

Nello Carrara

Ricordi di Fermi¹

Recollections of Fermi¹

Il Colle di
Galileo

Sommario. Questo è il ricordo di Enrico Fermi da parte di Nello Carrara, fisico fiorentino e fondatore dell'Istituto di Onde Elettromagnetiche di Firenze nel 1946, in una conferenza tenuta al Rotary Club di Firenze nel maggio del 1955, pochi mesi dopo la sua scomparsa, avvenuta nel novembre 1954. Questo contributo è di grande interesse storico. Infatti Nello Carrara fu compagno di studi, alla Scuola Normale di Pisa, sia di Enrico Fermi che di Franco Rasetti e, in questa conferenza, presentò i suoi ricordi di quel periodo. La lettura di questo testo è estremamente affascinante in quanto rivela alcuni lati del carattere di Fermi.

Parole chiave. Enrico Fermi, Franco Rasetti, Nello Carrara, Scuola Normale Superiore di Pisa, Arthur Compton, Antonio Garbasso

Nell'estate del 1953 ricevetti la visita, inaspettata ma straordinariamente gradita, di una persona che non rivedevo ormai da circa trenta anni. Si trattava di una cara, intelligente, colta Signora, la madre di un mio antico compagno di studi universitari, che fu per me, nella mia giovane età e durante il periodo goliardico, quasi una seconda Madre: la signora Rasetti.

La signora Rasetti, che avevo perduto da gran tempo di vista, perché aveva seguito il suo illustre figlio Franco nelle molte peregrinazioni per il mondo, era ritor-

Abstract. This is the Enrico Fermi's memory by Nello Carrara, florentine physicist who founded the Electromagnetic Wave Research Institute in Florence in 1946, at a conference held at the Rotary Club of Florence in May 1955, just a few months after his demise, which took place in November 1954. This contribution is of great historical interest. Nello Carrara was indeed a fellow student of both Enrico Fermi and Franco Rasetti at the Scuola Normale of Pisa, and at the conference, he presented his memories of that period. The piece makes extremely fascinating reading, not least for the light it casts on certain aspects of Fermi's character.

Keywords. Enrico Fermi, Franco Rasetti, Nello Carrara, Scuola Normale Superiore di Pisa, Arthur Compton, Antonio Garbasso

In the summer of 1953 I had the extraordinary pleasure of an unexpected visit from a person whom I had not seen for around thirty years. The person was a very dear, intelligent and



Figura 1. Adele Galeotti Rasetti [Narni, 8 gennaio 1870-Pozzuolo Umbro, 30 ottobre 1972] (seconda in piedi da sinistra) nella classe di pittura con le compagne di studio. Sulla sinistra Giovanni Fattori. La foto è del 1898 circa [per cortesia della Fondazione Franco Rasetti].

Figure 1. Adele Galeotti Rasetti [Narni, 8 January 1870-Pozzuolo Umbro, 30 October 1972] (second from the left, standing) in the painting class with her fellow students. On the left, Giovanni Fattori. The photo dates to around 1898 [courtesy of the Fondazione Franco Rasetti].

nata da poco definitivamente in Italia, dopo lunghissima permanenza in America.

Ella aveva uno scopo nel venirmi a cercare: la signora Fermi stava compilando un libro sulla vita del marito e, mentre non le mancavano naturalmente notizie dal periodo romano in poi, ne era sprovvista per il periodo pisano e fiorentino. Essendo io stato compagno di studi di Fermi e di Rasetti sia a Pisa sia a Firenze, avrei dunque potuto essere una buona fonte per le informazioni mancanti.

Ricordammo insieme quel lontano periodo della nostra vita; ulteriori ricordi affiorano poi l'estate scorsa a Pozzuolo Umbro, dove i Rasetti hanno una bella proprietà, e dove ebbi la ventura di trovare Franco in persona.

Promisi alla signora Rasetti di farle pervenire quelle notizie, e quelle fotografie, di cui potevo disporre; ma la mia fu una promessa da marinaio.

La prematura e dolorosa scomparsa del mio antico compagno di studi, mi induce a raccogliere e ad esporre i miei ricordi, così che non vada completamente perduta anche questa traccia, sia pure modesta e tenue, del suo passaggio fra noi.

Dopo brevissima permanenza a Pisa, come studente del primo anno di Fisica ed alunno della Scuola Normale Superiore, fui chiamato, nel marzo del 1918, in servizio militare; eravamo in guerra, la prima guerra mondiale. Ritornai agli studi assai tardi, iscritto al terzo anno; trovai la scuola popolata da ufficiali di vario grado, antichi scolari che, come me, avevano dovuto interrompere gli studi a causa della guerra, ed alcuni giovinetti in borghese, che noi, forti delle nostre divise e dei nostri galloni, considerammo inizialmente con supremo disprezzo e superiorità.

Ben presto però dovemmo accorgerci che fra loro ve ne era qualcuno meritevole di particolare considerazione. E ben presto si strinse fra tutti noi una ca-

cultured lady, the mother of an old university friend of mine, who had been almost a second mother to me at that time of my youth and during my student days: Mrs. Rasetti.

Mrs. Rasetti, whom I had not seen for so long because she had accompanied her illustrious son Franco in his many peregrinations around the world, had returned permanently to Italy shortly before after a very long sojourn in America. Her visit to me had a purpose: Mrs. Fermi was writing a book about the life of her husband, and although naturally she had no shortage of information from the Roman period onwards, she was lacking it for the Pisa and Florentine periods. Since I had studied alongside Fermi and Rasetti both in Pisa and in Florence, I could be a good source for the missing information. We reminisced together about that far-off time of our lives. Then, last summer, further memories were brought to the surface when I visited Pozzuolo Umbro, where the Rasetti family have a fine property, and where I was able to meet Franco himself again. I did indeed promise Mrs. Rasetti that I would let her have all the information and photos that I could provide, but I regret to say that it was an empty promise.

Then the tragic and premature death of my erstwhile fellow student urged me to gather my memories and set them down so that this trace of his passage among us, however modest and tenuous, would not also be lost.

After a very short time in Pisa, as a first-year student on the physics course at the Scuola Normale Superiore, in March 1918 I was called up for military service; we were at war: the First World War. I returned to my studies fairly late and registered in the third year. I found the university populated by officials of various ranks, old students who – like myself – had been



Figura 2. La villa a Pozzuolo Umbro – frazione del comune di Castiglione del Lago (Perugia) – della famiglia Rasetti [per cortesia di Stefano Malvagia].

Figure 2. The villa of the Rasetti family at Pozzuolo Umbro – a district in the municipality of Castiglione del Lago (Perugia) [courtesy of Stefano Malvagia].

ra e simpatica amicizia, cementata dalla consapevolezza di appartenere ad una scuola illustre, e dal comune appellativo di «sgobboni», che ci veniva gratificato dagli altri studenti.

Fondata da Napoleone nel 1813 come succursale della *Ecole Normale Supérieure* di Parigi, la Scuola Pisana ha sede nel bel Palazzo Vasariano dei Cavalieri di Santo Stefano.

Gli studenti, per esservi ammessi, dopo la maturità classica o scientifica, debbono sostenere difficili prove. In seguito frequentano i normali corsi universitari, e debbono regolarmente sostenere e superare gli esami con una media non inferiore al 27; debbono inoltre seguire alcuni corsi speciali, complementari nella Scuola. E in compenso hanno l'alloggio e il vitto gratuiti nello stesso Palazzo; hanno a disposizione una meravigliosa biblioteca; godono dei vantaggi che porta la vita in comune in un severo ambiente di studi.

L'ambiente era allora veramente severo, molto più di quanto non lo sia ora; scale immense, tetre e buie; camere, per noi normalisti, vaste, fredde, francescanamente ammobiliate; cibo monotono e scarso – duravano le restrizioni di guerra –; severissimi e inaccessibili i professori: Bianchi, Bertini, Maggi, Puccianti, Nasini, D'Achiardi e via dicendo, nomi illustri, di fama mondiale.

Ma la nostra giovinezza e la nostra gaiezza temperavano l'austerità dell'ambiente, e, raggiunto fra di noi l'affiatamento, le nostre menti si allenarono insieme agli studi e alle burle.

Cominciammo così: davanti al nostro Palazzo, a fronte della meravigliosa scalinata d'accesso, si erge la mole della gigantesca statua a Cosimo I (ai piedi della

forced to interrupt their studies on account of the war. There were also a few youths in mufti whom we, proud of our uniforms and our stripes, initially regarded with the utmost contempt and superiority. Nevertheless, we were soon obliged to acknowledge that even among the civilians there were some lads that deserved particular consideration. Before long, we all found ourselves bound to each other by a fond and most enjoyable friendship, underpinned by the awareness that we were attending a most illustrious university and by the shared appellative of "sgobboni" (swots) that the other students rewarded us with.

Founded by Napoleon in 1813 as a branch of the *Ecole Normale Supérieure* of Paris, the Pisan Scuola has its premises in Vasari's fine Palazzo dei Cavalieri di Santo Stefano. To be admitted, after completing classical or scientific secondary school the students have to pass very difficult entrance exams. After this they attend the normal university courses and must regularly pass the periodical examinations with an average mark of not less than 27 out of 30. They also have to attend special supplementary courses run by the Scuola. In return they have free board and lodging in the Palazzo itself, enjoy the use of a wonderful library and the advantages of communal life in a strict scholarly environment. At that time the environment really was extremely severe, much more than it is now: the vast staircases were gloomy and dark; the huge, cold bedrooms given to us Normalists were furnished with Franciscan severity; the food was always the same and not much of it, given the wartime restrictions; the teachers were exceedingly strict and unapproachable: Bianchi, Bertini, Maggi, Puccianti, Nasini, D'Achiardi and so forth, illustrious, world-famous names.



Figura 3. Nello Carrara alla Scuola Normale Superiore di Pisa nel 1920 [per cortesia di Eugenio Carrara].
Figure 3. Nello Carrara at the Scuola Normale Superiore di Pisa in 1920 [courtesy of Eugenio Carrara].



Figura 4. Luigi Puccianti [Pisa, 11 giugno 1875 – Pisa, 9 giugno 1952].
Figure 4. Luigi Puccianti [Pisa, 11 June 1875 – Pisa, 9 June 1952].

quale chioccola l'acqua da una graziosa fontana). Non ricordo bene a chi venne in mente di adornare la nuda testa del Granduca con un adeguato copricapo: una notte decidemmo di fare una prima scalata della statua per prenderne le misure. L'impresa risultò tutt'altro che facile. Vista dal basso, la statua sembrava accessibile, ma per salire fino alla testa occorrevano doti di agilità non comuni. Solo in due superammo il cimento: io ed un altro ragazzo press'a poco della mia statura, che non presentava alcuna particolare caratteristica per farsi notare. Insieme arrivammo in cima nelle più strane posizioni e con adeguate contorsioni svolgemmo il nostro compito. Quasi una settimana durò la fabbricazione di un piumato e variopinto cilindro, che richiese spese, non indifferenti per le nostre tasche. E finalmente, i medesimi ardimentosi poterono notte tempo coronare l'opera. Il successo fu notevole; la statua così adornata richiamò l'attenzione del pubblico; avemmo l'onore di vederla citata sui giornali, con paternali dirette ai soliti ignoti. Fino a che una squadra di spazzini, provvisti di scale e attrezzi, fu inviata dal Comune a togliere l'indegno copricapo.

Il mio collaboratore nell'epica impresa era stato proprio Fermi. Quel Fermi che avevo già avuto modo di apprezzare come vorace mangiatore di castagnaccini, necessaria integrazione alla nostra parca mensa. Quel Fermi che già mi aveva intimidito in aula col suo incredibile sapere.

Il compito di chiarire alle nostre menti il mistero dell'analisi infinitesimale era affidato ad un valente professore, ex normalista, dalla cui bocca uscivano con incredibile velocità teoremi e spruzzi di saliva. Un giorno, al termine di una lezione particolarmente faticosa per l'insegnante e per noi, Fermi si alzò, e con la sua

However, our youth and our gaiety tempered the austerity of our surroundings, and having established a camaraderie amongst ourselves, we trained our minds amidst study and practical jokes. And this is how it all began: in front of our Palazzo, opposite the splendid entrance steps, soared the gigantic statue of Cosimo I (with the water playing from a beautiful fountain gurgling at his feet). I can't exactly remember who it was who had the brilliant idea of adorning the Duke's bare head with an appropriate head covering, but anyway one night we decided to carry out an initial ascent to take the measurements. It turned out to be a far from easy enterprise. Seen from below the statue appeared accessible, but to climb up as far as the head called for an uncommon agility. Only two of us succeeded in the endeavour: me and another lad of about the same stature as me, who didn't have any distinctive or particularly noticeable features. Together we reached the top in the strangest postures, and carried out our task with the requisite contortions. The manufacture of a feathered and multi-coloured top hat took about a week and called for an expenditure that weighed considerably on our meagre resources. Then, finally, at dead of night the same daring duo were called on to bring the exploit to completion. The jape was a great success: the newly-bedecked statue attracted great public interest and was mentioned in the newspapers, with authorship attributed to the usual "unknown suspects". Eventually a team of street-cleaners, equipped with ladders and tools, was sent by the City Council to remove the unworthy headgear.

My companion in the epic adventure was none other than Fermi. The Fermi whom I had already had occasion to admire as a voracious consumer of *castagnaccini*, the chestnut cakes

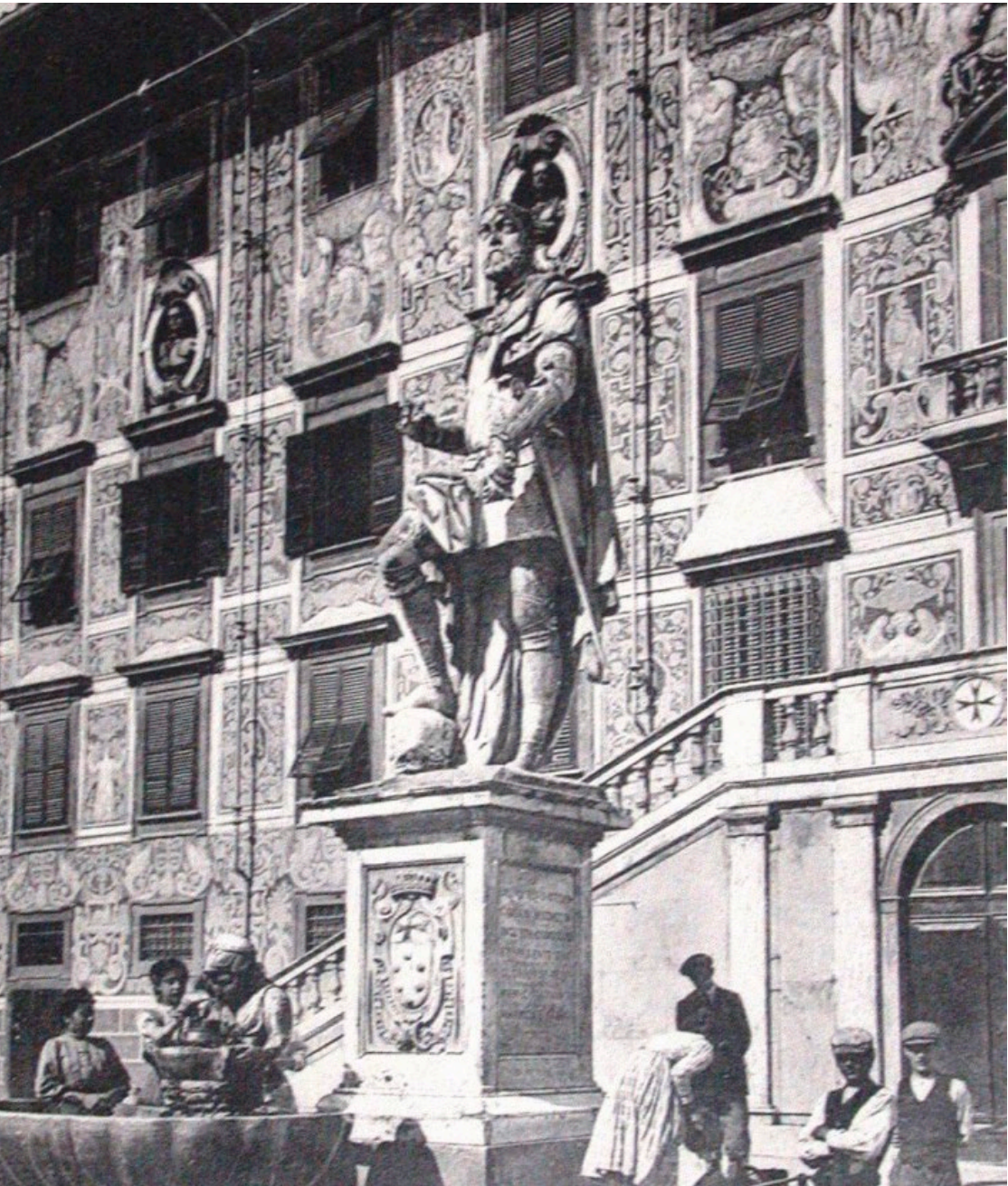


Figura 5. Il monumento a Cosimo I dei Medici in piazza dei Cavalieri a Pisa in un'immagine del 1920 circa [Collezione Giannini]. Alle sue spalle il palazzo della Carovana (o dei Cavalieri) – già quartier generale dell'Ordine dei cavalieri di Santo Stefano – sede storica della Scuola Normale Superiore di Pisa.

Figure 5. The monument to Cosimo I dei Medici in Piazza dei Cavalieri in Pisa in a photograph dating to around 1920 [Collezione Giannini]. Behind the statue is the Palazzo della Carovana (or Palazzo dei Cavalieri) – the former headquarters of the order of the Knights of Saint Stephen and the historic premises of the Scuola Normale Superiore di Pisa.

caratteristica, strascicata voce, espresse il parere che tutto quanto era stato detto, avrebbe potuto essere presentato sotto un aspetto assai più semplice. Il professore lo prese in parola e lo invitò ad esporre l'argomento secondo il suo punto di vista. Per il timore che tutti noi avevamo per i luminari della scienza, il gesto di Fermi apparve di una audacia inconcepibile: ma il Fermi, in un glaciale silenzio di attesa, fece una brillantissima lezione, riscuotendo la completa approvazione del difficile professore e lasciando in noi un senso di reverente sgomento.

Il Fermi non era uno scolaro come gli altri: non studiava alcuna lezione, e non ne aveva bisogno; andava per conto suo. Mentre noi eravamo costretti ad affannarci per poter seguire gli insegnanti, egli si occupava già dei problemi più attuali della Fisica. Chi di noi conosceva a fondo quel misterioso personaggio della termodinamica, che va sotto il nome di entropia? Nessuno; ma Fermi aveva già da dire qualche cosa di nuovo sul suo conto.

Uno dei principali svaghi di noi normalisti, cui si erano frattanto aggiunti alcuni altri simpatici e valenti studenti, erano le escursioni invernali sulle Alpi Apuane. Facevano parte del gruppo quasi sempre un aspirante filosofo, anche lui attualmente in America, De'Negri, qualche ragazzo della tribù dei Pontecorvo, sempre Rasetti, qualche volta Fermi. Tutti riconoscevano la superiore preparazione alpinistica di Rasetti, il quale si prendeva in ogni caso l'iniziativa, e i cui ordini erano legge: Rasetti era fino da allora un uomo straordinario; dotato di grandissima intelligenza e di straordinaria memoria, conosceva una enorme quantità di cose; la sua cultura e i suoi interessi andavano dalla fisica ai coleotteri, di cui aveva una fra le migliori collezioni di tutta Italia: dalla chimica all'arte,

that were an essential supplement to our meagre fare. The same Fermi who had already intimidated me in class with his extraordinary knowledge.

The task of clarifying to our minds the mystery of infinitesimal analysis was entrusted to a gifted professor, himself a former Normale scholar, from whose mouth theorems and sprays of saliva emerged with incredible rapidity. One day, at the end of a particularly taxing lesson for both the teacher and for us, Fermi got to his feet and, in that characteristic drawling voice of his, expressed his opinion that everything that had been said could have been presented in a much simpler manner. The professor took him at his word and invited him to expound the argument from his point of view. In view of the awe in which we all held these luminaries of science, Fermi's gesture appeared to be inconceivably audacious. But, in the midst of an icy, pregnant silence, Fermi delivered a brilliant lecture which earned the complete approval of the exacting professor and left all of us with a feeling of reverent bewilderment.

Fermi was not like the other scholars; he never studied the lessons and he didn't need to: he went his own way. While the rest of us had to struggle to keep up with the teachers, he was already addressing the most challenging new problems of physics. Which of us was truly acquainted with that mysterious figure of thermodynamics which goes by the name of entropy? Not one. But Fermi already had something new to say about it.

One of the favourite diversions of us Normalists, having been joined in the interim by other clever and likeable students, were the winter excursions in the Apuan Alps. Almost always part of this group was an aspiring philosopher, De'Negri – he too currently in America – some



Figura 6. Da sinistra a destra: Franco Rasetti, Nello Carrara e Enrico Fermi in una escursione sulle Alpi Apuane nel 1920 [per cortesia di Eugenio Carrara].

Figure 6. From left to right: Franco Rasetti, Nello Carrara and Enrico Fermi on an excursion in the Apuan Alps in 1920 [courtesy of Eugenio Carrara].

lads from the Pontecorvo tribe, Rasetti always and Fermi sometimes. All of us acknowledged Rasetti's superior mountaineering experience; he always took the initiative and his orders were law. Already at that time Rasetti was an extraordinary man, gifted with the greatest intelligence and an exceptional memory. He knew a vast quantity of things and his culture and interests ranged from physics to beetles – of which he had one of the finest collections in Italy – from chemistry to art and literature. Tall and thin with a prominent chin, which denoted his incredible willpower, incredibly precise in all matters, in what he did and in how he moved, with his acute and penetrating gaze and his devastatingly caustic wit, he stood out from the very start. While Fermi went unnoticed, Rasetti with his thunderous, petulant laughter about everything and everyone immediately drew attention. And I had the singular good fortune to have been able to spend a part of my life, sadly quite brief, with these two outstanding men, Fermi and Rasetti.

Despite their modest heights, the Apuan Alps present considerable difficulties. Jagged and precipitous, covered in winter with sheets of ice, they want to look man in the eyes. Their appeal resides in the satisfaction of overcoming the difficulties, in the amazing panoramas that open up before those who manage to reach the summits, sweeping over the sea to the west and the mountains all around. Any falls are extremely dangerous. And so we, acknowledging the expediency of placating the divinities of the mountain, would every so often dislodge a boulder and send it crashing downwards in a complicated propitiatory rite. The logic was that the fall of the boulder would increase the entropy of the universe which, thus satisfied,

alla letteratura. Alto, magro, con un mento prominente, che denotava la sua straordinaria forza di volontà, estremamente preciso nelle sue cose, nella sua attività, nei suoi movimenti, sguardo acutissimo e penetrante, spirito caustico molto temibile, egli si faceva notare di primo acchito. Quanto Fermi passava inosservato, tanto Rasetti con la sua rumorosa, crosciante, petulante risata su tutto e su tutti, richiamava immediatamente l'attenzione. È stata una mia singolare ventura aver potuto passare un periodo della mia vita, purtroppo assai breve, con questi due uomini eccezionali, Fermi e Rasetti.

Le Alpi Apuane, nonostante la loro modesta altezza, presentano notevoli difficoltà; irte, dirupate, coperte d'inverno di lastroni di ghiaccio, vogliono vedere l'uomo in faccia. La soddisfazione delle difficoltà superate, i meravigliosi panorami che si presentano a chi ne raggiunga i vertici, sul mare ad ovest e sulle montagne altrove, ne costituiscono il fascino. Estremamente pericolose le eventuali cadute. Ed ecco che noi, riconoscendo l'opportunità di placare la divinità della montagna, facevamo precipitare a valle di tanto in tanto qualche masso, con un complicato rito propiziatorio. Logicamente la caduta del masso avrebbe fatto accrescere l'entropia dell'universo, che così soddisfatta, speravamo ci avrebbe risparmiato. E poiché mai nulla di spiacevole accadde, possiamo concludere che i rituali sacrifici dell'entropia furono veramente efficaci.

Fu proprio in occasione di quelle escursioni e di questi sacrifici propiziatori, che Fermi ci iniziò alle sue nuove e straordinarie idee in proposito all'entropia.

Come si sa, l'entropia, nello svolgimento dei fenomeni naturali, ha il vizio di crescere sempre; nulla può accadere nel mondo fisico senza che l'accrescimento

would we hoped spare us. And since nothing unfortunate ever did happen, we can conclude that the sacrificial rituals of entropy were indeed effective.

It was during these excursions and these propitiatory sacrifices that Fermi initiated us into his extraordinary new ideas about entropy. As we know, in the evolution of natural phenomena, entropy has a way of always increasing; nothing can happen in the physical world without the increase in entropy being at a maximum. The increase in entropy is the criterion for distinguishing the phenomena that can really occur from others; it characterises irreversible phenomena.

Let us consider one of the simplest examples. We have a recipient full of a gas of any kind at a determined temperature and pressure. A second recipient, initially empty, is placed in communication with the first. Some of the gas then passes from the first to the second recipient and, after an appropriate time the gas is distributed in both recipients, assuming a different pressure. This process is irreversible, since it has never been observed that the gas distributed in the two recipients could spontaneously gather in only one of them, and during this process entropy increases. The law of distribution of velocity among the molecules of the gas, proposed by Maxwell, and the kinetic theory of the gases that derives from this, elaborated by Boltzmann, enable the mathematical formulation of entropy. Then, given that the gas evolves spontaneously from less probable states to more probable states, the entropy proves to be proportional to the logarithm of the probability of state. There is, however, a gap. The absolute value of entropy in a state cannot be known; only its variations in the passage from one state to another can be analysed. It is as if we can count the number of

dell'entropia sia massimo; l'accrescimento dell'entropia è criterio per distinguere i fenomeni che possono realmente manifestarsi dagli altri; caratterizza i fenomeni irreversibili.

Consideriamone uno dei più semplici; un recipiente pieno di un qualsiasi gas, ad una determinata temperatura e pressione. Un secondo recipiente, inizialmente vuoto, viene posto in comunicazione col primo. Una parte del gas passa allora dal primo al secondo e, dopo un tempo conveniente, il gas si distribuisce nei due recipienti, assumendo una diversa pressione. Questo processo è irreversibile, perché mai si è potuto constatare che il gas, distribuito nei due recipienti, spontaneamente si raccolga in uno solo; e durante questo processo l'entropia aumenta.

La legge di distribuzione delle velocità fra le molecole del gas, proposta dal Maxwell, la teoria cinetica dei gas che ne consegue elaborata dal Boltzmann, permettono la formulazione matematica dell'entropia; e, ammettendo che il gas evolva spontaneamente da stati meno probabili a stati più probabili, l'entropia risulta proporzionale al logaritmo della probabilità di stato.

Rimaneva tuttavia una lacuna: il valore assoluto dell'entropia in uno stato non è conoscibile, ma soltanto si possono valutare le sue variazioni nel passaggio da uno stato ad un altro: come se si sapessero contare gli scalini che separano il quindicesimo piano di un grattacielo dal sedicesimo, ma non si potesse conoscere il principio della scala.

Pur con queste limitazioni, la dottrina dell'entropia aveva risolto gran numero di questioni della fisica e della chimica; la conoscenza del valore assoluto dell'en-

steps that separate the fifteenth floor of a skyscraper from the sixteenth but we cannot know where the staircase begins.

Despite these limitations, the doctrine of entropy had resolved many of the problems of physics and chemistry; however knowledge of the absolute value of entropy, of the start of the staircase, would have permitted progress of the utmost importance. This – the determination of the absolute value of entropy – was the question that was going round and round in the mind of the young Fermi, not yet twenty, as with us he tucked into chestnut cake, climbed the statue of Cosimo I and made sacrifices to entropy on the Apuan Alps. We, on the other hand, had to restrict ourselves to what was for us the very taxing study of the lecture notes and books which we had abandoned at length during our military service.

Small of stature, thin and with a rather dark complexion, thick hair, a small nose and an impertinent milk tooth still prominently on show, with his head thrust forwards, the depth of Fermi's thought could be seen only in his eyes, in the innerness of his gaze.

One of the toughest studies we had to address was the course of rational mechanics taught by the illustrious and likeable professor Maggi, the one that we never had the chance to greet when we met him in the street because he always beat us to it. With the left half of his long grizzled moustache turned upwards and the right half downwards, the thin and lively teacher initiated us into the mysteries of his material figures, covering blackboards with formulas and eschewing in the most absolute manner any graphic aid whatsoever, which we, on the contrary, felt would have been extremely effective. His references to the assumed straight line,

tropia, del principio della scala, avrebbe tuttavia permesso progressi straordinariamente importanti.

Questo, la determinazione del valore assoluto dell'entropia, era il problema che mulinava nella mente del giovane Fermi, non ancora ventenne, che con noi mangiava il castagnaccio, saliva sulla statua di Cosimo I, faceva sacrifici all'entropia sulle Alpi Apuane; mentre noi dovevamo limitarci allo studio scolastico, e per noi durissimo, sulle dispense e sui libri, da lungo tempo abbandonati per il servizio militare.

Piccolo di statura, magro, di colore piuttosto oscuro, folti i capelli, il naso minuto, un impertinente dentino di latte in bella mostra, il capo teso in avanti, la profondità del pensiero di Fermi appariva solo dagli occhi, dalla interiorità del suo sguardo.

Uno degli studi più ostici era il corso di meccanica razionale del simpatico ed illustre professore Maggi, quello che non facevamo in tempo a salutare, incontrandolo per via, perché riusciva a precederci. Un lungo baffo brizzolato, drizzato in alto, il sinistro; un lungo baffo volto in basso, il destro, il vivacissimo e asciutto professore ci iniziava ai misteri delle sue figure materiali, riempiendo lavagne di formule e rifuggendo nel modo più assoluto da qualsiasi ausilio grafico, che secondo noi, sarebbe stato invece efficacissimo: la supposta retta, la retta precedentemente indicata, la retta in discorso, invece della retta *a*, della retta *b*, della retta *c*, e di un conveniente disegno alla lavagna, accrescevano per noi le difficoltà della difficile materia. Fermi non aveva bisogno di alcuna meditazione, egli sapeva già tutto; Rasetti imparava tutto senza sforzo e, con la sua prodigiosa

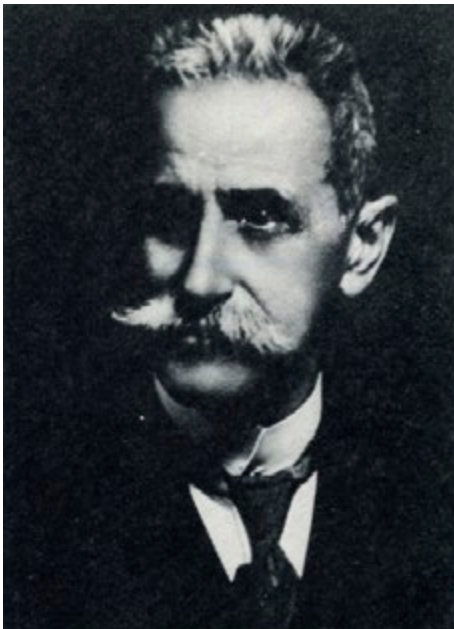


Figura 7. Gian Antonio Maggi [Milano, 19 febbraio 1857 – Milano, 12 giugno 1937], studente di Kirchhoff a Berlino, tenne la cattedra di Meccanica Razionale a Pisa per circa un trentennio.

Figure 7. Gian Antonio Maggi [Milan, 19 February 1857 – Milan, 12 June 1937], student of Kirchhoff in Berlin, he held the Chair of Rational Mechanics at Pisa for almost thirty years.

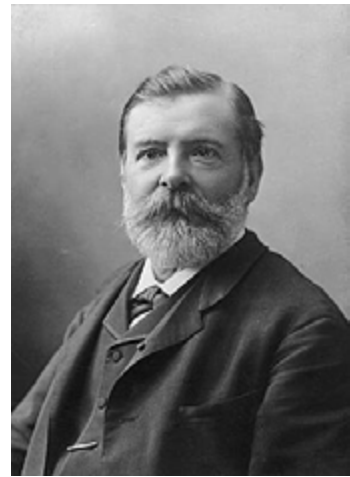
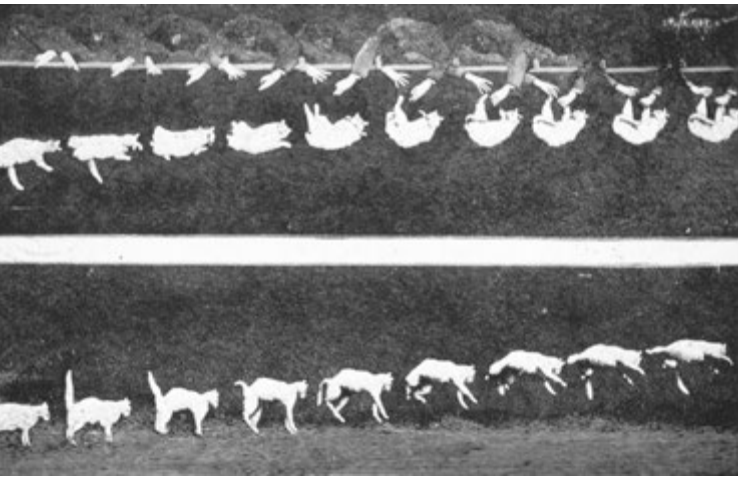


Figura 8. Sequenza della caduta di un gatto ripresa nel 1894 da Étienne-Jules Marey [Beaune, 5 marzo 1830 – Parigi, 21 maggio 1904]. Marey [foto a destra] inventò il *cronofotografo*, uno strumento, tra i precursori del cinema ma ideato per indagini scientifiche e non per l'intrattenimento, in grado di fissare le varie fasi di un movimento a scopo di studio [foto a sinistra].

Figure 8. Sequence of images of a falling cat taken in 1894 by Étienne-Jules Marey [Beaune, 5 March 1830 – Paris, 21 May 1904]. Marey [right picture] invented the chronophotographic gun, a device that was one of the precursors of the cinema film, but was conceived for scientific investigations rather than entertainment, capable of fixing the images of the different phases of a movement for study purposes [left picture].

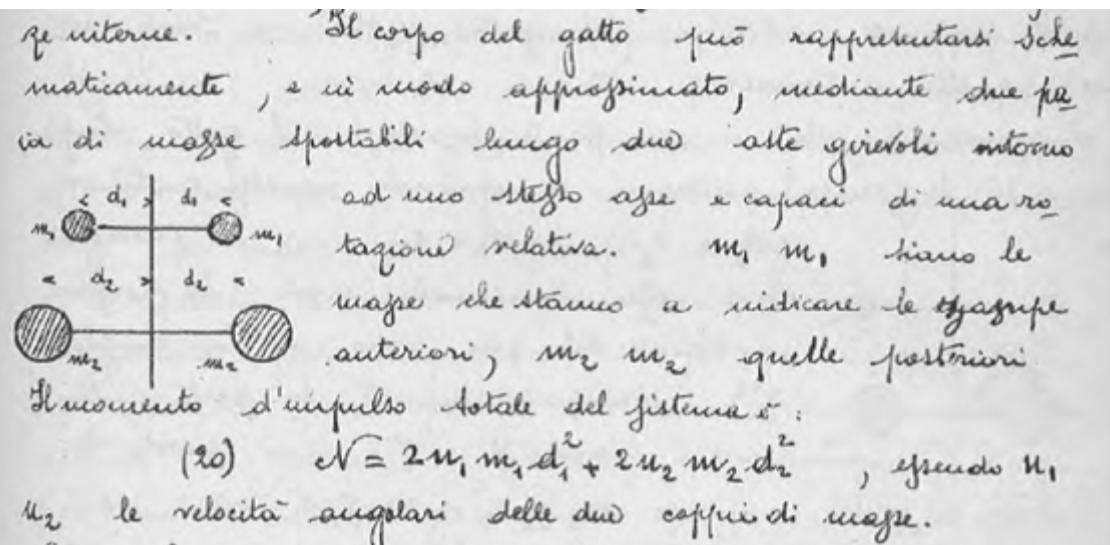


Figura 9. Schema di un gatto secondo Max Abraham. Max Abraham. [Danzica, 23 marzo 1875 – Monaco di Baviera, 16 novembre 1922] fu un fisico e matematico tedesco, tra i primi ad occuparsi della teoria della relatività; lavorò in concerto con Tullio Levi-Civita ed Albert Einstein, operando soprattutto in Italia.

Figure 9. Diagram of a cat according to Max Abraham. Max Abraham. [Danzig, 23 March 1875 – Munich, 16 November 1922] was a German physicist and mathematician, one of the first to address the theory of relativity. He worked in collaboration with Tullio Levi-Civita and Albert Einstein, operating primarily in Italy.

memoria, era in grado di ripetere in qualunque momento qualunque pagina del testo, a cominciare dalla prefazione, compresi i segni di interpunzione: «la presente edizione virgola sollecitamente allestita virgola per servir di guida virgola ai nostri giovani virgola». Le virgole e le lingue straniere erano il debole del prof. Maggi, che, conoscendo perfino il russo, si diceva avesse dimenticato l'italiano, tanto involute ci apparivano le sue esposizioni.

Ed un bel giorno arrivammo finalmente all'attesissimo teorema del gatto. Il gatto, comunque venga lasciato cadere, ricade sempre sulle zampe. «*Le chat retombe toujours sur ses pattes*»: questione grave, che aveva affaticato la celebre scuola dei meccanici francesi, perché apparentemente in contrasto con uno dei principi più solidi della meccanica razionale, il principio della conservazione della quantità di moto areale.

Da eccellenti fisici sperimentali, Fermi, Rasetti ed io decidemmo di tentare la prova; e di tentarla in lezione, proprio durante l'attesa lezione del teorema del gatto. Rinuncio a descrivere il pandemonio che successe quando, terminata la esposizione del teorema, l'innocente bestiola fu lanciata nell'aula. Va tuttavia ricordato che il professore fu, in quell'occasione, come del resto ne eravamo certi, di grande spirito e comprensione. D'altronde era noto nell'ambiente goliardico pisano, e credo anche ai professori, che, capitano Rasetti, era stata fondata una ristrettissima società, la «Società Antiprossimo», il cui nome era tutto un programma. In quel periodo ovunque, nella scuola e nei salotti, si faceva gran parlare della teoria della relatività di Einstein. Chi la portava alle stelle e chi la considerava parto di una fantasia malata: il tempo non è assoluto ma relativo; diverso nei vari sistemi

the straight line previously mentioned or the straight line in question, instead of straight line *a* straight line *b* and straight line *c* and a handy drawing on the blackboard, increased for us the difficulties of an already complex subject. Fermi had no need of cogitation, he already knew everything; Rasetti learnt everything without any effort, and with his prodigious memory was able to repeat any page of text at any time, starting from the introduction and including the punctuation marks: "this edition comma promptly produced comma to serve as a guide comma to our young people comma." Commas and foreign languages were Professor Maggi's foible; he even knew Russian, and it used to be said that he had indeed forgotten Italian, so convoluted were his explanations.

Then one fine day we finally arrived at the long-awaited falling cat theorem. However it falls, the cat always lands on its feet. «*Le chat retombe toujours sur ses pattes*»: this was a serious question which had sorely tried the famous French school of mechanics, since it apparently conflicted with one of the most solid canons of rational mechanics, namely the principle of the conservation of the quantity of areal motion.

Excellent experimental physicists that we were, Fermi, Rasetti and I decided to attempt the test, and to do so during the lesson, more precisely during the eagerly-awaited lecture dealing with the falling cat problem. I shall omit the description of the general pandemonium that ensued when, following the exposition of the problem, the poor innocent creature was launched into the lecture hall. What ought to be mentioned is that fact that the professor, as indeed we were certain he would, demonstrated great understanding and spirit on this occasion. It was

di riferimento: le dimensioni degli oggetti appaiono diverse a seconda dello stato di moto dell'osservatore; la velocità della luce invariante. Particolarmente interessante nei salotti sapere se, viaggiando a velocità prossime a quelle della luce, il corso della nostra vita sarebbe accelerato o ritardato; se, per mezzo di Einstein sarebbe stato possibile disporre dell'elisir di lunga vita. Avvenne così che il prof. Maggi si trovò in obbligo di manifestare la sua opinione, ciò che egli fece con una «esposizione compendiosa dei principi scientifici della teoria della relatività generale». Fermi era già padrone di questa sottile e profonda teoria. Ed io ricordo le lezioni che egli ne fece, nell'aula di fisica, essendo seduti, nei banchi degli scolari, gli stessi professori. E da quel giorno Fermi fu quello che sopra gli altri come aquila vola. Ma, nonostante la potenza del suo volo, egli rimase, allora e sempre, il caro compagno, semplice e buono, che partecipava alla nostra vita, alle nostre birbonate, al quale sempre potevamo ricorrere, certi del suo aiuto.

Mentre la «Società Antiprossimo» iniziava la sua attività, di cui una delle prime manifestazioni fu il lancio del gatto - e una delle successive il lancio di pezzetti di sodio metallico durante i giorni di pioggia ai piedi dei passanti, per goderne le subitane reazioni alla improvvisa fiammata provocata dal sodio al contatto con l'acqua - i membri della medesima società erano alle prese non solo con la teoria della relatività ma anche con la teoria dei quanti, che insieme con la prima, anzi più della prima, stava sconvolgendo la fisica dalle fondamenta. È molto probabile che di nostra iniziativa non avremmo neppure pensato alla possibilità di affrontare una teoria così nuova e misteriosa, se non ci avesse stimolato la consapevolezza che per Fermi si trattava di affari di ordinaria amministrazione.

moreover well-known in Pisan student circles – and I believe the professors too were aware of it – that Rasetti had founded a very exclusive society called the “Società Antiprossimo”, or “Bait-the-Neighbour Society”, the name of which says it all. At that time, both in the university and in the drawing-rooms, there was much talk of Einstein’s Theory of Relativity. Some praised it to the skies, while others attributed it to a sick imagination. Time is not absolute but relative and different within the various systems of reference; the size of objects appears different depending on the state of motion of the observer; the speed of light is invariant. Interest in the drawing-rooms pivoted on questions such as whether the course of human life would be accelerated or delayed when travelling at speeds close to that of light and whether, through Einstein, it would be possible to arrive at the elixir of long life. Thus it came about that Professor Maggi found himself obliged to express his own opinion, and he did it through a “compendious exposition of the scientific principles of the theory of general relativity”. Fermi was already master of this subtle and profound theory. And I recall his lectures on the subject in the physics lecture hall, with the professors themselves sitting in, seated on the same benches as the students. And from that day on, Fermi flew above the others like an eagle. But despite the power of his flight, he nevertheless, then and always, continued to be the dear companion, simple and good, who took part in our life and in our pranks, which we were always able to resort to, relying on his help.

The cat-tossing episode was one of the first manifestations of the “Bait-the-Neighbour Society”, followed not long afterwards by the throwing of pieces of metallic sodium at the feet of

I quanti sono davvero qualche cosa di misterioso; de Broglie, l'iniziatore della meccanica ondulatoria e Premio Nobel nel 1941 scriveva «per conto mio ero ventenne quando ho cominciato ad occuparmene, è dunque un quarto di secolo che medito su di essi; ebbene, debbo umilmente confessarlo, che se sono giunto nel corso di queste meditazioni a capire un pò meglio qualcuno dei loro aspetti, io non so davvero che cosa realmente nasconda la maschera che ne copre il volto. Mi pare tuttavia che una cosa possa essere affermata: nonostante l'ampiezza e l'importanza dei progressi compiuti dalla fisica negli ultimi secoli, finché i fisici ignoravano l'esistenza dei quanti, nulla potevano comprendere dell'intima e profonda natura dei fenomeni fisici, perché senza quanti non ci sarebbe né luce né materia, e, se è lecito parafrasare un testo evangelico, si può dire che nulla di quello che è stato fatto è stato fatto senza di essi».

Soltanto oggi possiamo misurare l'estensione della rivoluzione compiuta dai quanti. La fisica classica ci mostrava l'universo simile ad un gigantesco meccanismo, suscettibile di essere descritto con assoluta precisione, localizzando le sue parti nello spazio e la loro modificazione nel tempo; meccanismo la cui evoluzione poteva essere rigorosamente prevista in base a un certo numero di dati sulla sua situazione iniziale.

La teoria della relatività, pur rimaneggiando profondamente queste idee, le aveva però sufficientemente rispettate e non sconfessava il determinismo classico. Non così la teoria dei quanti, che, non permettendo di rappresentare con continuità nello schema dello spazio e del tempo, l'evoluzione di fenomeni naturali, obbliga a modificarne completamente il concetto.

passers-by during a shower of rain in order to enjoy their spontaneous reactions to the sudden flames provoked when the sodium made contact with the water. At the same time, the members of the Society were grappling not only with the theory of relativity, but also with the quantum theory which, together with relativity or rather even more than it, was shaking the very foundations of physics. It is highly likely that we would never have dreamt of the possibility of tackling such a new and mysterious theory had we not been stimulated by the awareness that for Fermi it was all in a day's work.

Quanta are indeed something truly mysterious; Louis de Broglie, who initiated wave mechanics and won the Nobel Prize, wrote in 1941 "as for me, I was about twenty when I started dealing with them, and so it is now a quarter of a century that I've been thinking about them; well, I have to humbly confess that, although in the course of these reflections I have got to the point of understanding some of their aspects a little better, I still really do not know what is concealed behind the mask covering their face. Nevertheless, it does seem to me that one thing can be stated: despite the extent and importance of the progress made by physics over the last centuries, as long as the physicists were unaware of the existence of quanta they were unable to comprehend anything of the intimate and profound nature of physical phenomena, because without quanta there would be neither light nor matter and, if one may paraphrase the Gospels, it can be said that without them was not anything made that was made."

Only now is it possible to measure the extent of the revolution accomplished by quanta. Classical physics showed us a universe that was like a gigantic mechanism, which could be

L'origine della teoria dei quanti si trova nelle ricerche compiute da Max Planck sulla teoria dell'irraggiamento del corpo nero. I metodi della fisica classica, applicati a questo problema, conducevano a conclusioni non solo in contrasto con l'esperienza, ma addirittura assurde (Rayleigh) senza alcuna speranza di giungere ad un risultato accettabile.

Appariva la necessità di introdurre nella fisica punti di vista affatto nuovi, Planck ebbe allora l'idea geniale di enunziare un postulato interamente estraneo alle concezioni classiche, che è il seguente: la materia non può emettere energia raggianti che per quantità finite, proporzionali alla frequenza: il fattore di proporzionalità è una costante universale delle dimensioni di un'azione meccanica. È la celebre costante h di Planck. Partendo da questo postulato, paradossale secondo la fisica classica, Planck giunse a scrivere una legge dell'irraggiamento termico, cui è legato il suo nome.

Il confronto mostrò che la teoria di Planck è perfettamente in accordo con l'esperienza; e a poco a poco ne apparve l'importanza fondamentale non solo nel problema particolare dell'irraggiamento del corpo nero, ma in qualunque campo.

Fu l'introduzione dei quanti ad esempio che permise la risoluzione completa dei problemi spettroscopici e consentì di svelare il segreto della costituzione atomica e molecolare. I primi metodi per questa introduzione si debbono al Bohr e successivamente al Sommerfeld. A dir vero essi sapevano piuttosto di magia o di stregoneria, più che di scienza vera e propria: ma, con la successiva elaborazione della meccanica quantistica e ondulatoria, le regole di quantizzazione appaiono oggi sotto una luce ben diversa.

described with absolute precision, locating its parts in space and their alteration in time. And the evolution of this mechanism could be accurately predicted on the basis of a certain number of data regarding its initial situation. The theory of relativity, while it had profoundly remodelled these ideas, had nevertheless largely respected them and did not repudiate the classical determinism. This was not the case with quantum theory which, not permitting a continuous representation of the evolution of natural phenomena in the scheme of space and time, calls for a complete modification of the concept.

The origin of quantum theory can be found in the research carried out by Max Planck on the theory of black body radiation. When the methods of classical physics were applied to this problem they led to conclusions that, not only were in conflict with experiments but were actually absurd (Rayleigh), with no hope of obtaining an acceptable result. The need therefore emerged to introduce absolutely new points of view into physics, and Planck had the brilliant idea of stating a postulate that was entirely extraneous to the classic concepts. The postulate was that matter can only emit radiation energy for finite quantities that are proportional to the frequency: the proportionality factor is a universal constant of the dimensions of a mechanical action. This is Planck's famous h constant. Starting from this postulate, which according to classical physics was paradoxical, Planck got to the point of defining the law of thermal radiation that bears his name. Comparison proved that Planck's theory was perfectly in harmony with the experiments, and its fundamental importance gradually emerged, not only for the specific question of black body radiation, but in any field. It was, for example, the introduction of the

Allora però, verso il 1920, la benemerita «Società Antiprossimo» si trovava di fronte ai primi incerti e farraginosi inizi di un così brillante avvenire della teoria dei quanti e la nostra introduzione nei suoi misteri apparve estremamente faticosa.

Non così per Fermi, il quale accoppiava ad una abilità matematica eccezionale una altrettanto eccezionale intuizione dei fenomeni fisici. E non solo Fermi era perfettamente al corrente delle nuove idee, ma già stava maturando nella sua mente la possibilità di servirsene, per risolvere il problema che personalmente lo assillava, quello della determinazione del valore assoluto dell'entropia.

Egli pensava che, essendo le leggi spettroscopiche esaurientemente spiegate «quantizzando» i moti degli elettroni negli atomi, fosse necessario quantizzare anche i moti delle molecole nei gas. L'entropia allora, legata direttamente alla velocità delle molecole, dovrà contenere il quanto d'azione h e vi sono ragioni per prevedere che la divergenza fra l'entropia calcolata nel modo classico e quella calcolata secondo le moderne vedute quantistiche sarà sensibile specialmente verso le forti pressioni, le basse temperature, cioè per gli stati fortemente condensati o, come disse Fermi, negli stati degenerati.

Non è il caso di addentrarci nello sviluppo assai difficile della teoria del Fermi; basterà affermare che non solo egli poté arrivare alla determinazione del valore assoluto dell'entropia, ma ad accorgersi che la regola semplice del Sommerfeld per quantizzare un sistema non vale quando il sistema stesso contenga particelle identiche, com'è ad esempio il caso dell'elio, il cui atomo contiene due elettroni fra loro indistinguibili: qui spuntava in germe il principio di esclusione del Pauli.

quanta that permitted the complete resolution of spectroscopic problems and led to the revelation of the secret of the constitution of atoms and molecules. The first methods for this introduction were proposed by Bohr and later by Sommerfeld. If truth be told, they had more the air of magic or witchcraft than of authentic science; however, with the subsequent elaboration of quantum and wave mechanics, the rules of quantization appear now in a very different light.

At the time, however, around 1920, the meritorious "Bait-the-Neighbour Society" found itself addressing the first hesitant and muddled beginnings of what was to become the brilliant future of quantum theory, and our introduction into its mysteries appeared to be extremely tedious. Not so for Fermi, who combined an exceptional mathematical ability with an equally astounding intuition of physical phenomena. And not only was Fermi fully abreast of the new ideas, but was already mulling over in his own mind the possibility of utilising them to resolve the problem by which he was personally assailed: that of determining the absolute value of entropy.

He believed that, since the spectroscopic laws could be exhaustively explained by "quantizing" the movements of the electrons in the atoms, it was also necessary to quantize the movements of the molecules in the gases. Thus the entropy, directly linked to the velocity of the molecules, has to contain the quantum of action h and there is reason to assume that the divergence between the entropy calculated in the classic manner and that calculated in line with the modern quantum approach would be sensitive in particular towards strong pressures, low temperatures, that is for strongly condensed states or, as Fermi said, in degenerate states.

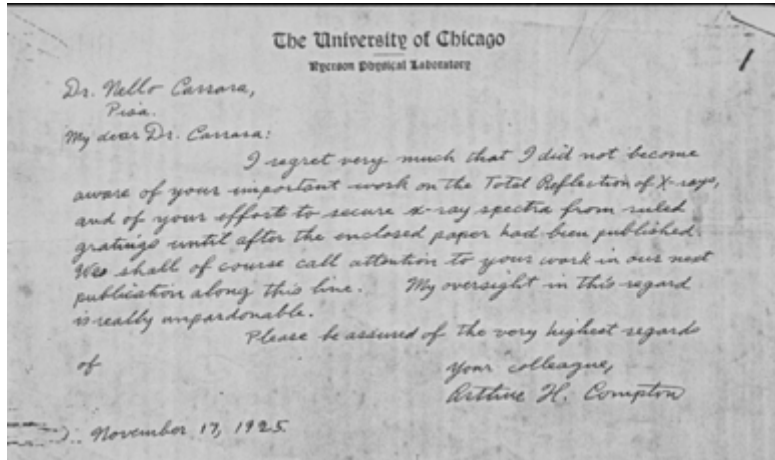


Figura 10. Lettera del novembre del 1925 [foto a destra] di Arthur H. Compton [foto a sinistra] – Premio Nobel per la Fisica nel 1927 – a Nello Carrara: «Mio caro Dr. Carrara, mi dispiace molto di non aver saputo dei suoi importanti lavori sulla riflessione totale dei raggi X, e dei suoi sforzi per accertare lo spettro dei raggi X tramite reticoli di diffrazione, fino a dopo la pubblicazione del lavoro che le allego. Ovviamente citeremo il suo lavoro nel nostro prossimo articolo sull'argomento. La mia svista in questo caso è stata imperdonabile. La prego di accettare i migliori omaggi da parte del suo collega Arthur H. Compton» [per cortesia di Eugenio Carrara].

Figure 10. Letter dated November 17, 1925 [right picture] from Arthur H. Compton [left picture] – Nobel Prize for Physics in 1927 – to Nello Carrara: "My dear Dr. Carrara, I regret very much that I did not become aware of your important work on the Total Reflection of X-rays and of your efforts to secure x-ray spectra from ruled gratings until after the enclosed paper had been published. We shall of course call attention to your work in our next publication along this line. My oversight in this regard is really unpardonable. Please be assured of the very highest regards of your colleague, Arthur H. Compton." [courtesy of Eugenio Carrara].

This is not the place to go further into the very complex development of Fermi's theory. Suffice it to say that, not only did he succeed in arriving at the determination of the absolute value of entropy, but he also realised that Sommerfeld's simple rule for quantizing a system does not hold when the system itself contains identical particles, as for example in the case of helium, the atoms of which contain two electrons that are indistinguishable: this was indeed the germ of the Pauli exclusion principle.

While Fermi was absorbed in these lofty theoretical speculations, I was working on my graduation thesis. This was an experimental work on an argument that was highly topical at the time: the study of the diffraction of x-rays through crystals. It entailed repeating and discussing the complicated experiments of Friedrich, Knipping and Bragg that everyone was talking about at the time. Nowadays, when it is as easy to buy x-ray spectrographs as it is to buy a microscope, it is hard to imagine the difficulties to be addressed by an inexperienced youth in the face of such new and disconcerting experiments. Everything had to be made: from the tubes for the x-rays to the apparatus to power them, the devices for the crystals and the crystals themselves. I was given enormous help, with advice and precious suggestions, by our mutual teacher, Professor Puccianti. He was a very skilled experimenter, a man of acute genius and vast culture whom I recall with the most profound sentiment, since he was a paternal friend to me up to the last days of his life. Fermi too helped me in this research and, while his assistance was precious to me as regards the theoretical side, it was of no use at all in the strictly experimental side, for which he did not appear to have any particular inclination. This impression, which is

Mentre Fermi era perduto dietro a queste elevate speculazioni teoriche, io andavo elaborando il mio lavoro di tesi di laurea: un lavoro sperimentale su un argomento allora di grande attualità: lo studio della diffrazione dei raggi X mediante i cristalli. Si trattava di ripetere e discutere difficili esperienze di Friedrich, di Knipping e di Bragg, di cui tutti allora parlavano. Oggi, che si possono acquistare spettrografi a raggi X così come si compra un microscopio, non ci si può rendere conto delle difficoltà cui andava incontro un inesperto ragazzo, di fronte ad esperienze così nuove e sconcertanti. Tutto era da fare: dai tubi per raggi X agli apparecchi per la loro alimentazione; dai dispositivi per cristalli, ai cristalli stessi. Col consiglio e con preziosi suggerimenti, mi fu di grandissimo aiuto il nostro comune maestro, prof. Puccianti, abilissimo sperimentatore, uomo di acuto ingegno e di vasta cultura, che non posso ricordare se non con la più profonda commozione, perché mi fu paterno amico fino ai suoi ultimi giorni. Anche Fermi mi assisteva in queste ricerche, e, se il suo aiuto mi fu prezioso per la parte teorica, fu invece nullo per la parte sperimentale propriamente detta, per la quale pareva non avesse alcuna particolare disposizione. Questa impressione, che conservo ben viva nel ricordo, doveva essere clamorosamente smentita, perché Fermi si dimostrò grandissimo, non solo come teorico, ma anche come uomo di laboratorio.

La nostra giornata era davvero piena di avventure: avventure scientifiche, avventure goliardiche. Rasetti, che pure seguiva il mio lavoro di tesi e mi consolava nelle numerose difficoltà, aveva messo singolarmente a profitto della «Società Antiprossimo» le sue molteplici conoscenze chimiche. Egli aveva elaborato sostanze estremamente pestifere, di cui fu deciso l'impiego il giorno in cui venimmo

still vitally alive in my memory, was later to be resoundingly belied, since Fermi turned out to be extraordinarily great, not only as a theorist, but also in the laboratory.

Our days were truly packed with adventures: scientific adventures and student pranks. Rasetti, who was also supervising my thesis work and consoling me as regards the endless problems, had placed his extensive chemical knowledge singularly at the service of the "Bait-the-Neighbour Society". He had concocted some extremely noxious substances, and it was decided to employ them on the day when, it had come to our knowledge, an entire school of delectable girls would be visiting the Leaning Tower. While the poor creatures were ascending the spiral steps running around the tower, one after another, one of the most powerful and efficient Rasetti bombs was thrown inside. The tower was filled with the most tremendous smell; some of the girls felt ill and some even fainted: the episode was deemed worthy of report in the press.

Adventures of this kind, both exhausting and dangerous, were followed by rest periods devoted to attentive reading and commentary on the children's comic, the *Corriere dei Piccoli*, at Rasetti's home. Anything could make us laugh, and among all the laughs Rasetti's own rose above the rest: everything seemed extraordinarily amusing. Hand-in-hand with this the sportive activities developed. The excursions in the mountains were alternated with bicycle rides in the environs of Pisa, and on one of them we had a close shave with unpleasant consequences. We were heading towards Navacchio at a gentle, touring pace, navigating through a sea of mud on account of the recent rain, riding the most decrepit old rented bikes. These were very unquiet times politically, and students in particular were not kindly regarded. Already there'd

a sapere che un intero collegio di graziose ragazze sarebbe salito sul campanile pendente. Mentre le disgraziate salivano, una dietro l'altra, la scala a chiocciola che corre lungo la torre, fu gettata nell'interno una delle più poderose ed efficienti bombe Rasetti. Un odore tremendo riempì il campanile; alcune ragazze si sentirono male, alcune addirittura svennero: l'avvenimento ebbe l'onore della cronaca.

Ad avventure del genere, faticose e pericolose, seguivano periodi di riposo dedicati alla attenta lettura e al commento del Corriere dei Piccoli, in casa Rasetti. Tutto valeva a farci ridere; e fra le risate emergeva in modo particolare quella di Rasetti; tutto appariva straordinariamente divertente.

Di pari passo si sviluppava l'attività sportiva: alle escursioni in montagna si alternavano gite in bicicletta nei dintorni di Pisa; e per poco una di queste non ebbe conseguenze spiacevoli. Andavamo verso Navacchio di passo turistico, navigando in un mare di fango per le recenti piogge, con scassatissime biciclette prese a nolo. Erano momenti politicamente assai inquieti e gli studenti, in modo particolare, erano malvisti: l'attraverso di alcuni paesi già ci era stato motivo di inquietudine, e finalmente passando per la piazzetta di non ricordo più quale località, fummo salvi solo perché la bicicletta di Fermi non aveva parafranghi. La vista di Fermi, mutato in una maschera di fango, volse in riso e innocua derisione le gravi minacce che ci erano state rivolte.

Potrei continuare a lungo con la descrizione di queste avventure. Ma il tempo passa. Presa finalmente la laurea con piena soddisfazione e scelto come assistente dal mio professore, dopo breve tempo dovetti nuovamente abbandonare studi ed amici perché richiamato in servizio militare. La guerra era finita, ma il no-

been a certain anxiety in the air as we rode through several small towns and finally, passing through the square of a place I don't remember the name of, we saved our skins only because Fermi's bike had no mudguards. The vision of Fermi transformed into a mask of mud turned to laughter and innocuous derision the serious threats that had just been hurled at us.

I could continue at length with the description of these adventures. But time runs on. Having finally taken my degree with the greatest satisfaction, and having been chosen as assistant by my professor, after a short time I had to once more abandon my studies and my friends when I was recalled to military service. The war was over, but our country was not at peace and the military service that awaited me was no fun at all.

As I took leave of my friends, I recall in particular that I said to Fermi: "when I get back and you've won the Nobel Prize, promise you won't look down on me!" Then when I did get back, finally free of military obligations, Fermi was no longer at Pisa. As soon as he graduated he had been called to the University of Florence. There I was able to continue seeing him, aided by the fact that I am Florentine and my parents and parental home are in Florence.

In his new surroundings Fermi continued to reflect on the problems of entropy. If indeed the calculation of entropy was dominated by the law of quanta rather than classical mechanics, the entire current theoretical edifice within which the behaviour of the gases had been framed up to then, ignoring Planck's concept of discontinuity, would have to be corrected. It was plausible to imagine that with quantization the results would be different, conforming better with the experiments, especially at low temperatures and strong pressures, that is, in a state of degeneration.

stro paese non era tranquillo. Mi aspettava un servizio davvero poco divertente.

Nel lasciare i miei amici, in particolare ben ricordo di aver detto rivolto a Fermi: quando ritornerò e avrai avuto il Premio Nobel, non mi guarderai mica dall'alto in basso!

Ma quando ritornai, ormai libero da obblighi militari, Fermi non era più a Pisa; appena laureato era stato chiamato all'Università di Firenze.

Là potei continuare a frequentarlo, favorito dal fatto che sono fiorentino e che i miei genitori e la mia casa paterna sono a Firenze.

Nella nuova destinazione Fermi continuava a meditare sui problemi riguardanti l'entropia. Se nel calcolo dell'entropia è la legge dei quanti che domina e non la meccanica classica, tutto l'edificio teorico corrente, nel quale era stato inquadrato fino allora il comportamento dei gas ignorando il concetto di discontinuità del Planck, avrebbe dovuto essere corretto; si poteva pensare che, con la quantizzazione, i risultati sarebbero stati diversi e più conformi all'esperienza specialmente alle basse temperature, alle forti pressioni, ossia in stato di degenerazione.

Una regola importantissima era stata enunciata in quel tempo dal fisico Pauli, in aggiunta alle regole di Bohr e Sommerfeld, e cioè che quando in un atomo esiste un elettrone, il cui moto è definito da quattro numeri quantici, è escluso che a un altro elettrone corrispondano i medesimi numeri: questo principio di esclusione affermava dunque che in un atomo un solo elettrone può stare in una determinata condizione quantica. Pauli dimostrò che la sistematica degli spettri è dominata da questo principio: e non solo quella degli spettri atomici, ma anche quella degli spettri molecolari.

Around this time a very important principle was expounded by the physicist Pauli, supplementing the rules of Bohr and Sommerfeld: namely that when in an atom there is an electron the motion of which is defined by four quantum numbers, there cannot be another electron in the atom with the same four numbers. This exclusion principle therefore stated that only one electron in an atom can be in a specified quantum state. Pauli demonstrated that the systematics of the spectra is dominated by this principle, and not only that of the atomic spectra, but also that of the molecular spectra.

And it was Fermi who then took the daring step of extending the rule to the set of molecules composing the gaseous mass, and on the basis of Pauli's principle elaborated a new statistics of molecular motion that has been named after him. It was not long before the consequences of Fermi's statistics became increasingly numerous and important. In the light of it, many famous problems were solved concerning the specific heats of gases and metals; the Wiedmann and Franz law on the ratio between thermal and electrical conductivity was clarified, as were Richardson's law on thermionic emission, the Volta effect, the Peltier effect, the electrical conduction of metals and semiconductors and so forth. The ultra-modern crystal diodes of silicon and germanium, and the transistors that represent the latest novelty of electronics and appear set to have an extraordinary future in all fields of modern civilisation: all of these derive from the Fermi statistics.

Physics today is dominated by two statistics: Bose-Einstein statistics and Fermi-Dirac statistics, the former typically governing photons and the latter electrons. Wave mechanics has es-

E il Fermi compì l'ardito passo di estendere la regola all'insieme delle molecole costituenti la massa gassosa ed elaborò sulla base della regola di Pauli, una nuova statistica dei moti molecolari che da lui ha preso il nome.

Le conseguenze della statistica di Fermi non tardarono ad essere sempre più numerose ed importanti. Nella sua luce furono risolti problemi famosi sui calori specifici dei gas e dei metalli; furono completamente chiarite la legge di Wiedmann e Franz sul rapporto fra conducibilità termica ed elettrica, la legge di Richardson dell'emissione termoelettronica, l'effetto Volta, l'effetto Peltier, la conduzione elettrica dei metalli e dei semiconduttori e così via; i modernissimi diodi a cristallo di silicio e di germanio, e i transistor, che costituiscono l'ultima novità dell'elettronica, e tanto avvenire sembrano avere in ogni campo della moderna civiltà, derivano dalla statistica di Fermi.

Due sono oggi le statistiche che dominano la fisica: quella di Bose-Einstein e quella di Fermi-Dirac; l'una valevole tipicamente per i fotoni, l'altra per gli elettroni. La meccanica ondulatoria ha stabilito un criterio generale per conoscere quale delle due debba essere applicata. Un insieme di particelle uguali possono obbedire all'una o all'altra statistica. Si tratta di considerare una certa funzione, detta funzione d'onda, che dipende dalle coordinate dello spazio e dal momento angolare o spin delle particelle. Per le particelle che, come i fotoni, seguono la statistica di Bose, la funzione d'onda è simmetrica, per quelle invece che, come gli elettroni, seguono la statistica di Fermi, la funzione è antisimmetrica. Questo risultato è di straordinaria importanza in quanto ha consentito di raggiungere profonde informazioni sulla struttu-



Figura 11. L'Istituto Nazionale di Elettroacustica fondato da Mario Corbino in Via Panisperna a Roma in una cartolina del 1943 [Collezione Giannini].

Figure 11. The National Institute of Electroacoustics, founded by Mario Corbino in Via Panisperna in Rome, in a postcard of 1943 [Giannini Collection].

ra dei nuclei atomici, e, fra l'altro, ha permesso di escludere nei nuclei stessi, la presenza degli elettroni.

Come ho detto, Fermi elaborava queste nuovissime teorie a Firenze, nella quiete del laboratorio dell'Istituto di Fisica di Arcetri, fondato da un altro illustre fisico umanista della vecchia scuola, il Garbasso, nel luogo stesso dove Galileo aveva svelato per primo le vie dell'Universo.

La permanenza di Fermi a Firenze fu breve. Chiamato a Roma alla Cattedra di Fisica Teorica da Corbino, rapidamente ascese a fama internazionale. Dopo la sua partenza da Firenze, le nostre strade si separarono e solo raramente ebbi occasione di rivederlo. L'ultima volta, mi incontrai con lui durante il Congresso Voltiano sui raggi cosmici nel 1949 a Como. Allora egli mantenne la promessa e, nonostante il Premio Nobel e il resto, ebbe con me la familiarità degli antichi tempi.

Ritornò anche l'estate scorsa in Italia, a Varenna, per tenere un corso di Lezioni alla Scuola Internazionale organizzata dalla Società Italiana di Fisica. Non andai a Varenna, perché da lungo tempo la mia attività si svolge in altre direzioni. Tuttavia, non volendo rinunciare ad un nuovo incontro con lui, pregai la signora Rasetti di combinare una riunione in Valdarno, dove parenti della signora Fermi posseggono una villa assai prossima alla nostra. La riunione non poté avvenire, perché Fermi, già sofferente per i primi e pur gravi sintomi del male, dopo un breve soggiorno in alta Italia, fece direttamente ritorno in America.

Pochi mesi dopo, seppi che Fermi era stato sottoposto ad un grave atto operativo, poi la notizia ferale della immatura fine.

Vi leggo quanto mi scrisse in tale occasione la signora Rasetti.

established a general criterion for deciding which of the two ought to be applied. A set of equal particles can obey one or other of the statistics. A certain function has to be considered; this is known as wave function and depends on the spatial coordinates and the angular momentum or spin of the particles. For the particles such as photons which follow Bose statistics, the wave function is symmetrical; instead for those, such as electrons, which follow Fermi statistics, the function is antisymmetric. This is a result of the utmost importance, since it has made it possible to arrive at the most profound information regarding the structure of the atomic nuclei and, among other things, has made it possible rule out the presence of electrons in the nuclei themselves.

As I said, Fermi came up with these ground-breaking theories in Florence, in the quiet of the laboratory of the Institute of Physics at Arcetri, founded by another illustrious humanist physicist of the old school, Garbasso, in the selfsame spot where Galileo had been the first to reveal the paths of the Universe.

Fermi's stay in Florence was brief. He was summoned to Rome by Corbino to take the Chair of Theoretical Physics, and rose rapidly to international fame. After his departure from Florence, we went our different ways and I only rarely had the chance to meet him again. The last time I saw him was at the Volta Conference on cosmic rays in Como in 1949. And he kept his promise, despite the Nobel Prize and all the rest, with me he was the same friendly chum of the old days.

He also returned last year to Italy, to Varenna, where he held a course of lectures at the International School organised by the Italian Society of Physics. I did not attend these lectures at



Figura 12. La Società Italiana di Fisica, che aveva fondato nel dopoguerra la Scuola Internazionale di Fisica di Villa Monastero a Varenna, organizzò nel settembre del 1949 – in occasione del 150° anniversario dell’invenzione della pila – un Convegno internazionale sui Raggi cosmici, a cui partecipò Enrico Fermi (presentato dal programma come «grande fisico italo-americano»), al suo primo rientro in Italia [Collezione Giannini].

Figure 12. After the War the Italian Society of Physics founded the International School of Physics of Villa Monastero in Varenna. In September 1949, to celebrate the 150th anniversary of Volta’s invention of the battery, an International Conference on Cosmic Rays was organised, in which Enrico Fermi took part (introduced in the programme as the “great Italo-American physicist”) on his first return visit to Italy [Giannini Collection].



Figura 13. «Il Frassine», la villa a Rignano sull’Arno frequentata da Enrico Fermi [collezione Giannini]. Della villa in Valdarno ne parla anche Laura Fermi nel libro *Atomi in famiglia* (Arnoldo Mondadori Editore, Verona, 1954, pp. 66-67).

Figure 13. “Il Frassine”, the villa at Rignano sull’Arno frequented by Enrico Fermi [Giannini collection]. Laura Fermi too speaks of the villa in the Valdarno in the book *Atomi in famiglia* (Arnoldo Mondadori Editore, Verona, 1954, pp. 66-67).

«La morte, dovuta ad un embolo, fu pietosa con lui, risparmiandogli gli ultimi tempi della malattia che sono i più atroci, l'unica consolazione che abbiamo avuto è stata il sapere che non ha sofferto molto, dormendo quasi sempre sotto l'influsso di uno speciale calmante. Segrè che andò a visitarlo prima e stette qualche giorno con lui, disse che Fermi e la moglie erano perfettamente informati della malattia e che ne parlavano con uno stoicismo incredibile. Discorsi degni – scrisse Segrè – dei dialoghi di Platone».

Non sono certo la persona più qualificata per render conto delle successive grandi scoperte di Fermi; ho già detto che i campi in cui si svolsero le nostre attività furono diversi. Mi proverò tuttavia a darne un cenno, sia pure fugacissimo.

Se la statistica di Fermi escludeva che l'interno dei nuclei atomici potesse alloggiare elettroni, tuttavia era un fatto sperimentale che nelle trasformazioni radioattive i nuclei espellono proprio elettroni, dotati di alta velocità, i cosiddetti raggi beta. Era dunque naturale che l'attenzione di Fermi fosse richiamata da questa apparente contraddizione fra la sua statistica e i fatti sperimentali accertati. Per di più, mentre i fenomeni atomici e subatomici sono dominati dai quanti, l'emissione beta sembra sottrarsi, in quanto si riscontra che le velocità delle particelle beta, sono distribuite in modo continuo, sino ad un certo valore massimo. Pauli aveva già suggerito che l'emissione beta potesse essere dovuta ad un processo nucleare nel quale un protone si trasforma in neutrone, emettendo appunto un elettrone – la particella beta –. Ma, per rispettare il principio della conservazione dell'energia, egli era stato costretto ad ammettere che insieme con l'elettrone venisse espulsa un'altra particella, neutra e di massa trascurabile, e perciò irri-

Varenna, because for a long time my own activities had been moving in a different direction. However I did not want to miss the chance of meeting Fermi again, and so I begged Mrs. Rasetti to arrange a meeting in the Valdarno, where relatives of Mrs. Fermi own a villa not far from our own. The meeting never took place because Fermi, who was already suffering from the first serious symptoms of his illness, after a short sojourn in northern Italy went straight home to America.

Just a few months later I heard that Fermi had undergone a very serious operation; then came the terrible news of his premature demise. Allow me to read to you what Mrs. Rasetti wrote to me on that occasion:

"Death, caused by an embolism, was clement to him, sparing him the last months of the illness which are the most atrocious. The only consolation we had was that of knowing that he did not suffer too much, almost always asleep under the effect of a special tranquiliser. Segrè who had been to visit him previously and stayed a few days, said that Fermi and his wife were fully informed about the disease, and spoke of it with the most incredible stoicism. Their conversations – wrote Segrè – were worthy of Plato's dialogues."

I am certainly not the person best qualified to render account of Fermi's subsequent great discoveries; as I already mentioned, our activities took place in different fields. Nevertheless, I shall attempt to mention them, however fleetingly. While Fermi's statistics ruled out that there could be electrons within the atomic nuclei, it was nevertheless an experimental fact that in radioactive transformations the nuclei actually expel electrons equipped with high velocity, the so-called beta rays. It was natural therefore that Fermi's attention should be drawn to this

levabile negli esperimenti. Fermi, ripreso il suggerimento di Pauli, seppe dargli forma quantitativamente e fornire solide argomentazioni a favore dell'esistenza della nuova particella che prese poi, in tutto il mondo scientifico, su sua proposta, la denominazione di «neutrino».


In quello stesso periodo di tempo, a Parigi i coniugi Joliot e Curie riuscivano a produrre artificialmente alcuni nuclei radioattivi, bombardando con particelle nuclei di elementi leggeri. Fermi, illuminato da questa possibilità, e pensando che i neutroni, sprovvisti di carica elettrica, dovessero risultare ben più efficaci, mosse all'attacco dei nuclei atomici sottoponendoli a bombardamento neutronico. Scopri così nel 1934 la radioattività artificiale, in collaborazione con i ragazzi di Corbino, cioè con quel gruppo di valentissimi giovani, fra cui Rasetti, Amaldi, Segrè, che Corbino aveva saputo riunire nel suo Istituto romano. Ad arricchire la preziosa raccolta di risultati che rapidamente essi ottennero col bombardamento neutronico, si aggiunse poi la casuale scoperta della molto maggiore efficacia dei neutroni lenti. Negli anni successivi Fermi e i suoi collaboratori si dedicarono alla estensione dei risultati conseguiti, finché nel 1939 Fermi, ottenuto il Premio Nobel, si trasferì stabilmente in America alla Columbia University. Già avevano lasciato l'Italia Rasetti e Segrè e Pontecorvo. Non si può a questo punto tacere la profonda amarezza nella constatazione di un così grave dissanguamento del nostro Paese, che tuttora continua, e rivolgere un invito alla ricerca dei mezzi adeguati per porvi riparo.

Nel 1939, dopo la scoperta di Hahn e Strassmann della scissione dell'uranio, sulla base di uno dei più importanti risultati ottenuti da Fermi col bombardamen-

apparent contradiction between his statistics and the facts ascertained in the experiments. Furthermore, while the atomic and subatomic phenomena are dominated by quanta, the beta emission does not appear to be, since it was observed that the velocities of the beta particles were distributed in a continuous manner up to a certain maximum value. Pauli had suggested that the beta emission could be due to a nuclear process in which a proton is transformed into a neutron and thus emits an electron – the beta particle. However, in order to comply with the principle of the conservation of energy he had been obliged to admit that, along with the electron, another particle was expelled which, being neutral and of negligible mass, could not be detected in the experiments. Fermi took up Pauli's suggestion again, giving it form in a quantitative sense and supplying solid arguments in favour of the existence of the new particle which thereafter, on his suggestion, throughout the scientific world became known as a "neutrino".

It was in this same period of time that, in Paris, the Joliot-Curie couple succeeded in artificially producing some radioactive nuclei by bombarding the nuclei of light elements with particles. Fermi was illuminated by this possibility and, thinking that the neutrons, being devoid of electric charge, would be much more efficacious, began to attack the atomic nuclei by bombarding them with neutrons. It was thus that, in 1934, he discovered artificial radioactivity in collaboration with Corbino's lads, that is, the group of incredibly talented young scientists, including Rasetti, Amaldi and Segrè, that Corbino had managed to gather in his Institute in Rome. The precious collection of results which they rapidly obtained with the neutron bombardment was then further enhanced by the casual discovery of the much greater efficacy of

REGISTRO *144* NUM. D'ORDINE *148* Mod. V-1



7793 MINISTERO DELLE CORPORAZIONI
1934 UFFICIO DELLA PROPRIETÀ INTELLETTUALE ✓


L'anno 1934 il giorno *26* del mese di *Settembre* alle ore *12.15*
L'Ing. Letterio Labrecosta p.s. dei Sigg.ri
Enrico FERMI, Edoardo AMALDI, Oscar D'AGOSTINO
Bruno PONTECORVO, Franco RASETTI, Emilio SEGRÈ Giulio Cesare TRABACCHI
a R o m a

ha presentato a me sottoscritto _____
1. Domanda di attestato di privativa industriale
per un trovato avente per titolo: "Metodo per accrescere il rendimento del
procedimento per la produzione di radioattività artificiale mediante
il bombardamento con neutroni".

2. Descrizione in triplo _____
3. ~~XXXXXXXXXX~~ XXXXXX
4. ~~XXXXXXXXXX~~ Lettera d'incarico
5. ~~XXXXXXXXXX~~
6. Vaglia postale di L. 300 N. 17 emissione dall'Ufficio di Roma
in data 26.10.934 XII
7. Marca da bollo da L. 5.== ✓
8. ~~XXXXXXXXXX~~

La domanda, la descrizione, i disegni e l'elenco delle ~~ca~~ sono stati firmati da 1
richiedente e da me controfirmati col timbro d'ufficio.
Per gli effetti di legge il richiedente ha _____ dichiarato di eleggere domicilio in
questa città, via S. Basilio N. 50
Copia del preesare verbale è stata da me sottoscritta e consegnata alla parte interessata

IL richiedente
Enrico Fermi



AL SEGRETARIO
Labrecosta

Figura 14. La richiesta di brevetto del 1934 per la scoperta della radioattività artificiale di Enrico Fermi, Edoardo Amaldi, Cesare D'Agostino, Bruno Pontecorvo, Franco Rasetti, Emilio Segrè e Giulio Cesare Trabacchi.
Figure 14. The 1934 application for the patent for the discovery of artificial radioactivity by Enrico Fermi, Edoardo Amaldi, Cesare D'Agostino, Bruno Pontecorvo, Franco Rasetti, Emilio Segrè and Giulio Cesare Trabacchi.

to a mezzo di neutroni lenti, Fermi rivolse la sua attenzione sull'assorbimento e sulla emissione di neutroni nel corso della scissione o fissione. Da qui sorse l'idea del processo a catena e della pila atomica, costruita a Chicago nel 1942.

Finita la seconda guerra mondiale, Fermi si dedicò allo studio dei mesoni. La sua ultima scoperta fu che i nuclei di idrogeno bombardati con mesoni veloci, passano ad uno stato eccitato, equivalente ad un aumento della loro massa; meravigliosa conferma della equivalenza della materia e della energia.

Il rimpianto per la perdita di uno scienziato di così alto valore, il cui nome va affiancato a quelli di Galileo e di Newton, di colui che per primo ha messo a disposizione dell'uomo una grandiosa fonte di energia non derivante dal Sole, è stato universale; ma, nel rimpianto si insinua una sottile inquietudine: egli ha contribuito alla ideazione e alla realizzazione della bomba atomica, che avrebbe potuto essere usata contro il suo stesso Paese.

Noi chiniam fronte al massimo Fattor, che volle in lui del creator suo spirito più vasta orma stampare.

CV: Vedi l'Editoriale di questo fascicolo.

the slow neutrons. In the years that followed, Fermi and his collaborators devoted themselves to expanding the results achieved up to 1939 when, having been awarded the Nobel Prize, Fermi moved permanently to Columbia University in the States. Rasetti and Segrè and Pontecorvo had already left Italy. At this point it is impossible not to express profound bitterness in acknowledging such a grievous loss for our country, a situation that still persists, and also to address a sincere plea for the resources for research necessary to make amends.

In 1939, after the discovery of the scission of uranium by Hahn and Strassmann on the basis of one of the most important results obtained by Fermi with the bombardment by slow neutrons, Fermi turned his attention to the absorption and emission of neutrons in the course of scission or fission. It was this that gave rise to the idea of a chain reaction and the atomic pile, which was built in Chicago in 1942. After the Second World War, Fermi devoted himself to the study of mesons. His last discovery was that the nuclei of hydrogen bombarded with fast mesons pass into an excited state, equivalent to an increase in their mass: an incredible confirmation of the equivalence between matter and energy.

There was universal grief at the loss of a scientist of such incredible stature, whose name has to rank alongside those of Galileo and Newton, of the first person to make available to man a magnificent source of energy not derived from the Sun. However, the grief was also veined with a subtle anxiety: he had contributed to the design and creation of the atomic bomb, which might even have been used against his own homeland.

Note

¹ Archivio di Stato di Firenze, Fondo Nello Carrara, Relazione tenuta al Rotary Club di Firenze il 16 maggio 1955. Pubblicato su concessione del Ministero dei Beni e delle Attività culturali e del Turismo. Divieto di ulteriori riproduzioni o duplicazioni con qualsiasi mezzo. Le figure sono state introdotte dai curatori del Volume 1 della Collana I Libri de “Il Colle di Galileo”, edito da Firenze University Press, 2014.

We bow our heads before the Great Maker, who wished through him to leave a greater mark of His spirit upon the world.

CV: See the Editorial of this issue.

Note

¹ Archivio di Stato di Firenze, Fondo Nello Carrara, Lecture given at the Rotary Club of Florence on 16 May 1955. Published by concession of the Ministero dei Beni e delle Attività culturali e del Turismo. No copying or reproduction permitted. The illustrations have been added by the editors of Volume 1 of the series I Libri de “Il Colle di Galileo”, published by Firenze University Press, 2014.