief, but very profitable, thanks partly to the presence of his old classmate from the Scuola Normale, Franco Rasetti. Rasetti taught Fermi the experimental approach with spectroscopic techniques, while Fermi brought Rasetti up to date on Quantum Mechanics and Field Theory, which were being developed at the time by Bohr²¹, Born, Dirac, Heisenberg, Jordan, Pauli, Schrodinger.

When Fermi left, the Rational Mechanics course was held by Persico, until academic year 1929/30, and then by Bernardini until 1931/32. The Theoretical Physics course was taught by Persico until 1929/30, and then, on assignment, by Rossi until 1931/32 and subsequently, again on assignment, by Racah²² until 1937/38. In 1931/32, the chair of Theoretical Physics was transformed into Rational Mechanics, which the mathematical physicist Caldonazzo was called in to fill. It was 1959 before a chair of Theoretical Physics returned to Florence, and it was held by Giacomo Morpurgo²³ (Mandò 1985). The lectures on Wave Mechanics, held by Persico in Florence, as part of the Theoretical Physics course, which was a model of precision and clarity, were collected in booklets by B. Rossi and G. Racah (Persico 1929), and formed the first nucleus of a larger volume on Quantum Mechanics which was to be printed in 1936 and translated into English in 1950 (Mandò 1985).

During his time in Florence, Fermi stayed at the so-called *vagoncino* (the little wagon), later to become the first headquarters of the National Institute of Optics in Arcetri. The building housed a room with a bed and a stove and had been home to Rasetti, in the company of some scorpions (Goodstein 1982), for the previous two years. When Rasetti's father died,

corso di Fisica Teorica, un modello di precisione e chiarezza, saranno raccolte in dispense da B. Rossi e G. Racah (Persico 1929), e costituirono il primo nucleo di un testo più ampio di Meccanica quantistica che uscirà a stampa nel 1936 e che, nel 1950, sarà anche tradotto in inglese (Mandò 1985).

Fermi nel periodo fiorentino alloggia nel cosiddetto vagoncino, i locali che successivamente saranno la prima sede in Arcetri dell'Istituto Nazionale di Ottica. In quell'edificio c'era una stanza con un letto e una stufa che aveva permesso a Rasetti nei due anni precedenti di trovare alloggio in compagnia degli scorpioni (Goodstein 1982). Dopo la morte del padre di Rasetti, la madre si trasferirà a Firenze e quindi Rasetti lascerà il vagoncino per andare a vivere con la madre.

Nel 1926 Fermi pubblica il lavoro che lo renderà noto a livello internazionale, quello in cui ricava quella che adesso viene chiamata statistica di Fermi-Dirac. Fin dal 1923 Fermi si era interessato alla Meccanica statistica ed in particolare al problema della costante assoluta dell'entropia di un gas perfetto, ovvero la formula di Sackur-Tetrode (Cordella e Sebastiani 2000). Il nuovo elemento che gli permetterà di arrivare alla statistica di Fermi-Dirac sarà il principio di esclusione formulato da Pauli nel 1925. Sarà proprio questo il grande merito di Fermi, aver applicato il principio di Pauli, che fino ad allora era stato avanzato per l'interpretazione di fatti spettroscopici, a un sistema generale di particelle. E' interessante anche riportare l'osservazione di Cordella e Sebastiani che Fermi potrebbe aver trovato lo spunto per le riflessioni, che lo condussero alla nuova statistica quantistica, durante la preparazione delle lezioni di Meccanica statistica che avrebbe dovuto tenere a Firenze nel 1925/26.

his mother moved to Florence and it was then that Rasetti left the *vagoncino* to go and live with her.

In 1926, Fermi published the work that was to bring him international acclaim, in which he derived what is now known as Fermi-Dirac statistics. Fermi had been interested in Statistical Mechanics since 1923 and, particularly in the problem of the absolute constant of the entropy of a perfect gas, the Sackur-Tetrode formula (Cordella and Sebastiani 2000). The new element that was to enable him to arrive at the Fermi-Dirac statistics was the Exclusion Principle formulated by Pauli in 1925. This was to be Fermi's greatest merit, the application of Pauli's principle, which had been advanced for the interpretation of spectroscopic facts until then, to a general particle system. It is also interesting to mention Cordella and Sebastiani's observation that Fermi may have found the inspiration for the reflections that led him to the new quantum statistics, during the preparation of the lectures on Statistical Mechanics that he was due to give in Florence in 1925/26.

According to Pontecorvo "*Fermi had already been toying with the idea of this work for some time: what was missing was Pauli's principle. As soon as this latter was formulated, he sent his article to press. It has to be said that Fermi was somewhat disappointed that he had been unable to formulate Pauli's principle on his own, having come so very close, as can be seen from his work.*" (Pontecorvo, 1993)

P.A.M. Dirac reached the same result as Fermi independently in August 1926, giving us what is now known as Fermi Dirac Statistics. The publication of Fermi's work was followed by

Secondo Pontecorvo “Fermi già da tempo accarezzava l’idea di questo lavoro: gli mancava però il principio di Pauli. Appena quest’ultimo venne formulato, mandò in stampa il suo articolo. A questo proposito c’è da dire che Fermi era piuttosto amareggiato per non essere da solo riuscito a formulare il principio di Pauli, principio al quale, come risulta dai suoi lavori, era arrivato molto vicino.” (Pontecorvo 1993)

P.A.M. Dirac, indipendentemente nell’agosto del 1926, arriverà allo stesso risultato di Fermi, quella statistica che ormai si chiama statistica di Fermi Dirac. Dopo la pubblicazione del lavoro di Fermi, seguirono alcune applicazioni, da parte di Thomas (1926) e indipendentemente dello stesso Fermi (1927), che trattarono con la statistica gli elettroni interni di un atomo pesante.

Durante il soggiorno fiorentino, di rilievo, è anche un lavoro che Fermi farà con Rasetti; sarà il ritorno di Fermi ad un lavoro sperimentale, dopo quello eseguito durante la tesi. I due amici analizzarono l’effetto di campi magnetici, deboli ma di alta frequenza, sulla depolarizzazione della luce di risonanza nei vapori di mercurio. Questo lavoro costituisce il primo esempio di studio di spettri atomici per mezzo di campi a radiofrequenza, una tecnica che riceverà numerose applicazioni negli anni successivi²⁴.

Negli anni 1925 e 1926 Fermi incomincia a preoccuparsi del suo futuro accademico, come testimoniato dalla sua corrispondenza con Persico²⁵. Nel 1925 consegue la libera docenza in Fisica Matematica e prova a sostenere il primo concorso a cattedra, quello per la cattedra di Fisica Matematica, presso l’Università di Cagliari. Nonostante l’auspicio di Corbino che nel concorso non finisse per prevalere “il criterio della lunghezza della barba” (Cordella et al 2001), la posi-

applications by Thomas (1926) and, independently, by Fermi himself (1927), which applied these statistics to the electrons inside a heavy atom.

Another important activity carried out by Fermi during his stay in Florence was with Rasetti; this was Fermi’s return to experimental work after that one carried out during the preparation of his thesis. The two friends analysed the effect of weak but high-frequency magnetic fields on the depolarisation of resonance light in mercury vapours. This work is the first example of the study of atomic spectra using radiofrequency fields, a technique that was to receive numerous applications in the years to come²⁴.

In 1925 and 1926, Fermi began to worry about his academic future as confirmed by his correspondence with Persico²⁵. In 1925, he qualified as “libero docente” in Mathematical Physics and made his first attempt at gaining a tenured professorship, in Mathematical Physics, at the University of Cagliari. Despite Corbino’s hope that the place would not end up being assigned according to the “longest beard criterion” (Cordella et al, 2001), it went, by majority decision, to Giovanni Giorgi, the inventor of the MKS System, who had the support of three commissioners, Giovanni Guglielmo, Roberto Marcolongo and Carlo Somigliana, while Fermi was supported by the other two, Tullio Levi Civita and Vito Volterra. Fermi endured the situation like “a checkmate that seemed unfair to him and he forgot neither the contest nor the judges for many years”, as Emilio Segrè (Segrè 1971) recalled.

With the support of the Roman mathematicians, Guido Castelnuovo, Federigo Enriques and Tullio Levi Civita, Corbino succeeded in launching the first chair of Theoretical Physics at the Univer-

zione viene assegnata a maggioranza a Giovanni Giorgi, l'inventore del Sistema MKS, sostenuto da tre commissari, Giovanni Guglielmo, Roberto Marcolongo, Carlo Somigliana, rispetto a Fermi, sostenuto dagli altri due, Tullio Levi Civita e Vito Volterra. Fermi subì la vicenda come “uno scacco che gli sembrava ingiusto e per molti anni non dimenticò né il concorso né i giudici”, come ricorda Emilio Segrè (Segrè 1971).

Col sostegno dei matematici romani, Guido Castelnuovo, Federigo Enriques e Tullio Levi Civita, Corbino riuscirà nel 1926 a far bandire dall'ateneo romano la prima cattedra di Fisica Teorica che sarà assegnata a Fermi. La commissione del concorso, composta da Cantone, Corbino, Garbasso, Majorana, Maggi, propose una terna con la graduatoria Fermi, Persico, Pontremoli. Fermi sarà chiamato a Roma, Persico a Firenze e Pontremoli a Milano.

Nel 1927, a Como, viene organizzata una conferenza internazionale per celebrare il centenario della morte di Alessandro Volta, con la presenza di grandi scienziati, quali Bohr, Planck, Compton, Laue, Heisenberg, Pauli e Sommerfeld. In questo evento, anche per la presentazione da parte di Sommerfeld di una applicazione della statistica di Fermi agli elettroni di conduzione nei metalli, Fermi viene ormai riconosciuto come uno scienziato di fama internazionale. Alla conferenza Heisenberg presenta Fermi a Pauli, con le parole: “Ti presento l'applicazione del principio di esclusione” (Cordella e Sebastiani 2000). Secondo Rasetti (Kuhn



Figura 3. Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg e Enrico Fermi alla Conferenza di Como, 1927.

Figure 3. Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg and Enrico Fermi at the Como conference, 1927.

1962), la conferenza di Como ebbe un'importanza enorme per lo sviluppo della fisica italiana in quanto dimostrò ai fisici italiani quanto importante fosse Fermi.

Dopo la partenza di Fermi per Roma, anche Rasetti raggiungerà l'amico presso la stessa università nel 1926, come aiuto di Corbino, nel posto lasciato libero da Persico. L'attività scientifica di Fermi e Rasetti, in questi primi anni romani, si concentrerà sulla spettroscopia, sull'effetto Raman e lavori sperimentali e teorici su atomi con numeri quantici molto elevati, ovvero con grandi orbite. Il lavoro sulla fisica nucleare inizierà nell'autunno del 1932 (Kuhn 1962) al ritorno di Rasetti dal soggiorno a Dalhem da Lise Meitner.

Il gruppo di Firenze, nonostante la partenza dei due giovani brillanti, grazie sempre all'opera di reclutamento di Garbasso continuerà ad allargarsi: nel 1927 sarà chiamato a Firenze Bruno Rossi, che si era laureato a Bologna con Rita Brunetti, nel 1928 Gilberto Bernardini, laureato alla Scuola Normale di Pisa, e si creerà un gruppo di fama internazionale attivo nella ricerca dei raggi cosmici. Il gruppo si arricchirà poi con le lauree a Firenze, di Giuseppe ("Beppo") Occhialini nel 1929 e di Giulio Racah e Daria Bocciarelli nel 1931.

Gli studi sui raggi cosmici, dopo i primi tentativi precursori di Domenico Pacini²⁶ e V.F. Hess, ebbero nuovo impulso in seguito ad un famoso articolo del 1929 di Walter Bothe e Werner Kohlhörster, in cui si mostrava che la radiazione cosmica, osservata al livello del mare, non era dovuta a radiazione elettromagnetica ma consisteva invece di particelle ionizzanti e si ipotizzava che anche la radiazione primaria (quella che arriva sull'atmosfera) fosse di tipo corpuscolare. I loro esperimenti osservavano impulsi simultanei, ovvero coincidenze tra due contatori Geiger-Müller posti uno sopra all'al-

sity of Rome in 1926, and it was assigned to Fermi. The adjudicating commission, made up of Cantone, Corbino, Garbasso, Majorana and Maggi, proposed a trio ranking first Fermi, then Persico and then Pontremoli. Fermi was to be called to Rome, Persico to Florence and Pontremoli to Milan.

An international conference was organised in Como in 1927, to celebrate the one hundredth anniversary of Alessandro Volta's death, with the presence of great scientists such as Bohr, Planck, Compton, Laue, Heisenberg, Pauli and Sommerfeld. During this event, Fermi was acknowledged as an internationally renowned scientist, partly thanks to the presentation by Sommerfeld of an application of Fermi's statistics to conduction electrons in metals. Heisenberg introduced Fermi to Pauli at the conference, with the words: "I would like to introduce you to the application of the exclusion principle" (Cordella and Sebastiani 2000). According to Rasetti (Kuhn 1963), the Como conference had a huge impact on the development of Italian physics because it showed Italian physicists just how important Fermi was.

After Fermi's departure for Rome, Rasetti too joined his friend at the same university in 1926, as Corbino's aid, in the place left free by Persico. Fermi and Rasetti's scientific activity in those early Roman years focused on spectroscopy, the Raman effect and experimental and theoretical work on atoms with very high quantum numbers, i.e. with large orbits. The work on nuclear physics was to begin in the autumn of 1932 (Kuhn 1963), when Rasetti returned from his stay in Dalhem with Lise Meitner.

Despite the departure of the two brilliant youngsters, thanks to Garbasso's recruitment work, the Florence group continued to expand. In 1927, Bruno Rossi, who had graduated from Bo-



Figura 4. Davanti all'ingresso dell'Istituto di Fisica in Arcetri, inizio anni '30. In prima fila, Bruno Rossi, dietro da sinistra a destra, Beppo Occhialini, Gilberto Bernardini, Daria Bocciarelli. In piedi Pier Giovanni Caponi [da B. Rossi, *Momenti nella vita di uno scienziato*, Zanichelli, Bologna 1987].

Figure 4. In front of the entrance of the Arcetri Physics Institute, early 30's. In the front row, Bruno Rossi, behind from left to right, Beppo Occhialini, Gilberto Bernardini, Daria Bocciarelli, standing Pier Giovanni Caponi [from B. Rossi, *Momenti nella vita di uno scienziato*, Zanichelli, Bologna 1987].

logna University with Rita Brunetti, was called to Florence, joined, in 1928, by Gilberto Bernardini, a graduate of the Scuola Normale in Pisa, and an internationally renowned group active in the search for cosmic rays was created. The group was then strengthened by the graduations in Florence of Giuseppe ('Beppo') Occhialini in 1929 and of Giulio Racah and Daria Bocciarelli in 1931.

After the first pioneering attempts by Domenico Pacini²⁶ and V.F. Hess, the studies on cosmic rays received a new boost following the publication of a famous article by Walter Bothe and Werner Kohlhörster in 1929. The article showed that the cosmic radiation observed at sea level was not due to electromagnetic radiation but consisted of ionising particles, and it was assumed that primary radiation (which reaches the atmosphere) was also corpuscular. Their experiments observed simultaneous impulses, i.e. coincidences between two Geiger-Müller counters placed one on top of the other. Rossi's fundamental contribution to cosmic ray research was the *coincidence circuit* that improved the sensitivity of this type of experiment tenfold.

Relations between the groups from Florence and Rome in those years were very close, as witnessed during a conference held in Arcetri in 1987, which was attended, among others, by Amaldi, Bernardini, Bocciarelli, Occhialini and Rossi, (Bonetti and Mazzone 2007). The '87 conference remembered the fundamental contribution of Giorgio Abetti, then Director of the nearby Observatory, under whose influence the Arcetri Mathematical, Physical and Astrophysical Seminar was founded in 1928. The Seminar was officially approved by the Faculty in 1932 and turned out to be of great importance for the young people of the Institute of Phys-

tro. Il fondamentale contributo di Rossi alla ricerca sui raggi cosmici fu il *circuito a coincidenze* che migliorò la sensibilità di questo tipo di esperimenti di un fattore dieci.

I rapporti tra il gruppo di Firenze e quello di Roma in quegli anni erano molto stretti, come testimoniato durante una conferenza, tenutasi ad Arcetri nel 1987, a cui parteciparono, tra gli altri, Amaldi, Bernardini, Bocciarelli, Occhialini e Rossi, (Bonetti e Mazzoni 2007). In questa occasione fu ricordato il contributo fondamentale di Giorgio Abetti, allora Direttore del vicino Osservatorio, sotto la cui spinta nel 1928 nacque il Seminario Matematico Fisico ed Astrofisico di Arcetri, che fu approvato ufficialmente dalla Facoltà nel 1932 e che fu di grandissima importanza per i giovani dell'Istituto di Fisica perché dette loro la possibilità di conoscere molti scienziati di fama mondiale che Abetti invitava regolarmente.

Pertanto, sia lo scambio di ricercatori che il seminario rafforzarono i rapporti e le collaborazioni scientifiche tra i due gruppi, che raggiunsero presto fama internazionale. Quando nel 1931 Fermi organizzò a Roma un importante convegno di fisica nucleare, cui parteciparono numerosi premi Nobel e figure di rilievo della fisica dell'epoca, l'unico relatore italiano invitato fu Bruno Rossi che tenne una relazione sui raggi cosmici.

Edoardo Amaldi ricorda (Bonetti e Mazzoni 2007) le frequenti visite. Durante una di queste visite, in un fine settimana nel 1933, Bruno Rossi, dopo una discussione sull'effetto del campo magnetico terrestre sui raggi cosmici, prima in istituto poi al mare, con i colleghi romani, il lunedì scrisse, in collaborazione con Fermi, un articolo su questo tema. Quando poi Fermi avrà bisogno di contatori Geiger per lo studio della radioattività indotta da neutroni, i fiorentini forniran-

ics because it gave them the opportunity to meet the many world-famous scientists that were regularly invited by Abetti.

Therefore, both the exchange among researchers and the seminar strengthened the relationships and scientific collaborations between the two groups, which soon achieved international recognition. When Fermi organised an important conference on Nuclear Physics in Rome in 1931, attended by numerous Nobel Prize winners and important figures in physics of the time, the only Italian speaker invited was Bruno Rossi, who gave a report on cosmic rays.

Edoardo Amaldi remembers (Bonetti and Mazzoni 2007) the frequent visits. During one of these visits, one weekend in 1933, Bruno Rossi had a discussion on the effect of the earth's magnetic field on cosmic rays first at the institute and then at the seaside with his Roman colleagues. The following Monday, he wrote an article on this subject, in collaboration with Fermi. Subsequently, when Fermi was to need Geiger counters for the study of neutron-induced radioactivity, the Florentines supplied all their expertise. Amaldi also remembers (Bonetti and Mazzoni 2007) that, when Rossi had moved to Padua, "one weekend in April or May 1934, Bernardini, Occhialini, Daria Bocciarelli and Emo Capodilista came to Rome; they brought us boxes full of Geiger counters and proportional counters, as a gift to help us in our work... They were beautiful and they worked extremely well but, unfortunately, the geometry was wrong..." (Bonetti and Mazzoni 2007). On this point, the recently advanced hypothesis (Guerra and Robotti 2015) according to which the counters tested by Fermi, the measurements of which are recorded in the Irpino notebook, included precisely those counters brought by the Floren-



Figura 5. Tavola rotonda organizzata ad Arcetri nel 1987. Da sinistra a destra: Gilberto Bernardini, Daria Bucciarelli, Bruno Rossi, Edoardo Amaldi, Manlio Mandò. [da A. Bonetti e M. Mazzoni, *L'Università degli Studi di Firenze nel centenario della nascita di Giuseppe Occhialini (1907-1993)*, Firenze University Press, 2007]
 Figure 5. Round table organized in Arcetri in 1987. From left to right: Gilberto Bernardini, Daria Bucciarelli, Bruno Rossi, Edoardo Amaldi, Manlio Mandò. [from A. Bonetti e M. Mazzoni, *L'Università degli Studi di Firenze nel centenario della nascita di Giuseppe Occhialini (1907-1993)*, Firenze University Press, 2007]

no tutte le loro competenze. Ricorda ancora Amaldi (Bonetti e Mazzoni 2007) che, quando Rossi si era ormai trasferito a Padova, *“un fine settimana di aprile o maggio 1934 vennero a Roma Bernardini, Occhialini, Daria Bocciarelli e Emo Capodilista; ci portarono delle scatole piene di contatori Geiger e di contatori proporzionali: erano un regalo per aiutarci nel nostro lavoro... Erano bellissimi e fun-*

times, is of interest. The presence on this list of a “big brass counter” would suggest counters for cosmic rays. As Francesco Guerra e Nadia Robotti say *“if the visit reported by Amaldi had actually taken place in March 1934, then all the reconstruction of the counters used in Rome would have to be reviewed, and Arcetri’s role would be amplified.”* And, as the authors say, *“Of course, more evidence would be necessary to reach firm conclusions on this important finding”*. In any case, this episode offers further confirmation of the close relationship between the two groups and the importance of Rossi’s role in bringing Bothe’s “secret”, on the technique of cosmic ray construction, from Berlin to Rome via Florence, this being the technique that used a central aluminium wire instead of one made of steel (Rossi 1987).

Rossi had won a scholarship from the CNR, thanks to Garbasso, in 1930, using it to spend some time at Bothe’s laboratory in Berlin. In Berlin, Rossi realised that Bothe’s counters were better than his own, until, one day, Bothe made a confession to him, *“I’ll tell you a secret but you must promise not to tell anyone about it”* (Rossi 1987). After Rossi had promised, Bothe continued *“My counters don’t have a steel wire, like people think - they have an aluminium wire”*. And this is how Bothe’s secret arrived in Italy. Rossi: *“To my shame I must confess, that on returning to Italy, I felt unable to keep the matter of the aluminium wire secret from my friends in Florence and Rome, but I tried to ease my conscience by asking them to make the same promise of secrecy that Bothe had asked of me”* (Rossi 1987).

After this expansive phase of outstanding international resonance between the twenties and mid-thirties, the Arcetri school would weaken and disperse due to the death of Garbasso

zionavano benissimo ma purtroppo la geometria non era quella adatta...” (Bonetti e Mazzoni 2007). A questo scopo è interessante l’ipotesi avanzata recentemente (Guerra e Robotti 2015) che, tra i contatori testati da Fermi e di cui il quaderno Iripino riporta le misure, ci fossero proprio i contatori portati dai fiorentini. La presenza in questa lista di un “grosso contatore di ottone” farebbe pensare proprio a contatori per raggi cosmici. Come dicono Francesco Guerra e Nadia Robotti “se invece la visita riportata da Amaldi fosse in realtà avvenuta nel marzo 1934, allora tutta la ricostruzione dei contatori utilizzati a Roma andrebbe rivista, e il ruolo di Arcetri ne verrebbe amplificato.” D’altra parte, come affermano gli autori “Naturalmente sarebbero necessarie altre prove per poter raggiungere conclusioni certe su questa importante conclusione”. In ogni caso questo episodio è una conferma ulteriore degli stretti rapporti tra i due gruppi e sulla importanza del ruolo di Rossi nell’aver portato il “segreto” di Bothe, sulla tecnica di costruzione dei raggi cosmici, da Berlino a Roma via Firenze, ovvero la tecnica che utilizzava un filo centrale d’alluminio invece che d’acciaio (Rossi 1987).

Rossi si era infatti recato nel 1930 con una borsa di studio del CNR, procurata da Garbasso, per trascorrere un periodo a Berlino nel laboratorio di Bothe. A Berlino Rossi si accorge che i contatori di Bothe erano migliori dei suoi, finché un giorno Bothe gli confessa “Le rivelerò un segreto, ma lei deve promettermi di non parlarne con nessuno” (Rossi 1987). Dopo che Rossi ebbe promesso, Bothe continuò “I miei contatori non hanno un filo d’acciaio, come si crede, ma un filo d’alluminio”. E fu così che il segreto di Bothe arrivò in Italia. Rossi: “A mia vergogna debbo confessare, che tornato in Italia, non mi sentii di tenere segreta la faccenda del filo d’alluminio con i

in 1933, the transfer of several researchers to other universities and the consequences of the racial laws of 1938. Garbasso was replaced by Laureto Tieri²⁷, in relation to whom it is worth mentioning the impressions of young student Michele Della Corte²⁸, who was disappointed by Tieri’s Experimental Physics lectures. “He was an old-fashioned professor, who held his lectures with the dignity and nobility typical of the late 1800s, but, unfortunately, the content of the course also belonged to the same period! The other teachers of the Institute, from Bernardini to Occhialini and from Racah to Bocciarelli, were quite the opposite. With the exception of Racah, they were quite scruffily dressed and disregarded form; they had that slightly distracted air that I had always imagined scientists would have.” (Della Corte 2001)

Persico was called to Turin in 1930, Rossi to Padua in 1932 and Bernardini to Camerino in 1937. Occhialini went to Cambridge in 1931 to learn the fog chamber technique from Patrick Blackett, taking with him the skills acquired at Arcetri in the field of coincidences: the idea was to combine the Rossi circuit with the fog chamber. Beppo’s stay, which was supposed to last three months, would actually last three years and his collaboration with Blackett would bring him close to the Nobel Prize. He returned to Florence in 1934, but left for Brazil in 1937 to escape Fascist Italy. Daria Bocciarelli moved to the Istituto Superiore di Sanità in Rome in 1938, where she was to play a very important role. Racah moved to Pisa in 1937, called to a chair of Theoretical Physics.

Anti-Semitic campaigns and racial laws would then force Fermi, Pontecorvo, Racah, Rossi and Segré to emigrate abroad. In 1939, Rasetti chose to do like his colleagues, and moved

miei amici di Firenze e di Roma, ma cercai di sgravare la mia coscienza chiedendo da loro la stessa promessa di segretezza che Bothe aveva richiesto da me.” (Rossi 1987)

La scuola di Arcetri, dopo questa fase espansiva e di grande risonanza internazionale dagli anni '20 alla metà degli anni trenta, si sarebbe indebolita e dispersa a causa della morte di Garbasso nel 1933, dei trasferimenti di alcuni ricercatori presso altri atenei e delle conseguenze delle leggi razziali del 1938. Garbasso sarà sostituito da Laureto Tieri²⁷, a proposito del quale vale la pena citare le impressioni del giovane studente Michele Della Corte²⁸, deluso dalle lezioni di Fisica Sperimentale tenute da Tieri. “Era questi un professore vecchio stile, che teneva le sue lezioni con la dignità e la nobiltà tipiche della fine dell’800, ma purtroppo anche il contenuto del corso era della stessa epoca! Gli altri docenti dell’Istituto, dal Bernardini all’Occhialini, dal Racah alla Bocciarelli erano tutto l’opposto. Ad eccezione di Racah, erano abbastanza trasandati nel vestire ed incuranti della forma; avevano quell’aria un po’ svagata che avevo sempre immaginato avessero gli scienziati.” (Della Corte 2001)

Persico sarà chiamato a Torino nel 1930, Rossi a Padova nel 1932 e Bernardini a Camerino nel 1937. Occhialini si recherà a Cambridge nel 1931 per apprendere da Patrick Blackett la tecnica della camera a nebbia, ma portandosi dietro le competenze acquisite ad Arcetri nel campo delle coincidenze: l’idea era di combinare il circuito alla Rossi con la camera a nebbia. Il soggiorno di Beppo, che doveva durare tre mesi, durerà tre anni e la sua collaborazione con Blackett lo porterà vicino al premio Nobel. Rientrerà a Firenze nel 1934, ma ripartirà per il Brasile nel 1937 per allontanarsi dall’Italia fascista. Daria Bocciarelli passerà all’Istitu-

to Canada. Only Amaldi and Bernardini remained in Italy, taking charge of the rebirth of Italian physics after the war, with the creation of the National Institute of Nuclear Physics and the National Laboratories in Frascati, as well as the important Italian participation in the creation of the CERN, the European laboratory of nuclear and particle physics. As declared by Giampietro Puppi “*The rebirth of Italian physics after the war was due to the first students of Fermi and Rossi: Gilberto Bernardini, Gian Carlo Wick and Edoardo Amaldi. It was the result of an important decision by these scientists to focus their research exclusively on two subjects: particle physics and cosmic rays*” (Bonolis and Melchionni 2003).

As regards Florence, the resumption of the scientific activities of Florentine physics after the Second World War was the work of Simone Franchetti, graduated in Chemistry in 1930, and of Manlio Mandò, Michele Della Corte and Giuliano Toraldo di Francia, graduated in Physics, respectively in 1934/35, 1938/39 and 1939/40.

Daniele Dominici is Full Professor of Theoretical Physics at the University of Florence. He has been Director of the Department of Physics and of the Galileo Galilei Institute for Theoretical Physics. He performs his research in the field of Theoretical Physics of Elementary Particles.

Bibliography

Abetti, G., *Antonio Garbasso*, Yearbook of Regia Università degli studi di Firenze 1932/33

to Superiore di Sanità a Roma nel 1938, dove svolgerà un ruolo molto importante. Racah si trasferirà a Pisa nel 1937, chiamato su una cattedra di Fisica Teorica.

Le campagne antisemite e le leggi razziali avrebbero poi costretto Fermi, Pontecorvo, Racah, Rossi e Segré ad emigrare all'estero. Anche Rasetti nel 1939 seguirà la scelta dei colleghi, trasferendosi in Canada. In Italia rimarranno solo Amaldi e Bernardini, i quali si faranno carico della rinascita della fisica italiana nel dopoguerra, con la creazione dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e dei Laboratori Nazionali di Frascati e l'importante partecipazione italiana alla creazione del CERN, laboratorio europeo di Fisica nucleare e delle particelle. Come ha dichiarato Giampietro Puppi *"La rinascita della fisica italiana dopo la guerra è dovuta ai primi allievi di Fermi e Rossi: Gilberto Bernardini, Gian Carlo Wick, Edoardo Amaldi. È nata da una scelta importante: questi personaggi hanno deciso di orientare la ricerca su due argomenti soltanto, fisica delle particelle e raggi cosmici"* (Bonolis e Melchionni 2003).

Per quanto riguarda invece Firenze, la ripresa delle attività scientifiche della fisica fiorentina dopo la fine della seconda guerra mondiale sarà opera di Simone Franchetti, che si era laureato in Chimica nel 1930, e di Manlio Mandò, Michele Della Corte e Giuliano Toraldo di Francia, laureati in Fisica rispettivamente nel 1934/35, 1938/39 e nel 1939/40.

Daniele Dominici è Professore ordinario di Fisica Teorica 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 particelle elementari.

Bonetti, A., Mazzoni, M., *The Arcetri School of Physics*, in *The Scientific Legacy of Beppo Occhialini*, Eds P. Redondi, G. Sironi, P. Tucci, and G. Vegni, p. 3-34 SIF Bologna and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006

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

Bonolis, L., Melchionni, M.G., *Fisici italiani del tempo presente. Storie di vita e di pensiero*, Marsilio 2003

Brunetti, R., *Antonio Garbasso, La vita, il pensiero e l'opera scientifica*, Il Nuovo Cimento, 129, 1933

Casalbuoni, R., Dominici, D., Mazzoni, M., Pelosi, G., *La Fisica ad Arcetri Dalla nascita della Regia Università alle leggi razziali*, Florence University Press, 2016

Casalbuoni, R., Dominici, D., Pelosi, G., *Enrico Fermi a Firenze*, second edition, Florence University Press 2019

Cordella, F., De Gregorio, A., Sebastiani, F., *Enrico Fermi. Gli anni italiani*, Editori Riuniti, Rome, 2001

Cordella, F., Sebastiani, F., *Il Nuovo Saggiatore*, 2000, 11

Della Corte, L., *Commemorazione di Michele Della Corte*, Florence 21 September 1999, FUP, 2001

Fermi, E., *Note e Memorie, Collected papers*, Accademia dei Lincei, University of Chicago Press, 1962

Bibliografia

- Abetti, G., *Antonio Garbasso*, Annuario della Regia Università degli studi di Firenze 1932/33
- Bonetti, A., Mazzoni, M., *The Arcetri School of Physics*, in *The Scientific Legacy of Beppo Occhialini*, Eds P. Redondi, G. Sironi, P. Tucci, and G. Vegni, p. 3-34 SIF Bologna and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006
- Bonetti, A., Mazzoni, M., *L'Università di Firenze nel centenario della nascita di Giuseppe Occhialini (1907-1993)*, Florence University Press (2007)
- Bonolis, L., Melchionni, M.G., *Fisici italiani del tempo presente. Storie di vita e di pensiero*, Marsilio 2003
- Brunetti, R., *Antonio Garbasso, La vita, il pensiero e l'opera scientifica*, Il Nuovo Cimento, 129, 1933
- Casalbuoni, R., Dominici, D., Mazzoni, M., Pelosi, G., *La Fisica ad Arcetri Dalla nascita della Regia Università alle leggi razziali*, Florence University Press, 2016
- Casalbuoni, R., Dominici, D., Pelosi, G., *Enrico Fermi a Firenze*, seconda edizione, Florence University Press 2019
- Cordella, F., De Gregorio, A., Sebastiani, F., *Enrico Fermi. Gli anni italiani*, Editori Riuniti, Roma, 2001
- Cordella, F., Sebastiani, F., Il Nuovo Saggiatore, 2000, 11
- Della Corte, L., *Commemorazione di Michele Della Corte*, Firenze 21 settembre 1999, FUP, 2001
- Fermi, E., *Note e Memorie, Collected papers*, Accademia dei Lincei, University of Chicago Press, 1962

- Fermi, L. *Atoms in the Family. My life with Enrico Fermi*, University of Chicago Press, Chicago 1954 (edizione italiana Mondadori Editore, Verona 1954)
- Goodstein, J.R., *Franco Rasetti (1901-2001)*, Interview, February 4, 1982, Archives California Institute of Technology
- Guerra, F., Robotti, N., *Enrico Fermi e il quaderno ritrovato 20 marzo 1934 - La vera storia della scoperta della radioattività indotta da neutroni*, SIF, (2015)
- Kuhn, T.S., *Franco Rasetti and Enrico Persico*, interviewed by T. S. Kuhn, Rome, 1963 <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4995>
- Mandò, M., *Notizie sugli studi di Fisica, (1859-1949)*, in *Storia dell'Ateneo Fiorentino*, Parretti Grafiche, Florence, 1986
- Pais, A., *Inward Bound*, Oxford University Press, New York, 1985
- Palla, M., *Firenze nel regime fascista (1929-1934)*, L. Olschki, 1978
- Persico, E., *Lezioni di meccanica ondulatoria*, written by B. Rossi and G. Racah, Florence 1929 and Padua 1929-30
- Pontecorvo, B., *E. Fermi*, Edizioni Studio Tesi, 1993
- Rossi, B., *Momenti nella vita di uno scienziato*, Zanichelli, 1987
- Segrè, E., *Enrico Fermi Fisico. Una biografia scientifica*, Zanichelli, 1971

- Fermi, L., *Atoms in the Family. My life with Enrico Fermi*, University of Chicago Press, Chicago 1954 (edizione italiana Mondadori Editore, Verona 1954)
- Goodstein, J.R., *Franco Rasetti (1901-2001)*, Interview, February 4, 1982, Archives California Institute of Technology
- Guerra, F., Robotti, N., *Enrico Fermi e il quaderno ritrovato 20 marzo 1934 - La vera storia della scoperta della radioattività indotta da neutroni*, SIF, (2015)
- Kuhn, T.S., *Franco Rasetti and Enrico Persico*, interviewed by T. S. Kuhn, Rome, 1963 <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4995>
- Mandò, M., *Notizie sugli studi di Fisica, (1859-1949)*, in *Storia dell'Ateneo Fiorentino*, Parretti Grafiche, Firenze, 1986
- Pais, A., *Inward Bound*, Oxford University Press, New York, 1985
- Palla, M., *Firenze nel regime fascista (1929-1934)*, L. Olschki, 1978
- Persico, E., *Lezioni di meccanica ondulatoria*, redatte da B. Rossi e G. Racah, Firenze 1929 e Padova 1929-30
- Pontecorvo, B., *E. Fermi*, Edizioni Studio Tesi, 1993
- Rossi, B., *Momenti nella vita di uno scienziato*, Zanichelli, 1987
- Segrè, E., *Enrico Fermi Fisico. Una biografia scientifica*, Zanichelli, 1971

Note

- ¹ Orso Mario Corbino, Augusta (SR) 1876 - Roma 1937
- ² Antonio Garbasso, Vercelli 1871 – Firenze 1933
- ³ Pietro Blaserna, Trieste 1836 – Roma 1918

Notes

- ¹ Orso Mario Corbino, Augusta (SR) 1876 - Rome 1937
- ² Antonio Garbasso, Vercelli 1871 – Florence 1933
- ³ Pietro Blaserna, Trieste 1836 – Rome 1918
- ⁴ Antonio Roiti, Argenta (FE) 1843 - Rome 1921
- ⁵ Enrico Fermi, Rome 1901 – Chicago 1954
- ⁶ Bruno Rossi, Venice 1905 – Cambridge Mass. 1993. He graduated with Rita Brunetti in Bologna.
- ⁷ For information on the history of the Arcetri school, see (Bonetti and Mazzoni 2006, Bonetti and Mazzoni 2007, Casalbuoni et al 2016)
- ⁸ Rita Brunetti, Milan 1890 – Pavia 1942
- ⁹ Giacomo Matteotti, Fratta Polesine (RO) 1885 – Rome 1924
- ¹⁰ Antonino Lo Surdo, Syracuse 1880 – Rome 1949
- ¹¹ Raffaele Augusto Occhialini, Fossombrone (PU) 1878 – Genoa 1951
- ¹² Franco Rasetti, Pozzuolo Umbro (PG) 1901 – Waremme 2001
- ¹³ Staff of the Physics Institute at the University of Florence 1924/25

Garbasso Antonio, Professor of Experimental Physics and Head of Higher Physics. Director of the Institute of Physics.

Abetti Giorgio, untenured Professor of Astrophysics. Director of the Astrophysics Observatory of

⁴ Antonio Roiti, Argenta (FE), 1843 – Roma 1921

⁵ Enrico Fermi, Roma 1901 – Chicago 1954

⁶ Bruno Rossi, Venezia 1905 – Cambridge Mass. 1993. Laureato con Rita Brunetti a Bologna.

⁷ Per la storia della scuola di Arcetri, vedi (Bonetti e Mazzoni 2006, Bonetti e Mazzoni 2007, Casalbuoni et al 2016)

⁸ Rita Brunetti, Milano 1890 – Pavia 1942

⁹ Giacomo Matteotti, Fratta Polesine (RO) 1885 – Roma 1924

¹⁰ Antonino Lo Surdo, Siracusa 1880 – Roma 1949

¹¹ Raffaele Augusto Occhialini, Fossombrone (PU) 1878 – Genova 1951

¹² Franco Rasetti, Pozzuolo Umbro (PG) 1901 – Wareme 2001

¹³ Staff dell'Istituto di Fisica, Università di Firenze:

ANNO ACCADEMICO 1924/25

Garbasso Antonio, Professore di Fisica Sperimentale e Incaricato di Fisica Superiore.

Direttore dell'Istituto di Fisica.

Abetti Giorgio, Professore non stabile di Astrofisica. Direttore dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

Fermi Enrico, Incaricato di Meccanica Razionale

Brunetti Rita, Libero insegnamento di Fisica Sperimentale.

Fermi Enrico, Libero insegnamento di Fisica Matematica.

Brunetti Rita, Aiuto

Ronchi Vasco, Assistente

Rasetti Franco, Assistente per la Fisica Terrestre

ANNO ACCADEMICO 1925/26

Garbasso Antonio, Professore stabile di Fisica Sperimentale. Incaricato di Fisica Superiore.

Direttore dell'Istituto di Fisica.

Abetti Giorgio, Professore non stabile di Astrofisica. Direttore dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri.

Arcetri.

Fermi Enrico, Lecturer of Rational Mechanics

Brunetti Rita, Free teaching of Experimental Physics.

Fermi Enrico, Free teaching of Mathematical Physics.

Brunetti Rita, Aiuto

Ronchi Vasco, Assistant

Rasetti Franco, Assistant in Terrestrial Physics

1925/26

Garbasso Antonio, Professor of Experimental Physics and Head of Higher Physics. Director of the Institute of Physics.

Abetti Giorgio, untenured Professor of Astrophysics. Director of the Astrophysics Observatory of Arcetri.

Fermi Enrico, Lecturer of Rational Mechanics and Mathematical Physics.

Brunetti Rita, Free teaching of Experimental Physics.

Fermi Enrico. Free teaching of Mathematical Physics.

Ronchi Vasco Free teaching of Experimental Physics.

Brunetti Rita, Aiuto

Ronchi Vasco, Assistant

Rasetti Franco, Assistant in Terrestrial Physics

Fermi Enrico, Incaricato di Meccanica Razionale e di Fisica Matematica.

Brunetti Rita, Libero insegnamento di Fisica Sperimentale.

Fermi Enrico, Libero insegnamento di Fisica Matematica.

Ronchi Vasco, Libero insegnamento di Fisica.

Brunetti Rita, Aiuto

Ronchi Vasco, Assistente

Rasetti Franco, Assistente per la Fisica Terrestre

¹⁴ F. Guerra, N. Robotti, *Enrico Fermi: una vita intensa* in (Casalbuoni et al 2019).

¹⁵ Bonanno Bonanni, Carrara, 1906-dato non disponibile

¹⁶ Paolo Pasca, Roma 1904-dato non disponibile

¹⁷ Un libro, che contiene queste lezioni, è stato recentemente edito dalla Firenze University Press (Casalbuoni et al 2019)

¹⁸ L'edizione integrale del testo dattiloscritto di queste lezioni, tenute nell'anno accademico 1924-25, è stata pubblicata da Ulrico Hoepli Editore con il titolo *Elettrodinamica* (a cura di Walter Joffrain) nel 2006.

¹⁹ Max Born, Breslavia 1882 – Gottinga 1970

²⁰ Enrico Persico, Roma 1900 – Roma 1969

²¹ Niels Bohr, Copenaghen 1885 – Copenaghen 1962

²² Giulio Racah, Firenze 1909 – Firenze 1965

²³ Giacomo Morpurgo, Firenze 1927 -

²⁴ Rasetti in *Note e Memorie, Collected papers, Enrico Fermi*, Accademia dei Lincei, University of Chicago Press, 1962

²⁵ Vedi corrispondenza tra Fermi e Persico in (Segrè 1971)

²⁶ Domenico Pacini, Marino (RM) 1878 – Roma 1934

²⁷ Laureto Tieri, Bolognano [PE], 1879 – Firenze 1952

²⁸ Michele Della Corte, Siena 1915 – Firenze 1999

¹⁴ F. Guerra, N. Robotti, *Enrico Fermi: una vita intensa* in (Casalbuoni et al 2019).

¹⁵ Bonanno Bonanni, Carrara, 1906-data unavailable

¹⁶ Paolo Pasca, Rome 1904-data unavailable

¹⁷ A book containing these lectures has been recently published by Firenze University Press (Casalbuoni et al 2019)

¹⁸ The unabridged edition of the typewritten text of these lectures, held in academic year 1924-25, was published by Ulrico Hoepli Editore with the title *Electrodynamics* (edited by Walter Joffrain) in 2006.

¹⁹ Max Born, Breslavia 1882 – Gottingen 1970

²⁰ Enrico Persico, Rome 1900 – Rome 1969

²¹ Niels Bohr, Copenhagen 1885 – Copenhagen 1962

²² Giulio Racah, Florence 1909 – Florence 1965

²³ Giacomo Morpurgo, Florence 1927 -

²⁴ Rasetti in *Note e Memorie, Collected papers, Enrico Fermi*, Accademia dei Lincei, University of Chicago Press, 1962

²⁵ See correspondence between Fermi and Persico in (Segrè 1971)

²⁶ Domenico Pacini, Marino (RM) 1878 – Rome 1934

²⁷ Laureto Tieri Bolognano [PE], 1879 – Florence 1952

²⁸ Michele Della Corte, Siena 1915 – Florence 1999

Roberto Casalbuoni

Enrico Fermi dopo il Nobel: verso Chicago, i suoi studenti e i loro Nobel

After Enrico Fermi's Nobel: Towards Chicago, Fermi's Students and their Nobel Prizes

Dipartimento di Fisica e Astronomia, Università di Firenze
Sezione INFN di Firenze

Riassunto. Viene ricordata la figura di Enrico Fermi, come abbia influenzato profondamente la fisica americana e, tramite i suoi studenti, ne abbia rivoluzionato l'insegnamento. A questo riguardo vengono ricordati i premi Nobel vinti dai suoi studenti di dottorato e di altri che furono da lui ispirati.

Parole chiave. Fermi, Nobel, Fisica, Chicago, Stoccolma.

Introduzione

Fermi è stato un grandissimo fisico del 900 ed è stato anche molto particolare, in quanto ha dato contributi fondamentali sia in fisica teorica che in fisica sperimentale. Infatti, il premio Nobel che gli fu riconosciuto nel 1938 era dovuto alle sue ricerche nella radioattività indotta da neutroni effettuate quando era Pro-

Abstract: We remember the figure of Enrico Fermi, how he greatly influenced American physics and, through his students, revolutionised its teaching. In relation to this, the Nobel prizes won by his PhD students and others who were inspired by him are also remembered.

Keywords: Fermi, Nobel, Physics, Chicago, Stockholm.

Introduction

Fermi was a brilliant 20th century physicist. He was also very special, making fundamental contributions in both theoretical and experimental physics. The Nobel prize he received in 1938 was due to his research into neutron-induced radioactivity, carried out during his time as Professor in Rome. But for many people, especially his students, Fermi was a great teacher. Telegdi, a colleague of Fermi's in Chicago, remembers his outstanding teaching skills with these



fessore a Roma. Ma per molti, in particolare per i suoi studenti, Fermi è stato un grande insegnante. Telegdi, che fu un collega di Fermi a Chicago, ha così ricordato le sue grandi doti di insegnante: *“Si può concepire che qualche altro fisico (o gruppo di fisici) avrebbe potuto raggiungere gli stessi risultati che Fermi raggiunse alla Columbia e a Chicago (includendo la realizzazione della prima reazione a catena), ma pensare che un altro uomo o donna avrebbe potuto avere lo stesso ruolo di Fermi come insegnante (nel più generale senso della parola) sfida i limiti dell’umana immaginazione. Attraverso l’influenza esercitata dai suoi studenti Fermi rivoluzionò l’insegnamento della fisica negli Stati Uniti e, probabilmente, in tutto il mondo occidentale.”*

Lo scopo di questo articolo è appunto quello di ricordare e mettere in luce l’insegnamento di questo grande scienziato, attraverso i ricordi dei suoi studenti e colleghi che derivano da una conferenza per il centenario della sua nascita che si è svolta nel 2001 [Cronin 2004]. Questi ricordi si riferiscono principalmente al periodo di Chicago, ma Fermi svolse una intensa attività didattica anche a Roma e alla Columbia.

Dopo il Premio Nobel conferitogli il 10 Dicembre 1938 a Stoccolma, Fermi fece una breve visita a Bohr a Copenaghen e poi si imbarcò, con la moglie Laura e i figli Nella e Giulio, per New York, dove sbarcò il 2 Gennaio 1939. Fermi aveva ricevuta una offerta dalla Columbia University, dove rimase sino al 1942, quando andò a Chicago.

Nel periodo intercorso tra il Nobel e il suo arrivo a New York, era stata effettuata una scoperta fondamentale da parte di Han e Strassmann, la fissione dell’Ura-

words: “It is conceivable that some other physicist (or group of physicists) could have achieved the same results achieved by Fermi at the Columbia and Chicago (including the realisation of the first chain reaction), but to think that another man or woman could have played the same role as Fermi as a teacher (in the broadest sense of the word) challenges the limits of human imagination. Thanks to the influence exerted by his students, Fermi revolutionised the teaching of physics in the United States and, probably, all over the Western world.”

The aim of this article is to remember and highlight the teachings of this remarkable scientist, through the memories of his students and colleagues taken from a conference to mark the centenary of his birth, held in 2001 [Cronin 2004]. These memories refer mainly to his time in Chicago, but Fermi also carried out an intense teaching activity in Rome and at the Columbia.

After the Nobel Prize awarded to him in Stockholm on the 10th of December 1938, Fermi made a brief visit to Bohr in Copenhagen and then sailed with his wife Laura and their children, Nella and Giulio, to New York, where he disembarked on the 2nd of January 1939. Fermi had received an offer from Columbia University, where he stayed until 1942, when he went to Chicago.

Between winning the Nobel Prize and arriving in New York, a fundamental discovery was made by Han and Strassmann, the fission of Uranium. Fermi was unaware of it until, a few days after his arrival in the States, Bohr also arrived in New York and told him the news. There was another physicist at Columbia, Leo Szilard, of Hungarian origin, who had studied, albeit in abstract form, the possibility of a chain reaction. As soon as Fermi and Szilard spoke with Bohr, they understood that the fission of Uranium could trigger such a reaction and began experimenting with

nio. Fermi rimase all'oscuro di ciò fino a quando, pochi giorni dopo il suo arrivo negli USA, anche Bohr arrivò a New York e comunicò la notizia. Alla Columbia era presente anche Leo Szilard, un fisico di origine ungherese, che si era occupato, sebbene in forma astratta, della possibilità di una reazione a catena. Appena Fermi e Szilard ebbero parlato con Bohr, capirono che la fissione dell'Uranio poteva dar luogo ad una tale reazione ed iniziarono a fare degli esperimenti in merito. Fermi si convinse della possibilità concreta della reazione a catena ed iniziò a progettare la prima pila atomica. Il progetto della pila fu in seguito trasferito a Chicago, dove Fermi lo ultimò. Il 2 Dicembre 1942, la pila iniziò a funzionare: la reazione a catena autosostenuta era realtà e questo segnò l'inizio dell'era atomica. La notizia fu data in codice da Compton (direttore del Dipartimento di Fisica di Chicago) a Conant, presidente del National Defense Research Committee: "Il navigatore italiano è sbarcato nel nuovo mondo". Conant rispose: "I nativi erano amichevoli?" e Compton: "Tutti sono sbarcati salvi e felici.". Lo stesso Dicembre il Presidente Roosevelt autorizzò il ben noto Progetto Manhattan. Fermi si trasferì con la famiglia a Los Alamos, dove rimase fino a dopo la fine della guerra.

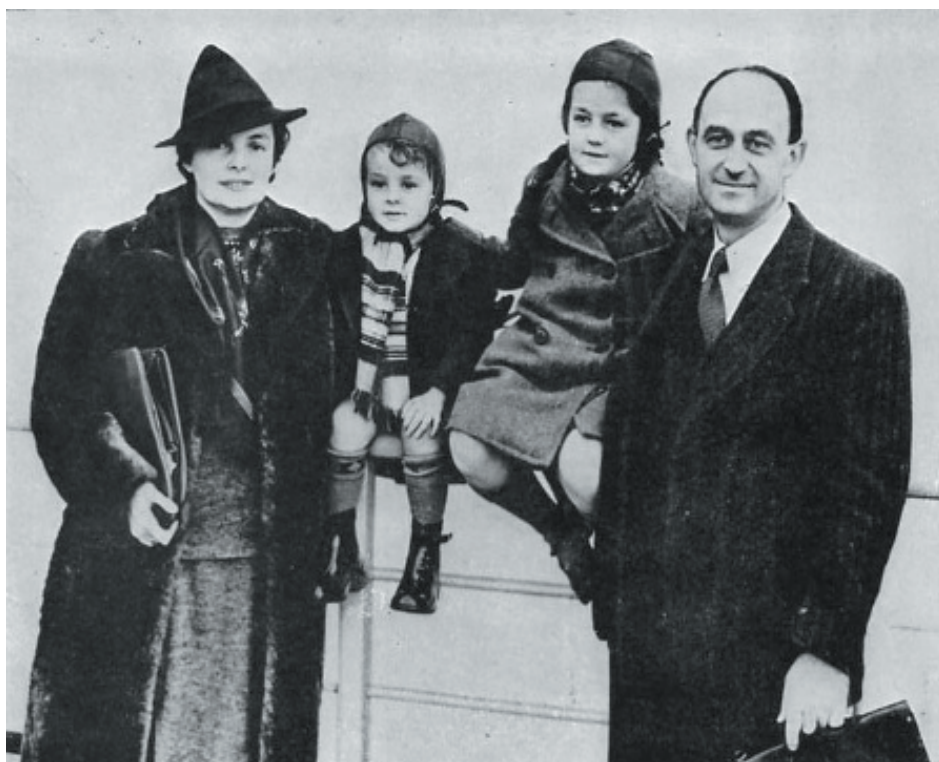


Figura 1. Fermi all'arrivo a New York il 2 Gennaio 1939 insieme alla moglie Laura ed ai figli Nella e Giulio.
 Figure 1. Fermi upon arriving in New York on the 2nd of January 1939, with his wife Laura and their children, Nella and Giulio.

Nel gennaio del 1946 Fermi accettò un posto a Chicago, nell' *Institute for Nuclear Studies* (ora *Fermi Institute*), che era stato istituito appositamente per lui con l'offerta di dirigerlo. Fermi però non ne accettò la direzione perché voleva tornare alle sue ricerche ed all'insegnamento. In particolare, si interessò di particelle elementari, astrofisica e di esperimenti di diffusione di pioni sui nuclei al nuovo acceleratore di Chicago. Si dedicò inoltre all'uso degli elaboratori elettronici per ricerche in fisica.

L'attività di insegnamento

Fermi iniziò l'attività di insegnamento nel 1926 all'Università di Roma, a seguito della sua nomina a Professore Ordinario, grazie alla sua vincita del primo concorso a cattedra di Fisica Teorica in Italia. Nel periodo romano, Fermi fu molto impegnato nella sua attività di ricerca e nella formazione di un gruppo che potesse portare l'Istituto di Fisica di Roma ad assumere un ruolo di primo piano in un ambito internazionale. Probabilmente, a causa di ciò, non sembra che ci siano stati particolari rapporti tra Fermi e gli studenti dei suoi corsi. Per altro, quasi ogni pomeriggio, convocava il suo gruppo, studenti e colleghi, nel suo ufficio, dove teneva una lezione improvvisata. L'argomento era a piacere, potevano essere i presenti o Fermi stesso a sceglierlo. Se aveva bisogno, lo scienziato consultava uno dei suoi libretti di appunti, ma, in genere, non ne aveva bisogno. Partiva dai fatti basilari ed a passo costante procedeva senza esitazioni. Il suo passo poteva essere

it. Fermi was convinced that it was indeed possible to create a chain reaction and began designing the first atomic pile. The pile project was subsequently transferred to Chicago, where Fermi completed it. The pile entered operation on the 2nd of December 1942: the self-sustained chain reaction became a reality, and this marked the beginning of the atomic age. The news was delivered in code by Compton (director of the Physics Department of Chicago) to Conant, president of the National Defense Research Committee: "*The Italian navigator has landed in the New World*". Conant replied: "*Were the natives friendly?*" and Compton came back with: "*Everyone disembarked safe and sound*". That same December, President Roosevelt authorised the famous Manhattan Project. Fermi moved with his family to Los Alamos, where he stayed until the war was over.

In January 1946, Fermi accepted a place in Chicago, at the *Institute for Nuclear Studies* (now the *Fermi Institute*), which had been set up especially for him and for which he had been offered the post of director. Fermi did not accept the office of director, because he wanted to concentrate on his research and teaching. He developed a particular interest in elementary particles, astrophysics and experiments involving the scattering of pions on nucleons at the new accelerator in Chicago. He also worked on the use of computers for physics research.

His teaching activity

Fermi began teaching in 1926, at the University of Rome, following his appointment as Full Professor, after winning the first competition for the chair of Theoretical Physics in Italy.

più o meno lento a seconda della difficoltà dell'argomento. Ma una volta iniziato manteneva costantemente il suo ritmo. Fermi conservò sempre, anche negli anni americani questa abitudine, sempre le stesse caratteristiche, come viene più volte ricordato dai suoi studenti di Chicago nel volume [Cronin 2004].

L'attività di Fermi alla Columbia University andò dall'inverno del 1939 sino alla primavera del 1942, quando si trasferì a Chicago per continuare il progetto della pila atomica. In quel periodo tenne 12 corsi sugli argomenti più vari: Termodinamica, Meccanica Statistica, Meccanica Quantistica e Geofisica.

A Chicago, tenne un numero impressionante di corsi in entrambi i semestri. A partire dai corsi di Fisica Generale per le matricole, passando poi a corsi di Fisica Nucleare, Elettrodinamica, Meccanica Quantistica, Particelle nucleari e Termodinamica. E questo nell'arco di sette anni scarsi: dall'inverno del 1946 fino alla primavera del 1953.

La sua conoscenza di ogni settore della Fisica era impressionante, anche pensando che, praticamente, era un autodidatta. Infatti, aveva imparato in profondità tutta la Fisica Classica già prima di iscriversi alla Scuola Normale di Pisa, e studiando poi Relatività Generale e Meccanica Quantistica, mentre gli altri studenti seguivano i corsi di Fisica Generale.

Fermi era molto attento nei riguardi dei suoi studenti, tanto che, secondo Friedman (suo studente di Dottorato e futuro premio Nobel): *"I suoi studenti erano la sua famiglia allargata."* Questa sua attenzione si manifestò in maniera particolare nel 1946, quando Harold Agnew, uno studente che era stato con lui alla Columbia e poi a Los Alamos, arrivò a Chicago. A quel tempo c'era una scarsi-

During his time in Rome, Fermi worked very hard on his research activity and on the formation of a group that could lead the Institute of Physics in Rome to take on a leading international role. This is probably the reason why there seems to have been no particular relationship between Fermi and the students of his courses. On the other hand, almost every afternoon, he summoned his group, students and colleagues, to his office, where he would hold an impromptu lecture. The topic could be anything, chosen either by those present or by Fermi himself. Sometimes the scientist would consult one of his notebooks, but this was not usually necessary. He started with the basic facts and proceeded steadily without hesitation. His progress either speeded up or slowed down depending on the difficulty of the subject. But once he started, he kept up a steady pace. This was a habit that always characterised Fermi, even when he moved to America, as his students in Chicago reminded several times in the book [Cronin 2004].

Fermi's work at Columbia University lasted from the winter of 1939 until the spring of 1942, when he moved to Chicago to continue working on the atomic pile project. During his time there he held 12 courses on various subjects: Thermodynamics, Statistical Mechanics, Quantum Mechanics and Geophysics.

In Chicago, he taught an impressive number of classes in both semesters. Starting with General Physics for freshmen, then moving on to Nuclear Physics, Electrodynamics, Quantum Mechanics, Nuclear Particles and Thermodynamics. This was over in a period of seven years: from the winter of 1946 to the spring of 1953.

tà di alloggi e Fermi si offrì di ospitarlo, insieme alla moglie e alla figlia piccola, nella sua casa. L'abitazione di Fermi era alquanto spaziosa ed inoltre, sua moglie Laura era in procinto di partire per l'Italia in visita alle sorelle. Agnew rimase nella casa di Fermi per circa tre mesi e ricorda quel periodo con le seguenti parole: *“Essere parte della sua famiglia per tre mesi fu una esperienza meravigliosa. Fermi preferiva cibo non piccante e diluiva sempre il vino rosso che bevevamo a cena con dell'acqua.”*

Fermi amava la vita sociale e, spesso, organizzava delle serate a casa sua, dove invitava sia colleghi che studenti. Preparava giochi di società ed inoltre si ballava. Lui era particolarmente appassionato della *“square dance”*¹ che aveva imparato dopo averne osservato a lungo i movimenti.

Il grande fisico teneva molto a che i suoi studenti capissero a fondo gli argomenti che insegnava. Se, durante una lezione, uno studente chiedeva maggiori spiegazioni o gli chiedeva di ripetere un argomento, lui era sempre disponibile e felice di accontentare la richiesta. Sempre secondo Friedman: *“Fermi era molto sollecito affinché i suoi studenti capissero la fisica. Con pazienza e buon umore era invariabilmente disposto a spiegare ogni aspetto della fisica che fosse sfuggito alla loro comprensione ed era prontamente disponibile. Mi ricordo che, quando la porta del suo ufficio era aperta, il che succedeva spesso, si poteva sempre entrare per vederlo.”* E poi Friedman continua: *“Le sue presentazioni erano il massimo in termini di chiarezza e il suo leggendario approccio fisico che demistificava i problemi dava spesso l'impressione agli studenti che i risultati fossero ovvi. Ma, in effetti, non erano assolutamente così ovvi, quando cercavamo di riprodurli da soli, per-*

He had an impressive knowledge of every field of Physics, especially when one considers that he was practically self-taught. He had already learned everything there was to know about Classical Physics before enrolling at the Scuola Normale in Pisa, and then studying General Relativity and Quantum Mechanics, while the other students attended General Physics courses.

Fermi was very attentive to his students, so much so that, according to Friedman (his PhD student and future Nobel Prize winner): *“His students were his extended family.”* This attention became particularly evident in 1946, when Harold Agnew, a student who had been with him at Columbia and then in Los Alamos, arrived in Chicago. There was a shortage of housing at the time, so Fermi welcomed him, along with his wife and young daughter, into his home. Fermi's house was rather large, and his wife Laura was about to leave for Italy to visit her sisters. Agnew stayed with Fermi for about three months and remembers that time with the following words: *“Being part of his family for three months was a wonderful experience. Fermi wasn't a fan of spicy food and always diluted the red wine we drank at dinner with water.”*

Fermi had a busy social life and often organised evenings at his home, inviting both colleagues and students. He prepared boardgames and everyone would dance. He was particularly fond of square dancing¹ which he had learned simply by watching other dancers carefully.

The great physicist was anxious for his students to fully understand the subjects he taught. If a student asked for more detailed explanations during a lecture or asked him to repeat something, he was always willing and happy to help. Again, according to Friedman: *“Fermi worked very hard to ensure that his students understood physics. With patience and good humour, he*

ché non avevamo il potente intuito fisico di Fermi e la sua capacità di semplificare problemi complessi. Tuttavia, tutti cercavamo di emulare l'approccio di Fermi alla risoluzione dei problemi."

Come abbiamo già osservato, Fermi procedeva a ritmo costante nelle sue spiegazioni, velocemente per argomenti facili e più lentamente per argomenti difficili. A questo proposito possiamo citare un aneddoto raccontato da Luis Alvarez, un fisico sperimentale di Berkeley che ottenne il Nobel nel 1968. In una occasione in cui Fermi stava visitando l'Università di Berkeley, durante il pranzo, chiese ai commensali se ricordassero una certa formula sui raggi X. Nessuno la ricordava e Alvarez si dichiarò disponibile ad andare a cercare un libro in cui trovarla. Ma Fermi disse che non importava perché era in grado di riprodurla. Così davanti ad una lavagna, sempre a passo costante, derivò la formula. La sera, Alvarez provò lui stesso a riprodurre la formula e vide che nei passaggi facili poteva procedere molto più speditamente di quanto non avesse fatto lo scienziato italiano, ma nei passaggi più complicati si rese conto che non sarebbe riuscito ad andare avanti se non avesse seguito la spiegazione che Fermi aveva dato. In effetti Fermi era in grado di riprodurre qualunque argomento importante di fisica senza far ricorso ai libri di testo. A testimonianza di ciò quando, dopo la sua morte, furono raccolti per l'archiviazione i documenti presenti nel suo ufficio, furono trovati solo tre libri di testo. Un altro aneddoto raccontato da Goldberg (un altro suo studente di dottorato) su questo stesso stile, riguarda la sua richiesta a Fermi di spiegargli il "teorema adiabatico", un argomento alquanto esoterico sul quale il grande fisico aveva lavorato una ventina di anni prima. Fermi andò alla lavagna e dette la

was invariably willing to explain every aspect of physics that had escaped their understanding and was always available. I remember that, when his office door was open, which was often the case, you could always go in to see him." Friedman continues: "His presentations were flawless in terms of clarity and his legendary physical approach, which demystified problems, often gave students the impression that the results were obvious. Nothing could have been further from the truth. They were anything but obvious when we tried to reproduce them alone, because we didn't have Fermi's powerful physical intuition and his ability to simplify complex problems. Nevertheless, we all tried to emulate Fermi's approach to problem-solving."

As we have already seen, Fermi proceeded with his explanations at a steady pace, fast for easy topics and slower for those that were more complex. On this point, we can mention an anecdote from Luis Alvarez, an experimental physicist from Berkeley who won the Nobel Prize in 1968. On one occasion, when Fermi was visiting Berkeley University during lunch, he asked those who were eating if they remembered a certain formula in relation to X-rays. No one could remember it and Alvarez declared himself willing to go and look for a book in which to find it. But Fermi said it didn't matter because he was able to reproduce it. So, in front of a blackboard, at his usually a steady pace, he worked out the formula. That evening, Alvarez tried to reproduce the formula himself and saw that he was able to complete the easy steps much quicker than the Italian scientist had done. As far as the more complicated stages were concerned, however, he realised that he would have been unable to continue without following Fermi's explanation. Fermi had the ability to reproduce any important physics-relat-

dimostrazione del teorema con una brillante esposizione di circa mezz'ora. Successivamente Goldberg trovò l'articolo originale di Fermi e scoprì con sorpresa che la dimostrazione che Fermi aveva fatto alla lavagna ripeteva linea per linea il contenuto dell'articolo.

L'attrazione che Fermi esercitava rese il Dipartimento di Fisica di Chicago il miglior Dipartimento di tutti gli Stati Uniti se non di tutto il mondo. Gli studenti di fisica più bravi cercavano di andare a Chicago per studiare con Fermi. Inoltre, importanti fisici di tutto il mondo andavano a Chicago per poter parlare con il grande fisico. Negli anni 50 l'Istituto di Fisica Nucleare contava ben 34 fisici senior. A più riprese avevano fatto parte dell'Istituto personalità come Chandrasekhar, premio Nobel nel 1983, Mayer e sua moglie Maria Goppert-Mayer, premio Nobel nel 1963, Mulliken, Simpson, Teller, Urey, Nobel nel 1934, Gell-Mann, premio Nobel nel 1969, Zachariasen e Wentzel.

Anche a Chicago Fermi tenne un numero impressionante di corsi. Dalla sessione invernale del 1946 sino alla sessione primaverile del 1953², tenne ben 23 corsi a partire dalla Struttura Nucleare fino alle Particelle Nucleari, passando attraverso l'Elettrodinamica, la Meccanica Quantistica, la Termodinamica, la Fisica Matematica e, ancora, Problemi Particolari in Fisica, Ricerca in Fisica per finire con la Fisica Generale. Come si vede, l'amore di Fermi per l'insegnamento era tale da non disdegnare i corsi del primo anno di Fisica, quale la Fisica Generale.

Ebbe una quindicina di studenti di Dottorato, tra cui 4 Premi Nobel: Steinberger, Chamberlain, Lee e Friedman. Altri due studenti che non ebbero Fermi come relatore, ma che seguirono i suoi corsi e che da lui furono ispirati, conseguirono

ed subject without resorting to textbooks. For instance, when Fermi died and the documents in his office were collected for archiving, only three textbooks were found. Another, similar, anecdote reported by Goldberg (another of Fermi's PhD students) concerns his asking Fermi to explain the "adiabatic theorem", a rather esoteric subject on which the great physicist had worked about twenty years earlier. Fermi went to the blackboard and demonstrated the theorem with a brilliant 30-minute explanation. Goldberg later found Fermi's original article and discovered, to his surprise, that Fermi's demonstration on the blackboard repeated the content of the article line by line.

The attraction that Fermi exercised made the Chicago Physics Department the finest department in the United States if not the whole world. The best physics students tried to go to Chicago to study with Fermi. And important physicists from all over the world went to Chicago so that they could talk to the great physicist. In the 1950s, the Institute of Nuclear Physics had 34 senior physicists. On several occasions, personalities such as Chandrasekhar, Nobel Prize winner in 1983, Mayer and his wife Maria Goppert-Mayer, Nobel Prize winner in 1963, Mulliken, Simpson, Teller and Urey, Nobel Prizes winner in 1934, Gell-Mann, Nobel Prize winners in 1969, Zachariasen and Wentzel were members of the Institute at some time.

Fermi held an impressive number of courses in Chicago too. From the winter session of 1946 until the spring session of 1953², he held 23 courses ranging from Nuclear Structure to Nuclear Particles, via Electrodynamics, Quantum Mechanics, Thermodynamics and Mathematical Physics, as well as Particle Problems in Physics, Research in Physics and, last but not least,

il Nobel: Yang e Cronin. Altri ebbero posizioni di rilievo nella fisica americana e Goldberg e Garwin furono consiglieri scientifici del governo americano.

Fermi fu sempre molto generoso e comprensivo nei confronti dei suoi studenti. Per esempio, accolse Steinberger come studente di dottorato nonostante avesse fallito l'esame di qualificazione, che superò poi in un secondo tempo. Accolse anche T.D.Lee, che proveniva dalla Cina e che aveva seguito solo due anni di corso di laurea in Fisica e ancora non aveva completato il ciclo di studi.

Ma Fermi voleva anche che i suoi studenti, da un certo punto in poi, crescessero in maniera autonoma, in particolare a livello della tesi di dottorato. A questo riguardo c'è un interessante ricordo di Steinberger: *“Il fatto più interessante di Fermi come relatore della tesi di dottorato è che...mi ha lasciato fare le mie cose, senza partecipare o suggerire il progetto. Mi ha aiutato a fare le cose, come trovare i macchinisti per costruire i contatori Geiger e un camion con un giovane per guidarlo (io non sapevo guidare) per portare l'esperimento sulla cima di una montagna in Colorado.”*

Fermi non era solo gentile e premuroso verso gli studenti ma aveva atteggiamenti analoghi nei confronti dei colleghi verso i quali era prodigo di consigli e suggerimenti. È noto che verso la fine del 1949, parlando con Maria Goppert-Mayer, che stava studiando il modello a shell per i nuclei ed aveva difficoltà a far accordare la teoria con i dati sperimentali, le suggerì di introdurre l'interazione spin-orbita tra le particelle che compongono il nucleo. Questa interazione tiene conto degli effetti del moto di spin delle particelle con il loro moto orbitale. La Goppert-Mayer realizzò immediatamente che questo avrebbe risolto i suoi problemi. L'articolo che

General Physics. As one can see, Fermi's love for teaching was so great that he was even willing to teach the courses of the first year of Physics, such as General Physics.

He had about fifteen PhD students, including four Nobel Prize winners: Steinberger, Chamberlain, Lee and Friedman. Two other students who did not have Fermi as advisor, but who followed his courses and were inspired by him, also won the Nobel Prize: Yang and Cronin. Others held important positions in American physics and Goldberg and Garwin were scientific advisors to the American government.

Fermi was always very generous and understanding towards his students. For example, he accepted Steinberger as a PhD student despite the fact that he had failed the qualifying examination, which he later passed. He also accepted T.D. Lee, who came from China and who had followed only two years of his Physics degree course and had not yet completed his studies.

But Fermi also wanted his students, from a certain point onwards, to grow up independently, particularly when it came to their PhD dissertations. Steinberger has an interesting memory of this: *“The most interesting thing about Fermi as PhD thesis supervisor is that...he let me do my own thing, without participating or suggesting the project. He helped me do things like finding the machinists to build the Geiger counters and a truck with a young driver (I didn't know how to drive) to take the experiment to the top of a mountain in Colorado.”*

Not only was Fermi kind and caring towards his students, he had similar attitudes towards his colleagues, offering them a wealth of advice and suggestions. We know that, towards the end of 1949, speaking with Maria Goppert-Mayer, who was studying the shell model for nu-

lei scrisse sull'argomento le fruttò il premio Nobel. La Goppert-Mayer insistette molto con Fermi perché firmasse l'articolo congiuntamente con lei. Fermi declinò l'invito in quanto, data la sua reputazione, con molta probabilità il merito dell'articolo sarebbe stato attribuito completamente a lui. La Goppert-Mayer lo ringraziò anche nel discorso che tenne per la cerimonia di conferimento del Nobel. Un altro episodio interessante, raccontato da un altro studente di Fermi, Richard Garwin, riguarda Frederick Reines che nel 1950 domandò a Fermi se, visti i numerosi test atomici, non fosse il caso di mettere un rivelatore immediatamente sottoterra per rivelare sperimentalmente i neutrini, che ancora non erano stati rivelati. Fermi osservò che meglio di una bomba atomica, che brucia circa un chilo di Uranio, sarebbe stato meglio usare un reattore nucleare che brucia diversi chili di Uranio al giorno. Cowan e Reines rivelarono per la prima volta i neutrini nel 1956 al reattore nucleare di Savannah River ed ottennero il premio Nobel nel 1995.

Fermi ed i Premi Nobel

In questa Sezione daremo un breve profilo degli studenti di Fermi vincitori di un premio Nobel e di quelli che pur non essendo stati suoi studenti hanno seguito i suoi corsi e ne sono stati ispirati:

Emilio Gino Segré (1905-1989) era uno studente di Ingegneria a Roma, quando fu reclutato da Corbino per far parte del gruppo di Fermi, di cui fu il primo

clei and was having difficulty in matching the theory with the experimental data, he suggested that she introduce the spin-orbit interaction between the particles that make up the nucleus. This interaction considers the effects of the spin motion of the particles with their orbital motion. Goppert-Mayer immediately realised that this would solve her problems. The article she wrote on the subject earned her the Nobel Prize. Goppert-Mayer insisted that Fermi sign the article together with her. Fermi declined the invitation because, given his reputation, it was highly likely that he would be given all the credit for the article. Goppert-Mayer also thanked him during her speech at the Nobel Prize ceremony. Another interesting episode, recounted by another of Fermi's students, Richard Garwin, concerns Frederick Reines who, in 1950, asked Fermi if, given the numerous atomic tests that had been carried out, whether it would not be appropriate to put a detector immediately underground to experimentally discover neutrinos, which had not yet been discovered. Fermi pointed out that, rather than an atomic bomb, which burns about a kilo of Uranium, it would be better to use a nuclear reactor, which burns several kilos of Uranium per day. Cowan and Reines discovered neutrinos in 1956 at the Savannah River nuclear reactor and were awarded the Nobel Prize in 1995.

Fermi and the Nobel Prizes

In this section, we are going to present a short profile of Fermi's Nobel Prize-winning students and of those who, despite not being his students, followed his courses and were inspired by him:



Figura 2. Fermi e Maria Goppert-Mayer.
Figure 2. Fermi and Maria Goppert-Mayer.

Emilio Gino Segré (1905-1989) was an engineering student in Rome when he was recruited by Corbino to join the Fermi group, of which he was the first student. He was visiting Berkeley in 1938 when the racial laws were issued and decided not to return to Italy, remaining at that University until his death. In 1959, he was awarded the Nobel Prize, jointly with Chamberlain, for the discovery of the antiproton made in 1955.

Owen Chamberlain (1920 – 2006) He began his studies in Physics at the University of California but interrupted them in 1942 to join the Manhattan Project where he worked under the direction of Segré. He resumed his studies in Chicago in 1946, with Fermi as supervisor. Chamberlain remembers his first meeting with Fermi like this: *“My first meeting with Fermi was remarkably understated. I was looking for Segré and found him in a small shop... As I turned to leave, Segré said, “Oh, Chamberlain, I’d like you to meet Fermi.” My jaw dropped. I knew what a Nobel Prize winner looked like and Ernest Lawrence fit the role perfectly: big, with a voice that echoed around the room. And here was this little man sitting motionless in the corner”* He won the Nobel Prize with Segré for the discovery of the antiproton.

Hans Jakob Steinberger (1921) was born in Bad Kissingen in Bavaria, but left Germany at the age of 13, following growing anti-Semitism. He studied with Fermi and remembered that time like this: *“There was a wonderful atmosphere at the University of Chicago among both professors and students. The professors to whom I owe my greatest gratitude are Enrico Fer-*

studente. Nel 1938, quando furono emanate le leggi razziali, era in visita a Berkeley, decise di non tornare in Italia e rimase in quella Università sino alla sua morte. Nel 1959 ottenne il premio Nobel, congiuntamente con Chamberlain, per la scoperta dell'antiprotone fatta nel 1955.

Owen Chamberlain (1920-2006) iniziò gli studi in Fisica all'Università di California, ma li interruppe nel 1942 per far parte del Progetto Manhattan dove lavorò sotto la direzione di Segré. Nel 1946 riprese gli studi a Chicago con Fermi come supervisore. Così Chamberlain ricorda il suo primo incontro con Fermi: *“Il mio primo incontro con Fermi fu notevole per il suo basso tono. Stavo cercando Segré e lo trovai in un piccolo negozio...Mentre mi voltavo per andarmene Segré disse: “Oh, Chamberlain, voglio che tu incontri Fermi.” La mia bocca si spalancò. Sapevo che aspetto aveva un vincitore del Premio Nobel ed Ernest Lawrence si adattava perfettamente al ruolo: grande, con una voce che echeggiava nella stanza. E qui era questo piccolo uomo seduto immobile nell'angolo...”* Ha vinto il Nobel con Segré per la scoperta dell'antiprotone.

Hans Jakob Steinberger (1921) nacque a Bad Kissingen in Baviera, ma lasciò la Germania all'età di 13 anni, in seguito al crescente antisemitismo. Studiò con Fermi e ricordò così quel periodo: *“All'Università di Chicago c'era un'atmosfera*



Figura 3. Da sinistra a destra, Emilio Gino Segré e Owen Chamberlain, scopritori dell'antiprotone.
Figure 3. Left to right, Emilio Gino Segré and Owen Chamberlain, who discovered the antiproton.



Figure 4. “Jack” Steinberger, Nobel nel 1988 per la scoperta del neutrino muonico.

Figure 4. “Jack” Steinberger, Nobel Prize winner in 1988 for the discovery of the muon neutrino.

mi, William Zachariasen, Edward Teller and Gregor Wentzel. Fermi’s courses were jewels of simplicity and clarity: he made an enormous effort to help us become good physicists, going beyond the work we did in the classroom, organising evening discussions on a wide range of subjects and showing us how to solve problems.” He won the Nobel Prize in 1988 for the discovery of the muonic neutrino.

Jerome Isaac Friedman (1930) was Fermi’s last PhD student. He joined the Chicago Physics Department in 1950 and began his PhD with Fermi in 1953. When Fermi died in 1954, his PhD dissertation was signed by John Marshall, one of Fermi’s assistants. Friedman recalled Fermi’s return from his visit to Italy following his illness: “Chandrasekhar and Herb Anderson were the first to visit Fermi in the hospital and were initially lost for words. Fermi realised this and put them at ease asking: “So Chandra, when I die will I come back as an elephant?”. Friedman won the Nobel Prize in 1990 for his experiments with electron scattering on protons, which confirmed the quark model.

Tsung-Dao Lee (1926) was born in Shanghai, China, where he studied until the second year of his degree course in Physics. He received a Chinese scholarship to continue his studies in the United States. He was one of Fermi’s PhD students in Chicago. He won the Nobel Prize in 1957 for the fundamental discovery of the violation of parity in weak interactions. He shared the Nobel Prize with “Frank” Yang. According to Lee: “*The relationship between*



Figura 5. Jerome Isaac Friedman, Nobel Prize winner in 1990 for scattering experiments of electrons on protons.
 Figure 5. Jerome Isaac Friedman, Nobel Prize winner in 1990 for scattering experiments of electrons on protons.

meravigliosa sia tra i professori che tra gli studenti. I professori a cui devo la mia più grande gratitudine sono Enrico Fermi, William Zachariasen, Edward Teller e Gregor Wentzel. I corsi di Fermi erano gemme di semplicità e chiarezza: lui faceva un grande sforzo per aiutarci a diventare buoni fisici anche al di là del lavoro fatto in classe, organizzando discussioni serali su una grande varietà di argomenti e mostrandoci come risolvere i problemi.” Ottenne il premio Nobel nel 1988 per la scoperta del neutrino muonico.

Fermi and his students was very personal. I saw him regularly, about once a week. We used to have lunch together, often with the other students. Afterwards, Fermi and I would spend the whole afternoon talking.”

Chen Ning Yang (1922) was born in Hofei, China, where he studied physics until he graduated. In January 1946, he moved to Chicago on a scholarship from Tsinghua University, lured by Fermi's fame. He received his PhD under Teller's supervision but was also close to Fermi during his career. Yang has described Fermi like this: *“Enrico Fermi was one of the most respected and admired of all the great 20th century physicists. He was respected and admired for his contribution to both theoretical and experimental physics, for his leadership in discovering a powerful new source of energy for humanity and, above all, for his personality: he was always reliable and trustworthy. He had both feet firmly on the ground all the time. He possessed great strength but didn't impose it. He didn't like to show off... I always think that he embodied the perfect Confucian gentleman.”* He won the Nobel Prize with T.D. Lee for his discovery of the violation of parity in weak interactions.

James Watson Cronin (1931 – 2016) Born in Chicago, he studied at Southern Methodist University. He came to the University of Chicago in 1951. His teachers were Fermi, Goppert-Mayer, Teller and Wentzel, Telegdi, Goldberger and Gell-Mann. The supervisor of his PhD dissertation was Anderson, a former student of Fermi. He was the organiser of the conference held in

Jerome Isaac Friedman (1930) è stato l'ultimo studente di dottorato di Fermi. Entrò nel Dipartimento di Fisica di Chicago nel 1950, nel 1953 iniziò il periodo di dottorato con Fermi ma, dato che Fermi morì nel 1954, la sua tesi di dottorato fu firmata da John Marshall, un assistente di Fermi. Friedman ha ricordato il ritorno di Fermi dalla sua visita in Italia a seguito della sua malattia: “*Chandrasekhar e Herb Anderson furono i primi a visitare Fermi in ospedale e all'inizio non trovavano parole, Fermi se ne rese conto e li mise a loro agio chiedendo: “Dimmi Chandra, quando morirò tornerò indietro come un elefante?”*”. Friedman ha vinto il premio Nobel nel 1990 per i suoi esperimenti di diffusione di elettroni su protoni che sono serviti a confermare il modello a quark.

Tsung-Dao Lee (1926) è nato a Shanghai, in Cina, dove ha studiato sino al secondo anno del corso di laurea in Fisica. Ha ricevuto una borsa di studio cinese per continuare i suoi studi negli Stati Uniti. A Chicago è stato studente di dottorato di Fermi. Ha vinto il Nobel nel 1957 per la fondamentale scoperta della violazione della parità nelle interazioni deboli. Nobel condiviso con “Franck” Yang. Secondo Lee: “*La relazione tra Fermi e i suoi studenti era molto personale. Io lo vedevo regolarmente, circa una volta a settimana. Usualmente pranzavamo assieme, spesso anche con gli altri studenti. Dopo, io e Fermi passavamo l'intero pomeriggio discutendo.*”

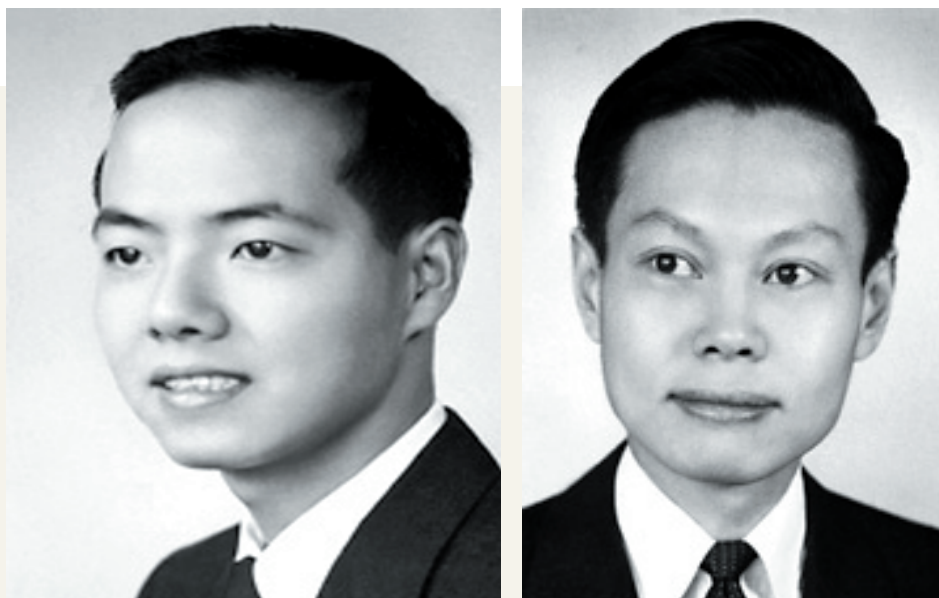


Figura 6. Da sinistra a destra, T.D. Lee and F. Yang. Premi Nobel nel 1957 per la scoperta della violazione della parità nelle interazioni deboli.

Figure 6. Left to right, T.D. Lee and F. Yang. Nobel Prize winners in 1957 for the discovery of the violation of parity in weak interactions.

Chen Ning Yang (1922) è nato a Hofei, in Cina, dove ha fatto i suoi studi in fisica fino alla laurea. Nel Gennaio del 1946 si è trasferito a Chicago con una borsa di studio della Università di Tsinghua, attirato dalla fama di Fermi. Ha conseguito il dottorato sotto la supervisione di Teller, ma è stato vicino a Fermi anche nel seguito della sua carriera. Yang ha così descritto Fermi: *“Enrico Fermi fu, tra tutti i grandi fisici del ventesimo secolo, tra i più rispettati e ammirati. Era rispettato e ammirato per il suo contributo alla fisica sia teorica che sperimentale, per la sua leadership nello scoprire per l’umanità una nuova potente fonte di energia e, soprattutto, per il suo carattere personale: era sempre affidabile e degno di fiducia. Aveva entrambi i piedi per terra tutto il tempo. Aveva una grande forza, ma non la faceva pesare. Non amava mettersi in mostra... Ha esemplificato, credo sempre, il perfetto gentiluomo confuciano.”* Ha vinto il Nobel con T.D. Lee per la scoperta della violazione della parità nelle interazioni deboli.

James Watson Cronin (1931-2016) Nato a Chicago, ha studiato alla Southern Methodist University. È entrato alla Università di Chicago nel 1951. Suoi insegnanti furono Fermi, la Goppert-Mayer, Teller e Wentzel, Telegdi, Goldberger e Gell-Mann. Il supervisore della sua tesi di dottorato è stato Anderson, un ex studente di Fermi. È stato l’organizzatore della conferenza tenuta a Chicago nel 2001 per onorare il centenario della nascita di Fermi. Il suo ricordo di Fermi insegnante: *“Sono arrivato all’Università di Chicago per gli studi universitari nel 1951, e sono stato molto fortunato a frequentare molte lezioni tenute da Enrico Fermi. Fermi era davvero un grande insegnante, ma aveva anche un modo per assicurarsi che si*

Chicago in 2001 to honour the centenary of Fermi’s birth. His memory of Fermi as a teacher: *“I came to the University of Chicago to study in 1951 and was fortunate enough to be able to attend numerous lectures given by Enrico Fermi. Fermi was a really great teacher and he had a way of making sure that you understood what he was saying. At the end of each lecture, he would orally assign us problem that we had to solve and hand in at the next lecture. They were then carefully assessed by a PhD student.”* Cronin won the Nobel Prize in 1980 for the discovery of the violation of CP symmetry (conjugation of charge and parity) in the decay of K mesons.

Conclusions

Fermi had a huge influence on physics, both from a scientific point of view and in terms of teaching. Sociologist Harriet Zuckerman, who has studied the influence had by Nobel prize-winning Americans on future winners, has come to the conclusion that, in this sense, Fermi represents a unique case in the United States, and possibly even worldwide.

We want to close with a memory of the last days of Fermi’s life by Gell-Mann. When the great physicist was dying in hospital in Chicago, Gell-Mann and Yang went to visit him and Gell-Mann remembers: *“While Yang and I were at his bedside, Enrico urged us not to be too sad and said: “It’s not so bad”. A few years ago, Frank [Yang] reminded me of Enrico’s words to us as we left him, never to see him again:”*

Now it is up to you.

capisse la lezione. Alla fine di ogni lezione, assegnava oralmente un problema che doveva essere risolto e consegnato alla lezione successiva. Questi erano poi attentamente valutati da uno studente di dottorato.” Cronin ha vinto il premio Nobel nel 1980 per la scoperta della violazione della simmetria CP (coniugazione di carica e parità) nel decadimento dei mesoni K.

Conclusioni

L'influenza di Fermi nella fisica è stata enorme, sia dal punto di vista scientifico che di insegnamento della fisica. La sociologa Harriet Zuckerman, che ha studiato l'influenza che gli americani vincitori del premio Nobel hanno esercitato sui futuri vincitori, è arrivata alla conclusione che Fermi rappresenta, in questo rispetto, un caso unico negli Stati Uniti, ma forse in tutto il mondo.

Vogliamo chiudere con un ricordo di Gell-Mann degli ultimi giorni di vita di Fermi. Quando il grande fisico era ormai morente in ospedale a Chicago, Gell-Mann e Yang si recarono a visitarlo e Gell-Mann ricorda: *“Mentre io e Yang eravamo al lato del suo letto, Enrico ci esortava a non essere troppo tristi e ci diceva: “Non è così brutto.” Frank [Yang] mi ha ricordato alcuni anni fa delle parole che Enrico ci disse mentre lo lasciavamo, per non rivederlo mai più.”*

Now it is up to you.



Figura 7. James Watson Cronin, Nobel nel 1980 per la scoperta della violazione di CP nel decadimento dei mesoni K.

Figure 7. James Watson Cronin, Nobel Prize winner in 1980, for the discovery of the violation of CP in the decay of K mesons.

Roberto Casalbuoni è professore emerito di Fisica Teorica presso l'Università di Firenze. Ha svolto numerosi incarichi di direzione nell'INFN e nell'Università di Firenze.

I suoi interessi di ricerca sono nella Fisica delle Particelle Elementari. Ha collaborato con numerose istituzioni straniere, quali il CERN di Ginevra, il Laboratorio DESY di Amburgo, la Johns Hopkins Università di Baltimora e l'Università di Ginevra.

Il presente articolo deriva da una conferenza tenuta presso l'Istituto di Cultura Italiana a Stoccolma il 5 Dicembre 2019, con il titolo: "*After Fermi's Nobel: Towards Chicago, Fermi's Students and their Nobel Prizes*". Le fonti su cui si basa sono: [Cronin 2004], [Maltese 2003] e [Schwartz 2017]

Bibliografia

[Cronin 2004] "Fermi Remembered", edited by J.W. Cronin, The Chicago University Press, Chicago 2004.

[Maltese 2003] "Enrico Fermi in America", G. Maltese, Zanichelli, Bologna 2003.

[Schwartz 2017] "Enrico Fermi. L'ultimo uomo che sapeva tutto", D. Schwartz, Solferino, Milano 2018.

Roberto Casalbuoni is Professor Emeritus of Theoretical Physics at the University of Florence. He has held numerous senior posts at the INFN and the University of Florence.

His research focuses on Elementary Particle Physics. He has worked with numerous foreign institutions, such as the CERN in Geneva, the DESY Laboratory in Hamburg, the Johns Hopkins University of Baltimore and the University of Geneva.

This article is taken from a conference held at the Institute of Italian Culture in Stockholm on 5 December 2019, entitled: "*After Fermi's Nobel: Towards Chicago, Fermi's Students and their Nobel Prizes*".

The sources are [Cronin 2004], [Maltese 2003] and [Schwartz 2017]

Bibliography

[Cronin 2004] "Fermi Remembered", edited by J.W. Cronin, The Chicago University Press, Chicago 2004.

[Maltese 2003] "Enrico Fermi in America", G. Maltese, Zanichelli, Bologna 2003.

[Schwartz 2017] "Enrico Fermi. L'ultimo uomo che sapeva tutto", D. Schwartz, Solferino, Milan 2018.

Note

¹ Nella square dance quattro coppie si dispongono sui quattro lati di un quadrato ideale ed eseguono dei passi di danza comandato da un maestro delle danze.

² Nel 1954, ultimo anno della sua vita, andò in congedo.

Notes

¹ In the square dance, four couples stand on four sides of an ideal square and perform dance steps to the instructions of a dance master.

² He took leave in 1954, the last year of his life.

Karl Grandin

Il Premio Nobel a Enrico Fermi

The Nobel Prize to Enrico Fermi

Center for History of Science, Royal Swedish Academy of Sciences, Stoccolma

The logo for 'Il Colle di Galileo' features a circular, textured, light-colored emblem on a dark brown background. Below the emblem, the text 'Il Colle di Galileo' is written in a white, serif font.

Il Colle di
Galileo

Riassunto. Si analizza il modo in cui Enrico Fermi è stato valutato per il Premio Nobel nel periodo 1935-1938.

Parole chiave. Enrico Fermi, Premio Nobel.

Nell'annuario della Società svedese di Fisica, *Kosmos*, per il 1938, il Premio Nobel di Fermi ha ricevuto una breve presentazione. Nello stesso volume è stato presentato anche un lungo articolo sulle nuove particelle elementari e sul loro ruolo nella ricerca nella fisica nucleare moderna. La presentazione del lavoro dell'italiano si è conclusa con queste parole: "Con la sua scoperta dell'utilità dei neutroni lenti nella conversione degli elementi, Fermi ha fornito alla ricerca un mezzo particolarmente efficace per ottenere delle reazioni nucleari, cosa che indubbiamente avrà un grande impatto pratico".¹ Il riconoscimento ha anche facilitato la fuga della famiglia Fermi dalla crescente soppressione razziale nell'Italia fascista verso il suo futuro lavoro di fama mondiale negli Stati Uniti, culminato con la prima reazione di fissione controllata, avvenuta nel dicembre 1942. La consegna del Premio Nobel per la Fisica a Enrico Fermi nel 1938 è quindi un elemento cruciale nella storia della fisica del XX secolo.²

Summary: This paper investigates how Enrico Fermi was evaluated for a Nobel Prize during the period 1935–1938.

Keywords: Enrico Fermi, Nobel Prize.

In the Swedish Physical Society's yearbook, *Kosmos*, for 1938, Fermi's Nobel Prize was given a brief presentation. A lengthy paper on new elementary particles and their role in modern nuclear physics research was also presented in the same volume. The presentation of the Italian's work concluded with "With his discovery of the utility of slow neutrons in conversion of the elements, Fermi has provided research with a particularly effective means of achieving nuclear reactions, something that undoubtedly will have great practical significance."¹ The award also facilitated the Fermi family's escape from increasing racial suppression in fascist Italy to his future world-famous work in the USA, culminating in the first controlled fission, which took

Ridstövlar
i svart boxval från 38:-
SKOSTRÖM
Husum 1845-1920



SVENSKA DAGBLADET

Söndagen den 11 December 1938

Vigt och föreläsning
A.-K. FÖRELÄSNINGAR
K. Anderson
Orator

MEMELTYSKANNA KRÄVA ANSCHLUSS.

Notariaten jublerar:

Stora Jula
Notariatsförening
med Föreningsskatt



Notariatsföreningens medlemmar jublar över den stora framgången som har gjorts vid den senaste årsberättelsen. Detta beror på att föreningen har lyckats med att förbättra sin ekonomiska ställning och samtidigt ha varit verksam för medlemmarnas bästa.

**NOBEL ÖNSKADE SIG
BANKER I OXVAGNAR**
Deposition till år 2003
längsta förvaltningsuppdraget.

Ropen i Rom rubba icke franska väldets fasthet, Mussolini som islams riddare.

Av förre understatssekreteraren
i franska utrikesdepartementet
FRANÇOIS DE TESSANT.

Under den europeiska kris, som till
bakom ärostatssekreteraren i München,
och Frankrike. Det som kännetecknar
dessa handlingar är deras uttryckande
och tydliga. För de som vilja förstå
krisen i Europa, är det nödvändigt
att förstå dessa handlingar.

Ärekränkning i radning.

(Forts. från föregående sida.)
FRANÇOIS DE TESSANT fortsätter sin
analys av den franska situationen och
den roll som Frankrike spelar i den
europeiska krisen. Han påstår att Frankrike
har blivit tvungen att ge upp sina
krav på en större roll i Europa.

Stark spänning inför valet på söndagen.

Man hoppas kunna
besätta 27 av lönt-
dagens 29 platser.

(Forts. från föregående sida.)
Den politiska situationen i Sverige är
mycket spänad inför valet på söndagen.
Det är fortfarande osäkert om man
kommer att kunna besätta de 27 av
de 29 platserna som är i fråga. Detta
beror på den starka konkurrensen
mellan de olika partierna. Det är
särskilt intressant att se hur de
små partierna lyckas konkurrera
med de stora partierna.

**Memel till
Tyskland före jul?**
Låtens vänta avskä
omskild.

1000000, på sin. Om tyskarna
vill ha Memel, är det naturligtvis
ingen fråga om tyskarna ska få
det. Det är bara en fråga om när
de ska få det.

KONTRASTER PÅ PODIET VID LYSANDE NOBELFEST.



Överst L. v. mottager Paul Dirac sitt diplom och pris av kommissionen handf. T. A. priset ämnas utdelas, fr. o. m. min. Elisabet Waldh, av Richard Wallö, och signor Fermi. Den glada gästlistan utgör tillika signor Fermi, E. K. i bild vid en av de följande i Kommissionsrådet. (Forts. från föregående sida.)

Trådbussar på fyra linjer.

Frågan inför
spårvegsstyrelsen
på måndagen.

Spårvegsstyrelsen behandlar på
måndagen frågan om trådbussar.
Det är en fråga som har varit
i fråga sedan länge. Det är
särskilt intressant att se hur
styrelsen hanterar denna fråga.

Ny artikelserie i Svenska Dagbladet

Överste C. Taub
äter till Kina,
skildrar läget.



Överste Carl Taub, som för sin
tid har varit verksam i Kina, berättar
nu om läget i Kina. Han påstår
att situationen i Kina är mycket
svår. Det är särskilt intressant
att se hur han beskriver de olika
partierna i Kina.

Högertrafik kostar 15 mill.

K.A.K. har uppvat-
tatskommunikations-
ministeriet.

Kommunikationsministeriet har
utsett en kommission för att
undersöka kostnaden för högertrafik.
Det är en fråga som har varit
i fråga sedan länge. Det är
särskilt intressant att se hur
kommissionen hanterar denna fråga.

Nytt svenskt skådespel.

Bertil Malmberg
skriver en tragedi från
Anschlussdagarna.



Bertil Malmberg skriver en
tragedi som handlar om Anschlussdagarna.
Det är en fråga som har varit
i fråga sedan länge. Det är
särskilt intressant att se hur
Malmberg hanterar denna fråga.

VEM VINNER I KVALL

Figura 1. Domenica 11 dicembre 1938, il giorno dopo la cerimonia del Nobel a Stoccolma, la prima pagina del quotidiano svedese Svenska Dagbladet riportava la notizia delle incombenti tensioni politiche in Europa, ma anche l'immagine, più gioiosa, di un felicissimo Enrico Fermi, insignito il giorno prima del Premio Nobel per la Fisica.

Figure 1. Sunday December 11th 1938, the day after the Nobel ceremonies in Stockholm, the front page of the Swedish daily newspaper Svenska Dagbladet featured news of the looming political tensions in Europe, but there was also a more joyful picture of a very happy Enrico Fermi, who had been awarded the Nobel Prize in Physics the day before.

Lo statuto della Nobel Foundation regola il meccanismo del sistema Nobel. Si basa sulle ultime volontà e sul testamento di Alfred Nobel, sebbene la Nobel Foundation non venga menzionata nel testamento, essendo diventata una doverosa invenzione degli enti che conferiscono i premi (che *sono* invece menzionati nel testamento). Tali enti sono responsabili delle valutazioni e, in ultima analisi, assumono le decisioni. La Nobel Foundation è stata creata dagli enti che conferiscono i premi per regolare i loro interessi comuni e la collaborazione generale. La Royal Swedish Academy of Science è incaricata del conferimento dei premi Nobel per la Fisica e per la Chimica. Anche ogni assegnatore del Premio ha un proprio statuto separato, che regola il lavoro di valutazione in modo più specifico.³ Solo i designatori invitati hanno il diritto di nominare i candidati che vengono suddivisi in sei diverse categorie. Una di queste categorie è costituita da ex Laureati Nobel. Un candidato vincitore deve avere almeno una candidatura, tuttavia il candidato con il maggior numero di candidature non vince automaticamente il Premio. Un apposito Comitato per il Nobel formato da cinque membri valuta quindi tutti i candidati. Il comitato decide quali sono i candidati più interessanti e li sottopone a valutazioni speciali. Successivamente il Comitato per il Nobel redige una relazione generale che fa brevemente riferimento a *tutti* i candidati prima di presentare una trattazione più ampia dei principali contendenti, con discussioni approfondite sul candidato che solitamente finisce per essere il vincitore di quell'anno. La proposta viene successivamente discussa dalla classe di fisica dell'Accademia e, infine, si tiene una votazione in seduta plenaria, in cui tutti i membri dell'Accademia hanno diritto di voto.⁴

place in December 1942. So, the presentation of the Nobel Prize in Physics to Enrico Fermi in 1938 is a crucial element in the history of 20th century physics.²

The statutes of the Nobel Foundation govern how the Nobel system works. It is based on Alfred Nobel's last will and testament, but the Nobel Foundation is not mentioned in the will, having become a necessary invention of the Prize awarding institutions (which *are* mentioned in the will). These institutions are responsible for the evaluations and ultimately make the decisions. The Nobel Foundation was created by the Prize awarding institutions to govern their common interests and the general collaboration. The Royal Swedish Academy of Sciences is responsible for the Nobel Prizes in Physics and Chemistry. Each Prize awardee also has their separate statutes, which govern the evaluation work more specifically.³ Only invited nominators are entitled to nominate candidates; they are taken from six different categories. One such category is made up of previous Nobel Laureates. A successful candidate must have at least one nomination but the nominee with the highest number of nominations does not automatically receive the Prize. A five-member Nobel committee then evaluates all the nominees. The committee decides which are the most interesting candidates and subjects them to special evaluation reports. Then the Nobel Committee writes up a general report briefly referring to *all* the nominees before presenting more extensive coverage of the main contenders, with the lengthiest arguing over the nominee who usually ends up being that year's Laureate. Their proposal is subsequently discussed by the physics class of the Academy and, finally, a plenary voting is held, at which all members of the Academy have the right to vote.⁴

Fermi ha portato vari contributi importanti alla fisica (alcuni dei quali dopo aver vinto il Premio Nobel). È stato, per esempio, nominato per il suo lavoro statistico, ma ciò che si è rivelato centrale nella sua candidatura al premio Nobel è stato il suo lavoro sperimentale sulla radioattività artificiale indotta da neutroni e il ruolo sorprendente svolto dai neutroni lenti in tale contesto.

Le prime candidature di Fermi

Fermi ricevette la sua prima candidatura nel 1935. Ottenne candidature individuali in Fisica da E. Persico e in Chimica da J. Perrin.⁵ Furono inoltre proposte candidature condivise per Fermi, insieme a Joliot-Curie e a Chadwick, da parte di M. de Broglie e A. Cotton.⁶ Quell'anno il Premio Nobel per la Chimica andò a Joliot-Curie, mentre Chadwick vinse il Premio Nobel per la Fisica. Fermi era quindi in buona compagnia. Questo, tuttavia, fece sì che negli anni a venire altri settori fossero prioritari. Fermi non venne sottoposto a una valutazione speciale quell'anno, ma i suoi contributi furono discussi in una relazione scritta dallo sperimentatore Erik Hulthén, che trattò anche i contributi di altri. Le sue osservazioni conclusive furono: "Indubbiamente, gli studi di Fermi e dei suoi collaboratori sono tra i migliori risultati in fisica nucleare; dobbiamo però attendere la sintesi di un rapido sviluppo sul campo, dove sono emerse anche altrove scoperte significative, soprattutto nei laboratori statunitensi"⁷. Anche The Svedberg, membro del comitato di chimica scrisse una relazione più generale sul lavoro in

Fermi made several important contributions to physics (some of which after being awarded his Nobel Prize). He was, for example, nominated for his statistical work, but what became central to his candidacy for the Nobel Prize was his experimental work on artificial neutron induced radioactivity and the surprising role played by slow neutrons in this context.

Fermi's first nominations

Fermi received his first nomination in 1935. He received individual nominations in physics from E. Persico and in chemistry from J. Perrin.⁵ There were also shared nominations for Fermi, together with Joliot-Curie and with Chadwick, from M. de Broglie and A. Cotton.⁶ That year's Nobel Prize in Chemistry went to Joliot-Curie, while Chadwick was awarded the Nobel Prize in Physics, so Fermi was in good company. This did, however, make it likely that other fields would be prioritised in the years to come. Fermi did not undergo special evaluation that year, but his contributions were discussed in a report written by the experimentalist Erik Hulthén, who also discussed the contributions of others. His concluding remarks were: "Undoubtedly, the studies by Fermi and his co-workers are among the finest achievements in nuclear physics; however, we must await the synthesis of a rapid development in the field, where significant discoveries have also emerged elsewhere, especially in US laboratories."⁷ The Svedberg, a member of the chemistry committee, also wrote a more general report on work in this field.⁸ The chemistry committee's general report, however, argued that

questo campo.⁸ La relazione generale del comitato di chimica, tuttavia, sosteneva che Joliot e Joliot-Curie avessero la precedenza su Fermi e che il Premio in Chimica avrebbe dovuto essere conferito alla coppia francese.⁹

Un contendente serio

Fermi ricevette maggiore attenzione l'anno successivo. Ottenne due candidature individuali per la fisica, una da Heisenberg.¹⁰ Ricevette inoltre una candidatura per il terzo posto e una candidatura condivisa con Chadwick (la candidatura venne inviata nel 1935, poco prima che Chadwick ricevesse il suo premio Nobel).¹¹ Ma forse più interessante è una candidatura da parte di Jan Hilary Lachs, che propose Fermi per un riconoscimento in chimica, sostenendo che, sebbene Fermi fosse un fisico, gran parte del suo lavoro rientrava nell'ambito della radioattività, "che qui ci interessa esclusivamente dal punto di vista della chimica", e che il lavoro di Fermi aveva creato un nuovo ramo della scienza: la "Neutron chemistry" (Chimica dei neutroni).¹² La conseguenza di tutto ciò fu che Fermi venne considerato degno di valutazioni speciali.

La relazione per la fisica su Fermi (una delle quattro relazioni speciali di quell'anno) "Evaluation of E. Fermi's physical work" fu scritta da C.W. Oseen.¹³ Il teorico concluse la sua relazione dicendo che Fermi non poteva essere preso in considerazione per un Premio per il suo saggio sui neutrini, presentato nella candidatura di Heisenberg, poiché l'idea originale apparteneva a Pauli e, soprat-

Joliot and Joliot-Curie had priority over Fermi and that the Prize in chemistry should go to the French couple.⁹

A serious contender

Fermi received further attention the following year. He received two individual nominations for physics, one from Heisenberg.¹⁰ He also received a third-place nomination and a shared nomination with Chadwick (the nomination was sent in in 1935, just before Chadwick received his Nobel Prize).¹¹ But perhaps more interesting is a nomination by Jan Hilary Lachs, who nominated Fermi for a prize in chemistry, arguing that, although Fermi was a physicist, much of his work fell within the scope of radioactivity, "which interests us here exclusively from the point of view of Chemistry", and that Fermi's work had created a new branch of science: "Neutron chemistry".¹² The result of all this was that Fermi was now considered worthy of special evaluations.

The physics report on Fermi (one of four special reports that year) "Evaluation of E. Fermi's physical work" was written by C.W. Oseen.¹³ The theoretician concluded his report saying that Fermi could not be considered for a Prize for his neutrino paper, presented in Heisenberg's nomination, since the original idea had belonged to Pauli and, more importantly, the issue at hand was not yet settled. However, the question of whether a Nobel Prize could be awarded for Fermi's experimental work in the field of induced radioactivity remained open. Despite be-

tutto, il punto non era ancora risolto. Rimaneva però aperta la questione dell'assegnazione di un premio Nobel per il lavoro sperimentale di Fermi nel campo della radioattività indotta. Nonostante fosse in un certo qual modo negativamente critica, la relazione seguiva ogni anno lo schema di un'eccessiva riluttanza nei confronti di qualsiasi altro candidato che non fosse il candidato principale. La questione verteva sul modo di considerare il tema in oggetto. Fin dai tempi di Marie Curie, si era scatenata una guerra tra fisici e chimici per il fervido campo della radioattività. Quindi, il lavoro di Fermi poteva essere considerato un lavoro di chimica? La relazione per la chimica su Fermi fu scritta da The Svedberg.¹⁴ Inizialmente l'autore suggerì che la scoperta di Fermi avesse creato una nuova scienza - la Chimica dei neutroni. La sua relazione terminava in un tono più positivo di Oseen, affermando che, anche se Fermi era un fisico, poteva essere preso in considerazione per un Premio Nobel per la Chimica, tuttavia sarebbero state necessarie ulteriori verifiche sperimentali. Probabilmente ebbe un peso in quanto, avendo Joliot & Joliot-Curie ricevuto il premio per la Chimica l'anno precedente, un altro premio Nobel nello stesso campo era meno probabile.

Un supporto crescente, ma per quanto riguarda la chimica?

L'anno successivo, il 1937, crebbe lo slancio per un Premio a Fermi. Designatori influenti come de Broglies, Hess e Planck gli assegnarono candidature individuali, ma ricevette anche varie nomine condivise.¹⁵ Vi fu però un'altra candidatura, più

ing rather dismissive, the report followed the pattern of being overly dismissive for any other candidate than the main candidate each year. Another question was how to consider the topic at hand. Since the days of Marie Curie, there had been a turf war between physicists and chemists over the glowing field of radioactivity. So, could Fermi's work possibly be considered chemistry? The chemistry report on Fermi was written by The Svedberg.¹⁴ He began by suggesting that Fermi's discovery had created a new science – neutron chemistry. He concluded his report in a more positive tone than Oseen, stating that, even if Fermi was a physicist, he might be considered for a Nobel Prize in Chemistry, but further experimental verifications would be necessary. Probably it weighed in that since Joliot & Joliot-Curie had been awarded the chemistry prize the previous year, another Nobel Prize in the same field was less likely.

Increasing support, but what about chemistry?

The next year, 1937, momentum grew for a Prize to Fermi. Influential nominators like de Broglies, Hess and Planck all gave him individual nominations and he also received various shared nominations.¹⁵ But there was another, more interesting, nomination, which highlighted part of a problem faced by the Nobel Committees. A nomination for a Nobel Prize in Chemistry for Fermi. The nominator was Oseen, the theoretical physicist who was a member of the physics committee. It was for Fermi's "investigations on the disintegration of the atomic nucleus by neutron radiation." And it was made "in order to maintain the formal opportunity for

interessante, che mise in luce parte di un problema affrontato dai Comitati per il Nobel. Una candidatura al Premio Nobel per la Chimica per Fermi. Il designatore era C.W. Oseen, il fisico teorico membro del comitato per la Fisica. Era per le “indagini di Fermi sulla disintegrazione del nucleo atomico per mezzo della radiazione neutronica”. E fu fatta “al fine di mantenere l’opportunità formale per un Premio Nobel per la Chimica”.¹⁶ Ciò indicava chiaramente che i due comitati non erano ancora d’accordo sul fatto che il lavoro di Fermi sulla disintegrazione del nucleo per mezzo dei neutroni dovesse essere considerato fisico o chimico. Oseen dovette presentare questa candidatura perché Fermi non aveva ricevuto altre candidature in Chimica nel 1937 e il periodo di candidatura stava volgendo al termine. Oseen, membro del comitato per la Fisica dal 1922, aveva proposto pochissime candidature, altro indizio del fatto che si trattava di una questione che secondo il suo parere doveva essere attentamente considerata. Tuttavia, il comitato per la chimica scrisse che non avrebbe preso in considerazione Fermi, riferendosi in parte al fatto che Fermi aveva ricevuto 13 candidature in Fisica quell’anno, ribadendo così la sua posizione dell’anno precedente. Né tantomeno avrebbe preso in considerazione Meitner e Hahn. Così, l’opinione internazionale, come si esprime nel censimento dei designatori, secondo cui il lavoro di Fermi era principalmente legato alla fisica, ribaltò la diffidenza di Oseen.¹⁷ Pertanto il lavoro candidato di Fermi dovette essere considerato un lavoro di fisica.

Quell’anno a Erik Hulthén fu commissionata una relazione speciale di valutazione nel campo della fisica. In quell’occasione incluse anche il lavoro di Hahn e Meitner. La relazione, intitolata “Assessment of the nominated work of Fermi,

a Nobel Prize in Chemistry.”¹⁶ This was of course a clear indication that the two committees were not yet in agreement as to whether Fermi’s work on the disintegration of the nucleus by neutrons should be considered physics or chemistry. Oseen had to file this nomination since Fermi received no other nominations in chemistry in 1937 and the nomination period was coming to an end. Oseen, who had been on the Physics committee since 1922, made very few nominations, so this was another indication that this was an issue he thought needed careful consideration. However, the Chemistry committee wrote that they would not consider Fermi, partly referring to the fact that Fermi had received 13 nominations in physics that year, and reiterated their stance of the previous year. Nor would they consider Meitner and Hahn. So, the international opinion, as manifested in the nominator census, that Fermi’s work was mainly related to physics, overthrew Oseen’s cautiousness.¹⁷ So Fermi’s nominated work was to be considered as physics.

A special physics evaluation report was commissioned that year from Erik Hulthén. He also included Hahn’s and Meitner’s work this time. The report, entitled “Evaluation of the nominated work of Fermi, Hahn and Meitner”, was one of five special evaluation reports in 1937. The conclusion was – as usual – that the work of three scientists should be monitored for yet another year. This time, Fermi was the main candidate, as it was claimed that Hahn’s and Meitner’s more recent work was to be considered as confirmation of Fermi’s original work.¹⁸ This was also reflected in the general report, in which the Committee that had evaluated Fermi’s experimental work stated that his discovery of induced radioactivity had been of profound

Hahn and Meitner” (Valutazione del lavoro candidato di Fermi, Hahn e Meitner), fu una delle cinque valutazioni speciali del 1937. La conclusione fu - come sempre - che il lavoro dei tre scienziati doveva essere monitorato per l’ennesimo anno. In questo caso, Fermi era il candidato principale, in quanto si sosteneva che i lavori più recenti di Hahn e Meitner dovevano essere considerati come una conferma del lavoro originale di Fermi.¹⁸ Ciò si rifletteva anche nella relazione generale, in cui il comitato che aveva valutato il lavoro sperimentale di Fermi affermava che la sua scoperta della radioattività indotta era stata di profonda importanza per lo studio della struttura del nucleo atomico. E fu anche evidenziata la sua scoperta del cosiddetto effetto protone, vale a dire che il rallentamento dei neutroni mediante collisioni con nuclei di idrogeno nell’acqua o nella paraffina era essenziale per i problemi sopra citati. Tuttavia, il comitato volle attendere ulteriori sviluppi in questo campo prima di proporre Fermi per il Premio Nobel.¹⁹ Ma ora Fermi era decisamente più vicino a un riconoscimento.

Il candidato vincente

Le candidature per Fermi continuarono ad affluire. Nel 1938 ricevette nove candidature individuali e due condivise. Vi furono solo altre 10 candidature, quindi più della metà delle candidature furono per Fermi. E quell’anno non ricevette nessuna candidatura per la chimica. Prima ci furono alcune brevi candidature.²⁰ Qualche altra candidatura è più interessante da esaminare per via delle

importance for the study of the structure of the atomic nucleus. And his discovery of the so-called proton effect, that the slowing down of neutrons due to collisions with hydrogen nuclei in water or paraffin was essential for the above-mentioned problems, was also noted. Still, the Committee wanted to await further developments in this field before they would propose Fermi for a Nobel Prize.¹⁹ But Fermi was now much closer to an award.

The successful candidate

Nominations continued to pour in for Fermi. In 1938, he received nine individual nominations and two shared ones. There were only 10 other nominations, so more than half of the nominations were for Fermi. And this year he received no nominations in chemistry. First there were a few short nominations.²⁰ A few other nominations are more interesting because of their more elaborate arguments. A rather long one by Arthur Compton nominated Fermi “for his discovery of the formation of atoms by the absorption of neutrons. [...] The work of E. Fermi during the past twelve years has been remarkable because of its consistent brilliance. [Then AC went through most of Fermi’s work.] I am confident that you will find an award of this type to Fermi welcomed by the physicists in the United States as well as those in Europe.”²¹

The last argument appealing to a perceived consensus amongst physicists is interesting. Another interesting nomination came from Clinton Davisson, who argued “Fermi’s investigations of the properties of neutrons and of the interactions of neutrons which matter constitutes,

argomentazioni più elaborate. Una piuttosto lunga di Arthur Compton nominava Fermi “per la sua scoperta sulla formazione degli atomi mediante l’assorbimento di neutroni. [...] Il lavoro di E. Fermi negli ultimi dodici anni è risultato degno di nota per la sua costante brillantezza. [In seguito AC ha esaminato la maggior parte del lavoro di Fermi.] Sono fiducioso che un tale riconoscimento a Fermi sarà accolto con favore dai fisici degli Stati Uniti e da quelli europei.”²¹

L’ultima argomentazione facente appello a un consenso percepito tra i fisici è degna di nota. Un’altra candidatura interessante fu proposta da Clinton Davisson, il quale sostenne che “le ricerche di Fermi sulle proprietà dei neutroni e sulle interazioni dei neutroni che costituiscono, a mio avviso, un risultato scientifico di eccezionale merito e di grande importanza - sono assolutamente degne delle varie considerazioni del vostro comitato.”²² E Yakov Frenkel aggiunse “Negli ultimi anni, Fermi ha dato i più importanti contributi sperimentali e teorici allo studio della β -radioattività, [e] sul rallentamento dei neutroni da parte delle sostanze idrogeniche e sulla dispersione e l’assorbimento selettivo di tali neutroni lenti”.²³ E Sir Owen Richardson, soffermandosi su tutti gli importanti contributi di Fermi, dichiarò che: “Fermi è uno dei fisici più brillanti della sua generazione e ha svolto un lavoro illustre sia come teorico che come sperimentatore. È però sul suo lavoro sperimentale con i neutroni che preferirei basare la sua rivendicazione per l’assegnazione del premio Nobel e soprattutto per le sue scoperte: (1) della radioattività artificiale prodotta dall’azione dei neutroni su vari atomi, (2) dei neutroni lenti, (3) degli elementi di numero atomico superiore a 92, quello dell’uranio, il più alto finora conosciuto”.²⁴

in my opinion, a scientific achievement of exceptional merit and of great importance – are well worthy of your committee’s various consideration.”²² And Yakov Frenkel added “In the last few years, Fermi has made the most important experimental and theoretical contributions to the study of β -radioactivity, [and] on the slowing down of neutrons by hydrogenous substances and on the scattering and selective absorption of such slow neutrons”.²³ And Sir Owen Richardson, dwelling on all the important contributions by Fermi, stated that: “Fermi is one of the most brilliant physicists of his generation and has done much distinguished work both as a theoretician and as an experimentalist. It is, however, on his experimental work with neutrons that I should prefer to base his claims to the award of the Nobel Prize and especially for his discoveries: (1) of the artificial radioactivity produced by the action of neutrons on various atoms, (2) of slow neutrons (3) of elements of atomic number greater than 92, that of uranium, the highest previously known.”²⁴

Shared nominations from Schrödinger (Fermi and Pauli) and Raman (Fermi and Lawrence) also strengthened Fermi’s candidacy.²⁵ In the autumn of 1938, two nominations for Fermi was also submitted by Edoardo Amaldi and Franco Rasetti before the announcement of the decision in 1938.²⁶

So, would the Nobel Committee opt for yet another year of awaiting further developments in the field? Once again, the task of writing a special report about Fermi was given to Hulthén. This time, there were only three special physics reports. But that of interest to us states “Overview concerning the investigations of neutron induced radioactivity”. The previous year’s uncer-

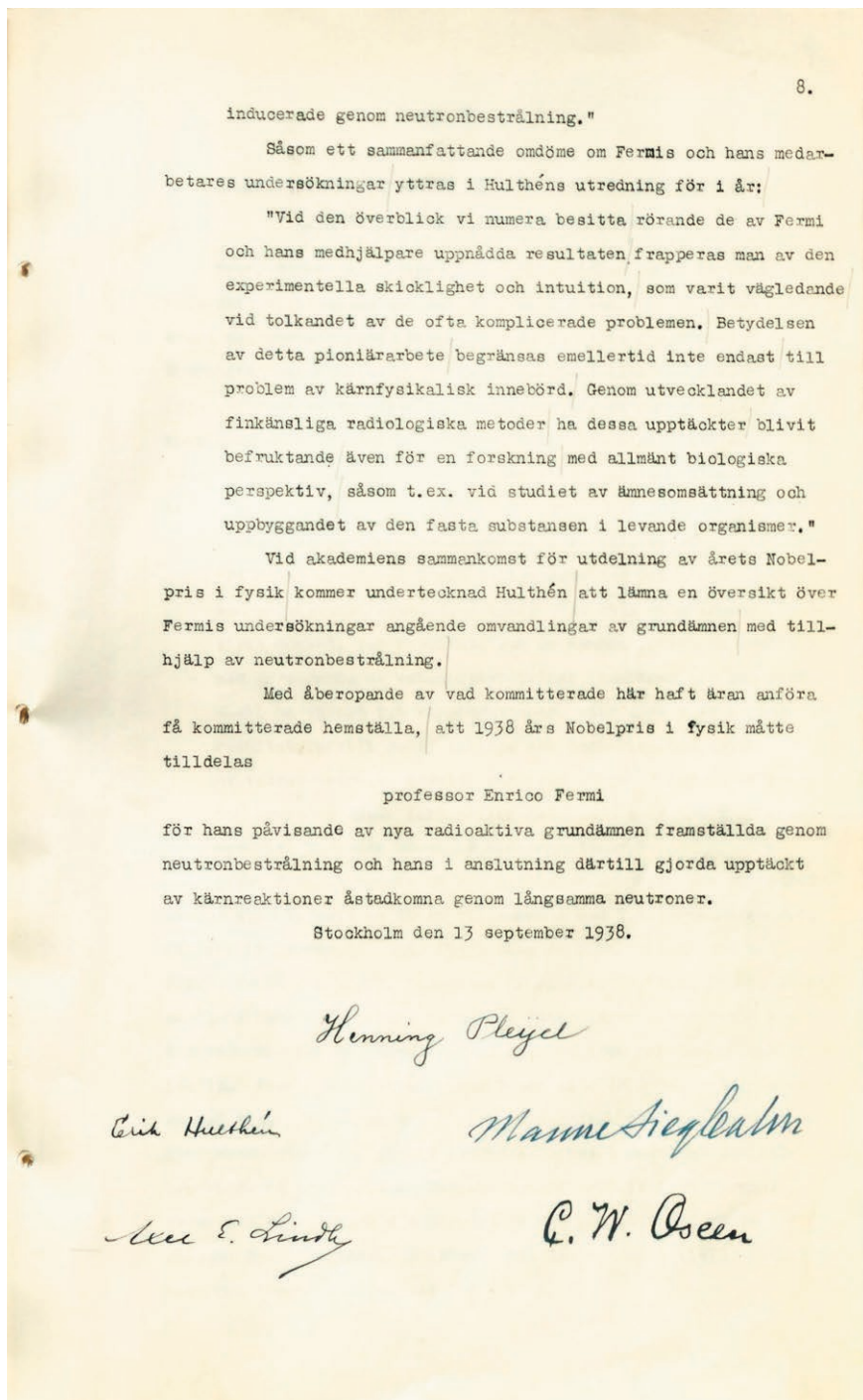


Figura 2. La conclusione del Comitato per il Nobel per la Fisica nel settembre 1938.

Figure 2. The conclusion by the Nobel Committee for physics in September 1938.

Anche le candidature condivise di Schrödinger (Fermi e Pauli) e Raman (Fermi e Lawrence) rafforzarono la candidatura di Fermi.²⁵ Nell'autunno del 1938, due candidature per Fermi furono presentate anche da Edoardo Amaldi e Franco Rasetti prima dell'annuncio della decisione del 1938.²⁶

Quindi, il Comitato per il Nobel avrebbe optato per l'ennesimo anno per attendere ulteriori sviluppi sul campo? Ancora una volta, il compito di stilare una relazione speciale su Fermi ricadde su Hulthén. Questa volta, le relazioni speciali di fisica furono solo tre. Ma quella che a noi interessa è la seguente "Overview concerning the investigations of neutron induced radioactivity" (Panoramica sulle indagini sulla radioattività indotta da neutroni). L'incertezza dell'anno precedente si era attenuata. Quindi, la relazione terminava sottolineando: "Con la comprensione che ora abbiamo dei risultati che Fermi e i suoi assistenti hanno raggiunto, è sorprendente la capacità sperimentale e l'intuizione che hanno guidato l'interpretazione di problemi spesso molto complessi."²⁷ Notevole il fatto che, dopo molte valutazioni troppo caute, l'intuizione fosse diventata un'argomentazione positiva, anche questa sollevata nel discorso di presentazione di dicembre.²⁸

Il Comitato per il Nobel respinse diverse delle altre nomine, poiché non erano state fornite nuove argomentazioni per la loro candidatura. Le candidature per Cockroft, Walton e anche Lawrence furono tutte considerate importanti, ma poiché lo sviluppo della fisica nucleare sperimentale era in pieno fermento, la conclusione fu quella di metterle in stand-by per possibili Premi futuri (riconosciamo lo schema). La relazione generale del Comitato per il Nobel approdò quindi al candidato rimasto con il maggior numero di candidature: Enrico Fermi. Si

tainty had subsided. So, the report concluded by stressing: "With the understanding we now have regarding the results that Fermi and his assistants have achieved, it is striking how their experimental skill and their intuition has been guiding in the interpretation of the often very complex problems."²⁷ It seems remarkable that, after many overly cautious evaluations, intuition became a positive argument, also brought up in the presentation speech in December.²⁸

The Nobel Committee dismissed several of the other nominations since no new arguments were given for their candidacy. The nominations for Cockroft, Walton and also Lawrence were all considered important but since the development of experimental nuclear physics was undergoing such hectic development, the conclusion was to put them on hold for possible future Prizes. (We recognise the pattern.) Then the general report by the Nobel Committee came to the remaining candidate with the most nominations – Enrico Fermi. They started by mentioning the previous years' nominations for the Italian, and the previous special evaluation reports. Then they said that, since Fermi's first nomination, his experimental investigations had become more prominent. And apparently this was of importance for their assessment. The committee then reiterated the argument presented by Hulthén in his special report from the previous year, according to which "Fermi's discovery of neutron induced radioactivity has proved to be of paramount importance for the [understanding of the] structure of the atomic nucleus."²⁹ The Committee then concluded its general report by proposing that Fermi be awarded the 1938 Nobel Prize in Physics "for his demonstrations of the existence of new radioactive elements produced by neutron irradiation, and for his related discovery of nuclear reactions brought



Figura 3. Fermi tiene il discorso per il Premio Nobel al KTH il 12 dicembre 1938.
Figure 3. Fermi giving his mandatory Nobel Lecture at KTH on December 12, 1938.

about by slow neutrons.” The physics class of the Academy approved the proposal on October 25th and the full academy (82 members present) also voted for the proposal at the Academy meeting on Thursday November 10th 1938. At long last, Fermi was awarded the Nobel Prize in Physics for 1938.³⁰

Karl Grandin is Professor at and Director of the Center for History of Sciences at the Royal Swedish Academy of Sciences. His research is in the history of physics and he is the chair of the EPS History of physics group as well as chair of the EPS Historic Sites Committee. He is also the editor of the Nobel Foundation’s yearbook.

Notes

¹ Anna Beckman, “Enrico Fermi: Nobelpristagare i fysik 1938,” pp. 5–8 & Folke Norling, “De nya elementarpartiklarna och deras roll i den moderna kärnforskningen,” pp. 55–100 in *Kosmos: Fysiska uppsatser utgivna av Svenska Fysikersamfundet* 16 (1938).

² Laura Fermi’s biography of her husband is still a vivid account of the life of Enrico Fermi. Laura Fermi, *Atoms in the family: My life with Enrico Fermi* (University of Chicago Press, 1954). A recent biography of Fermi, David N. Schwartz, *The last man who knew everything: The life and times of Enrico Fermi, father of the nuclear age* (Basic Books, 2017) is also worth reading, but unfortunately is not always correct regarding how the Nobel works.

iniziò citando le candidature degli anni precedenti per l'italiano, e le precedenti relazioni speciali. Poi si disse che, dalla prima candidatura di Fermi, le sue ricerche sperimentali erano diventate più importanti. E a quanto pare questo fu un fattore importante per la valutazione. Il comitato reiterò poi l'argomentazione presentata da Hulthén nella sua relazione speciale dell'anno precedente, secondo la quale "la scoperta della radioattività indotta dai neutroni da parte di Fermi si è rivelata di fondamentale importanza per la struttura del nucleo atomico".²⁹ Il Comitato concluse successivamente la sua relazione generale proponendo di assegnare a Fermi il premio Nobel per la Fisica del 1938 "per le sue dimostrazioni dell'esistenza di nuovi elementi radioattivi prodotti dall'irradiazione di neutroni e per la relativa scoperta di reazioni nucleari provocate da neutroni lenti". La classe di fisica dell'Accademia approvò la proposta il 25 ottobre e anche l'Accademia al completo (82 membri presenti) votò la proposta nella relativa riunione di giovedì 10 novembre 1938. Nel 1938 Fermi fu finalmente insignito del Premio Nobel per la Fisica.³⁰

Karl Grandin è professore e direttore del Center for History of Sciences della Royal Swedish Academy of Science. Le sue ricerche riguardano la storia della Fisica ed è presidente del gruppo di storia della Fisica dell'EPS e presidente del Comitato per i siti storici dell'EPS. È inoltre editore dell'annuario della Nobel Foundation.

³ The statutes can be consulted at:

<https://www.nobelprize.org/about/statutes-of-the-nobel-foundation/> and

<https://www.nobelprize.org/about/statutes-for-the-prizes-awarded-by-the-royal-academy-of-sciences/>

⁴ Cf. Elisabeth Crawford, *The beginnings of the Nobel institution: The science prizes, 1901–1915* (Cambridge UP, 1984).

⁵ E. Persico to the Nobel Committee for physics, 21/1-1935; J. Perrin to the Nobel Committee for chemistry, 25/1-1935. *Protokoll vid Kungl. Vetenskapsakademiens sammankomster för behandling af ärenden rörande Nobelstiftelsen År 1935*. Hereafter: Nobel minutes + year.

⁶ M. de Broglie to the Nobel Committee for physics, 26/1-1935; Aimé Cotton to the Nobel Committee for physics, 25/1-1935. Nobel minutes 1935.

⁷ Erik Hulthén, "Bil. 2. Utredning rörande nyare undersökningar över neutronen och den inducerade radioaktiviteten," 25 May 1935, 11 pp. Nobel minutes 1935.

⁸ The Svedberg, "Bil. 7. Utredning rörande syntes av nya radioaktiva grundämnen," 1 May 1935, 20 pp. Nobel minutes 1935.

⁹ General report by the chemistry committee, 2 September 1935, 11 pp. Nobel minutes 1935.

¹⁰ Angelo Barbagelata to the Nobel Committee for physics, 7/1-1936; Werner Heisenberg to the Nobel Committee for physics, 8/1-1936. Nobel minutes 1936.

¹¹ Anton von Eiselsberg to the Nobel Committee for physics, 29/1-1936; Alwin Walther to the Nobel Committee for physics, 5/11-1935. Nobel minutes 1936.

Note

¹ Anna Beckman, "Enrico Fermi: Nobelpristagare i fysik 1938," pp. 5–8 & Folke Norling, "De nya elementarpartiklarna och deras roll i den moderna kärnforskningen," pp. 55–100 in *Kosmos: Fysiska uppsatser utgivna av Svenska Fysikersamfundet* 16 (1938).

² La biografia di Fermi scritta dalla moglie Laura è ancora un vivido resoconto della vita di Enrico Fermi. Laura Fermi, *Atoms in the family: My life with Enrico Fermi* (University of Chicago Press, 1954). Anche una recente biografia di Fermi, David N. Schwartz, *The last man who knew everything: The life and times of Enrico Fermi, father of the nuclear age* (Basic Books, 2017) merita la lettura, tuttavia non sempre è corretta per quel che concerne il meccanismo del Nobel.

³ Gli statuti possono essere consultati al seguente indirizzo:

<https://www.nobelprize.org/about/statutes-of-the-nobel-foundation/> e

<https://www.nobelprize.org/about/statutes-for-the-prizes-awarded-by-the-royal-academy-of-sciences/>

⁴ Cf. Elisabeth Crawford, *The beginnings of the Nobel institution: The science prizes, 1901–1915* (Cambridge UP, 1984).

⁵ E. Persico al Comitato per il Nobel per la Fisica, 21/1-1935; J. Perrin al Comitato per il Nobel per la Chimica, 25/1-1935. *Protokoll vid Kungl. Vetenskapsakademiens sammankomster för behandling af ärenden rörande Nobelstiftelsen År 1935*. Nel seguito: Verbali Nobel + anni.

⁶ M. de Broglie al Comitato per il Nobel per la Fisica, 26/1-1935; Aimé Cotton al Comitato per il Nobel per la Fisica, 25/1-1935. Verbali Nobel 1935.

⁷ Erik Hulthén, "Bil. 2. Utredning rörande nyare undersökningar över neutronen och den inducerade radioaktiviteten," 25 maggio 1935, 11 pp. Verbali Nobel 1935.

⁸ The Svedberg, "Bil. 7. Utredning rörande syntes av nya radioaktiva grundämnen," 1 maggio 1935, 20 pp. Verbali Nobel 1935.

¹² Jan Hilary Lachs to the Nobel Committee for chemistry, 8/1-1936. Nobel minutes 1936.

¹³ C.W. Oseen, "Utredning om E. Fermis fysiska arbeten," 12 pp. April 18, 1936, Nobel minutes 1936.

¹⁴ The Svedberg, "Kompletterande utredning rörande Fermis upptäckt av reaktioner mellan atomkärnor och neutroner," 7 pp. April 24, 1936, Nobel minutes 1936.

¹⁵ Individual nominations from Maurice de Broglie 27/1-1937; Louis-Victor de Broglie 17/1-1937; Antonio Carrelli 9/12-1936; Adolf Deissmann 18/1-1937; Victor Hess 20/1-1937; Max Planck 17/1-1937. And shared nominations with Stern from James Franck 12/1-1937; with Wood from Karl Herzfeld 15/1-1937; with Hahn and Meitner from Werner Heisenberg 11/1-1937, as well as a third-place nomination from Vienna. All to the Nobel Committee for physics. Nobel minutes 1937.

¹⁶ C.W. Oseen to the Nobel Committee for chemistry, 28/1-1937. Nobel minutes 1937.

¹⁷ General report by the Nobel Committee for Chemistry, 6 September 1937, Nobel minutes 1937.

¹⁸ Erik Hulthén, "Bil. 3. Utredning rörande Fermis, Hahns och Meitners till belöning föreslagna arbeten," s.d. 1937, Nobel minutes 1937.

¹⁹ General report by the Nobel Committee for Physics, 7 September 1937, Nobel minutes 1937.

²⁰ Individual nominations from Eugen Badarau, 10/1-1938; Maurice de Broglie 14/1-1938; Louis-Victor de Broglie 11/1-1938; George Thomson 24/1-1938; Laureto Tieri 18/12-1937 to the Nobel Committee for physics. Nobel minutes 1938.

²¹ Arthur Compton 7/1-1938 to the Nobel Committee for physics. Nobel minutes 1938.

²² Clinton Davisson 18/1-1938 to the Nobel Committee for physics. Nobel minutes 1938.

²³ Yakov (Jacov) Frenkel 3/12-1937 to the Nobel Committee for physics. Nobel minutes 1938.

- ⁹ Relazione generale del comitato di chimica, 2 settembre 1935, 11 pp. Verbali Nobel 1935.
- ¹⁰ Angelo Barbagelata al Comitato per il Nobel per la Fisica, 7/1-1936; Werner Heisenberg al Comitato per il Nobel per la Fisica, 8/1-1936. Verbali Nobel 1936.
- ¹¹ Anton von Eiselsberg al Comitato per il Nobel per la Fisica, 29/1-1936; Alwin Walther al Comitato per il Nobel per la Fisica, 5/11-1935. Verbali Nobel 1936.
- ¹² Jan Hilary Lachs al Comitato per il Nobel per la Chimica, 8/1-1936. Verbali Nobel 1936.
- ¹³ C.W. Oseen, "Utredning om E. Fermis fysiska arbeten," 12 pp. aprile 18, 1936, Verbali Nobel 1936.
- ¹⁴ The Svedberg, "Kompletterande utredning rörande Fermis upptäckt av reaktioner mellan atomkärnor och neutroner," 7 pp. aprile 24, 1936, Verbali Nobel 1936.
- ¹⁵ Candidature individuali da parte di Maurice de Broglie 27/1-1937; Louis-Victor de Broglie 17/1-1937; Antonio Carrelli 9/12-1936; Adolf Deissmann 18/1-1937; Victor Hess 20/1-1937; Max Planck 17/1-1937. E candidature condivise con Stern da parte di James Franck 12/1-1937; con Wood da parte di Karl Herzfeld 15/1-1937; con Hahn e Meitner da parte di Werner Heisenberg 11/1-1937, nonché una candidatura per il terzo posto di Vienna. Tutte al Comitato per il Nobel per la Fisica. Verbali Nobel 1937.
- ¹⁶ C.W. Oseen, al Comitato Nobel per la Chimica, 28/1-1937, Verbali Nobel 1937.
- ¹⁷ Relazione generale del Comitato per il Nobel per la Chimica, 6 settembre 1937, Verbali Nobel 1937.
- ¹⁸ Erik Hulthén, "Bil. 3. Utredning rörande Fermis, Hahns och Meitners till belöning föreslagna arbeten," s.d. 1937, Verbali Nobel 1937.
- ¹⁹ Relazione generale del Comitato per il Nobel per la Fisica, 7 settembre 1937, Verbali Nobel 1937.
- ²⁰ Candidature individuali da parte di Eugen Badarau, 10/1-1938; Maurice de Broglie 14/1-1938; Louis-Victor de Broglie 11/1-1938; George Thomson 24/1-1938; Laureto Tieri 18/12-1937 al Comitato per il Nobel per la Fisica. Verbali Nobel 1938.

²⁴ Sir Owen Richardson 24/1-1938 to the Nobel Committee for physics. Nobel minutes 1938.

²⁵ Erwin Schrödinger 17/1-1938 and Sir Chandrasekan Raman 30/12-1937 to the Nobel Committee for physics. Nobel minutes 1938.

²⁶ So their nominations were valid for 1939. Edoardo Amaldi 27/10-1938; Franco Rasetti 27/10-1938 to the Nobel Committee for physics. Nobel minutes 1939.

²⁷ Erik Hulthén, "Bil. 3. Översikt rörande undersökningarna av den neutroninducerade radioaktiviteten," 23 May 1938, Nobel minutes 1938.

²⁸ Henning Pleijel giving the presentation speech at the ceremony in 1938 ended his presentation of Fermi's work by emphasising: "In addition to the important discoveries made by Fermi and to some extent equivalent to these, one can add the experimental skill, the clever ingenuity and the intuition being expressed in the design of the refined methods of investigation". Henning Pleijel, "1938 års Nobelpris i fysik," *Les Prix Nobel en 1938* (Stockholm, 1939), pp. 14–18, on p. 18.

²⁹ Erik Hulthén, "Bil. D. Översikt rörande undersökningar av den neutroninducerade radioaktiviteten," s.d. 1937, Nobel minutes 1937; General report by the Nobel Committee in Physics, 13 September 1938, *Nobelkommitténs för fysik protokoll 1938*.

³⁰ Nobel minutes 1938.

- ²¹ Arthur Compton 7/1-1938 al Comitato per il Nobel per la Fisica. Verbali Nobel 1938.
- ²² Clinton Davisson 18/1-1938 al Comitato per il Nobel per la Fisica. Verbali Nobel 1938.
- ²³ Yakov (Jacov) Frenkel 3/12-1937 al Comitato per il Nobel per la Fisica. Verbali Nobel 1938.
- ²⁴ Sir Owen Richardson 24/1-1938 al Comitato per il Nobel per la Fisica. Verbali Nobel 1938.
- ²⁵ Erwin Schrödinger 17/1-1938 e Sir Chandrasekan Raman 30/12-1937 al Comitato per il Nobel per la Fisica. Verbali Nobel 1938.
- ²⁶ Quindi le loro candidature furono valide per il 1939. Edoardo Amaldi 27/10-1938; Franco Rasetti 27/10-1938 al Comitato per il Nobel per la Fisica. Verbali Nobel 1939.
- ²⁷ Erik Hulthén, “Bil. 3. Översikt rörande undersökningarna av den neutroninducerade radioaktiviteten,” 23 May 1938, Verbali Nobel 1938.
- ²⁸ Henning Pleijel, nel corso del discorso di presentazione alla cerimonia del 1938, concluse la sua presentazione del lavoro di Fermi sottolineando: “Oltre alle importanti scoperte fatte da Fermi e in qualche misura equivalenti a queste, si aggiungono l’abilità sperimentale, l’ingegnosità intelligente e l’intuizione che si esprimono nella progettazione dei raffinati metodi di indagine”. Henning Pleijel, “1938 års Nobelpris i fysik,” *Les Prix Nobel en 1938* (Stockholm, 1939), pp. 14–18, on p. 18.
- ²⁹ Erik Hulthén, “Bil. D. Översikt rörande undersökningar av den neutroninducerade radioaktiviteten,” s.d. 1937, Verbali Nobel 1937; Relazione generale del comitato per il Nobel in Fisica, 13 settembre 1938, *Nobelkommitténs för fysik protokoll 1938*.
- ³⁰ Verbali Nobel 1938.



Activity report for the second Pietro Baracchi conference “The era of collaborative multi-wavelength and multi- messenger astronomy: science and technology”

22-24 October 2019, Auditorium Folco Portinari,
Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze (Italy)

Scientific Organizing Committee: Pietro Bolli co-chair (Arcetri Astrophysical Observatory, INAF), Steven Tingay co-chair (Curtin University), Marica Branchesi (Gran Sasso Science Institute), Tamara Davis (University of Queensland), Adriano Fontana (Roma Astronomical Observatory, INAF), Elaine Sadler (CSIRO and University of Sydney)

Introduction

After the success of the first Pietro Baracchi conference, “Italo-Australian Radio Astronomy in the Era of the SKA” held on 1-4 November 2016 in Perth (Western Australia), a second edition was organized for 22-24 October 2019 in Florence (Italy) to encourage closer collaboration between Italy and Australia in astrophysics and supporting technologies. This series of conferences is named in honour of Pietro Paolo Giovanni Ernesto Baracchi (1851 - 1926), an Italian who played a central role in Australian astronomy in the late 1800s and early 1900s. This conference was financially supported by Curtin University and INAF and was attended by around 60 researchers: 70% from Italy and 30% from overseas. The gender balance of the participants was 66% male and 34% female, while the invited speakers were almost 50/50.



Figure 1. Conference poster. Credit: Davide Coero Borga (Media INAF).

Rationale

Italy and Australia are deeply involved in many of the most advanced next-generation astronomical facilities. Australia and Italy contribute to these facilities at fundamental technological and scientific levels and all of these facilities will play a role in the new era of multi-wavelength and multi-messenger astrophysics and cosmology. With the detection of gravitational waves and the identification of their electromagnetic counterparts, along with the rise of synergies between astroparticle physics and electromagnetic astronomy, our communities face exciting advances, but also technological challenges and challenges in coordination and collaboration. The intention of this meeting is to bring together Italian and Australian astronomers and engineers working across projects and facilities of common interest, with a particular focus on multi-messenger, multi-wavelength astrophysics and cosmology.

Scientific programme

The conference programme, together with the book of abstracts and the presentations, are available on the conference website: <https://indico.ict.inaf.it/event/765/>.

On the first day of the conference, participants were welcomed by the INAF - Arcetri Astrophysical Observatory Director, Sofia Randich, who also offered greetings from the INAF President, Nicolò D'Amico. Enthusiastic best wishes for a fruitful conference were also delivered by the Australian Ambassador to Italy, Greg French.

The 33 scientific talks were divided into seven scientific sessions:

- *Current and future optical facilities in the multi-messenger era.* The spectrograph SOXS for NTT and the imager and spectrograph MAVIS for VLT were presented by INAF researchers, while two Australian delegates showed some recent results obtained with ASKAP on HI absorption and the SkyHopper CubeSat, a mission concept for an Australian-Italian space telescope.
- *Multi-wavelength and transient astronomy.* This session started with a discussion on the recent increase in the number of transient detections and the potential of new multi-messenger astrophysics. Then, the session focused on transient radio astronomy, with a couple of talks centred on Fast Radio Bursts, their latest discoveries with Parkes and ASKAP radio telescopes, and the multi-wavelength follow-up.
- *The role of current and future radio telescopes in the multi-messenger era.* A total of 13 talks characterized this session, with several different topics combining technology and science. New perspectives on the roles of the radio telescopes from both countries and new frontiers in technology for radio astronomy, including phased array feed and a drone-based system for antenna measurements, were



Figure 2. Conference photo. Credit: Dario Panella (INAF-OAA).

described. The session also covered extensive scientific topics, such as Gamma-Ray Bursts observed through dust and gas in host galaxies, AGN detected at two opposite extremes of the EM spectrum and multi-frequency observations of extra-galactic sources. Several talks focused on the recent impressive results coming from the Australian SKA Pathfinder, ASKAP. Finally, the work at the Medicina Northern Cross radio telescope for the detection of FRB was presented.

- *Gravitational wave detectors and prospects for coordination with electromagnetic astronomy.* This session featured a couple of discussions on Pulsar Timing Arrays and transient astronomical events to investigate gravitational waves, with two more presenting their direct detection with LIGO and Virgo and their impact on analysing the population properties of merging compact binaries.
- *The history of astronomy between Australia and Italy, motivated by the career of Pietro Baracchi.* This session hosted a talk on the discovery by P. Baracchi of a number of nebulae with the Great Melbourne Telescope.
- *The role of astroparticle experiments in the future.* A couple of talks, one from each country, characterized this session: one was more experimental, focusing on the neutrino telescopes in the Mediterranean sea, while the other looked at a programme of multi-messenger joint analysis of particle and astroparticle datasets.
- *High photon energy astrophysics in the multi-messenger era.* This session began with a talk on cosmic ray physics in the CTA era, followed by two scientific

topics: the connection between radio waves and gamma-rays in extreme astronomical settings and the rapid response to radio follow-up of high-energy astrophysical events. Three more technological talks completed the session: the ASTRI mini-array, nano-satellites for high energy astrophysics and fundamental physics and, lastly, the space mission candidate for an M5 mission, THESEUS.

Conclusions

Gavin Rowell and Tiziana Venturi drafted the conclusion of the conference noticing that Italian/Australian astronomical communities are closely linked by numerous projects, while other new collaborations could be triggered in the follow-up to this bi-lateral conference. The impact of multi-wavelength and multi-messenger approaches to astrophysics, which rely heavily on cooperation and collaboration, is now the focus of considerable attention. Everybody was invited to take part in the third Baracchi conference, to be held in Melbourne in 2021.



Final Report of the GGI workshop: String Theory from a Worksheet Perspective

Mar 25, 2019–May 10, 2019

Organizers:

C. Angelantonj (University of Torino)

I. Antoniadis (LPTHE - Paris and Bern University)

N. Berkovits (ICTP-SAIFR - Sao Paolo)

M.B. Green (DAMTP - Cambridge)

C. Maccaferri (University of Torino)

Y. Okawa (University of Tokyo)

R. Russo (Queen Mary University of London)

M. Schnabl (Czech Academy of Science - Prague)

B. Zwiebach (MIT- Cambridge, MA, USA)

1 Attendance and funding

The workshop took place over a period of seven weeks from the 25th of March to the 10th of May 2019. The programme was very successful, with an average of 25-30 participants per week and a peak of more than 40 participants during the “Focus Week” in week 4, for a total of over 90 participants. The complete list of participants can be found at the end of this report.

The workshop covered more or less all the aspects of string theory that use worldsheet techniques, bringing together various scientific communities (focusing on ambitwistor strings, string perturbation theory, string field theory, the pure spinor approach and topological string theory to name but a few). The first week offered a series of review lectures, which attracted several students but were helpful also more broadly to anyone who wished to have an introductory overview of the areas of research covered by the workshop. During week four, there was a conference-like meeting (the “Focus Week”) which covered the latest progress in the field with five review talks (1h15) and fifteen (45m) talks. The workshop ended with a conference that combined the annual String Field Theory meeting with some of the other closely related areas covered by our workshop. During the remaining weeks, we had one talk per day and plenty of time was devoted to small group discussions and collaborations.

All participants received some form of financial support from the GGI, but most used their own funds to cover some costs. The financial support was mostly used to cover the accommodation expenses of a large fraction of the participants and catering during the workshop and special events. We found that providing catering for the duration of the entire workshop significantly simplified the organisation, created a collegial atmosphere and facilitated scientific interaction. Participants contributed mostly by covering their travel expenses, but a few participants also used personal grants to cover their accommodation. In addition, three distinguished scientists (Paolo Di Vecchia, Hiroshi Ooguri and Ashoke Sen) attended the programme as “Simon’s fellows” and participated for an extended period of four (Ooguri), five (Di Vecchia) or six (Sen) weeks. The workshop received no financial support from sources other than the GGI and the Simon’s Foundation.

2 Activities

2.1 Review Lectures (week 1)

During the first week, we had three cycles of review lectures. The goal was to establish a common background for the central topics of the workshop. The lecturers/topics were

- T. Erler: “Quantum properties of String Field Theory”
 - K.S. Narain: “Topological Strings and Amplitudes”
 - O. Schlotterer: “Superstring Amplitudes in RNS and Pure Spinor Formalism”
- This event was well attended and, as mentioned, attracted several students.

The lectures were recorded and are available on the conference website <http://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=311>

2.2 Focus Week (week 4)

The aim of the focus week was to cover the latest developments in all areas relevant to the workshop. Each session/day focused broadly on an area of research, such as ambitwistor strings, string effective action from (multi)loop amplitudes, pure spinor approach, string field theory, high energy and soft limits of string amplitudes. The event was very successful with more than forty participants and twenty talks.

The talks were recorded and are available on the conference website <http://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=309>

The list of speakers was (in order of time of their presentation): L. Mason, S. Stieberger, R. Monteiro, P. Tourkine, D. Skinner, M. Green, K. Wen, A. Basu, B. Pioline, J. Schwarz, N. Berkovits, C. Mafra, X. Yin, E. Dudas, A. Sen, P. Di Vecchia, M. Porrati, A. Tseytlin, M. Bianchi and G. Veneziano.

2.3 String Field Theory and String Perturbation Theory (Conference) (week 7)

The conference was the final event of the workshop and coincided with the 10th edition of the annual conference on String Field Theory and related aspects. Previous editions were held in India (2018), Brazil (2016), China (2015), Italy (2014), Israel (2012), Czechia (2011), Japan (2010), Russia (2009), Germany (2008). Given the theme of the workshop, this year's related aspect was string perturbation theory.

The number of participants was around 35 and we had 27 scientific talks and a final discussion on the future perspective on the subject.

The list of speakers was: L. Bonora, H. Erbin, T. Erler, P. Grassi, T. Kojita, M. Kroyter, M. Kudrna, H. Kunitomo, R. Jusinkas, T. Masuda, H. Matsunaga, S. Mizera, F. Moosavian, Y. Okawa, H. Ooguri, I. Pesando, I. Sachs, O. Schlotterer, M. Schnabl, A. Sen, D. Skliros, T. Takahashi, T. Taylor, P. Vanhove, J. Vosmera.

The talks were recorded and are available on the conference website <http://www.ggi.infn.it/showevent.pl?id=308>

2.4 Weekly talks (weeks 2,3,5,6)

The normal schedule of the workshop contemplated one 1h talk (plus discussion) per day, which served also as a meeting point for all the participants. Then plenty of time was devoted to small group discussions and collaborations and we also organised some extra activities in response to requests by participants, such as an afternoon with a series of short talks by PhD students, a day focused on gravitational scattering (both from the soft-theorem point of view and using the eikonal approach), and an afternoon dedicated to string theory on AdS_3 . The list of speakers during one of these weeks (in order of time of their presentations) was: R. Donagi, M. Haack, A. Lipstein, M. Berg, S. Abel, D. Israel, M. Lize, M. Guillen, L. Nogueira, D. Zavaleta, L. Ypanaque, Y. Geyer, P. Di Vecchia, G. D'Apollonio, A. Sen, D. Colferai, R. Marotta, H. Partouche, S. Giusto, A. Sen, S. Hohenegger, I. Antoniadis, J. Maldacena, C. Hull.

Sommario | Table of contents

Volume 9 – 1 · 2020

Editoriale | Editorial 5
ROBERTO CASALBUONI, DANIELE DOMINICI

PILLOLE DI STORIA / HISTORICAL PILLS

Introduzione alla Conferenza: “December 1938: Enrico Fermi in Stockholm” |
Introduction to the conference “December 1938: Enrico Fermi in Stockholm” 9
MARIO COSPITO

Enrico Fermi a Firenze e la nascita della scuola di Arcetri | *Enrico Fermi in Florence
and the birth of the school in Arcetri* 13
DANIELE DOMINICI

Enrico Fermi dopo il Nobel: verso Chicago, i suoi studenti e i loro Nobel | *After
Enrico Fermi’s Nobel: Towards Chicago, Fermi’s Students and their Nobel Prizes* 35
ROBERTO CASALBUONI

Il Premio Nobel a Enrico Fermi | *The Nobel Prize to Enrico Fermi* 55
KARL GRANDIN

RAPPORTI DI ATTIVITÀ / ACTIVITY REPORTS

Activity report for the second Pietro Baracchi conference “The era of collaborative
multi-wavelength and multi-messenger astronomy: science and technology” 71

Final Report of the GGI workshop: String Theory from a Worksheet Perspective 77



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



Istituto Nazionale
di Fisica Nucleare

INAF



ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA
OSSERVATORIO ASTROFISICO DI ARCETRI



INO-CNR
ISTITUTO
NAZIONALE DI
OTTICA

Versione elettronica | Online version:

ISSN 2281-9711 (online) <http://www.fupress.com/cdg>

€ 19,00

Poste Italiane spa - Tassa pagata - Piegio di libro

Aut. n. 072/DCB/FI1/VF del 31.03.2005