

Massimiliano Pieraccini

L'ingegnere quantistico

The Quantum Engineer

Il Colle di
Galileo

Sommario. È una fredda mattinata di inverno, Enrico Fermi aspetta in aula gli studenti. Da mesi la sua mente è occupata da un problema di fisica statistica, ma non sempre il duro lavoro paga, ha infatti ricevuto una pessima notizia.

Parole chiave. Statistica, Fermi, storia della scienza, narrativa.

Firenze-Arcetri, 11 gennaio 1926

Caro Enrico¹

ti scrivo seduto alla cattedra dell'aula dove tra qualche minuto terrò il mio corso di "Meccanica razionale" agli studenti di Scienze e di Ingegneria².

A Firenze in questi giorni ci sono temperature glaciali. Il termometro segna tre gradi ma, come mi ha avvertito Garbasso³ fin dal giorno del mio arrivo all'Istituto, se decidessimo di riscaldare l'edificio d'inverno esauriremmo la dotazione finan-

Abstract. It's a cold winter morning. Enrico Fermi is in the classroom waiting for his students. For months now his mind has been totally occupied by a problem of statistical physics, but hard work doesn't always pay off; in fact he has just received a piece of very bad news.

Keywords. Statistics, Fermi, history of science, narrative

Firenze-Arcetri, 11 January 1926

Dear Enrico¹

I'm writing to you sitting at my desk in the classroom where, in a few minutes' time I'll be holding my lecture on "Rational mechanics" for the students of Science and Engineering.²

Florence is bitterly cold these days. The thermometer shows 3 degrees but, as Garbasso³ told me from my very first day at the Institute, if we were to choose to heat the building in win-

ziaria annuale in meno di un mese e allora, veramente, non avremmo di che fare il più semplice esperimento di Fisica.

*Stamattina mi sono alzato prima dell'alba e ho passeggiato a lungo per le strade deserte della città prima di arrivare in Piazza San Marco⁴. Sentivo il bisogno di schiarirmi le idee: l'articolo di Pauli su *Z. Physik*⁵ mi ha sconvolto e depresso. Avevo cominciato a riflettere sulla questione dell'entropia di un gas perfetto fin dal mio soggiorno a Leida⁶, ma continuava a sfuggirmi una qualche regola generale su come contare gli atomi nello spazio delle fasi. Ed ora Pauli l'ha trovata. Una regola semplicissima, ovviamente, e io mi sento uno stupido completo. A cosa è servito dedicare ogni mia energia alla Fisica per tutti questi anni? Forse è il coraggio che mi manca. Dovevo osare, formulare quella maledetta regola, e invece l'ha fatto lui. Quando l'ho incontrato a Gottinga⁷, quasi non mi voleva stringere la mano, troppo impegnato a non voler capire la Fisica con Born, Heisenberg e Jordan. Perché ciò di cui ragionano loro non è più Fisica, è zoologia dei termini spettroscopici o, peggio, pura filosofia! E quella è una lingua che proprio non riesco a comprendere. Pauli una sera, più ubriaco del solito, mi ha chiamato "ingegnere quantistico". E forse ha ragione lui. Non sono adatto all'astrazione di questa nuova Fisica. Io sono e rimango il figlio di un ferroviere, un bambino che si è rifugiato nello studio della matematica e della Fisica per non pensare ai lutti della propria famiglia⁸.*

Scusami, caro amico mio, per questo sfogo. Vorrei tu fossi qui. Come al solito mi sento molto solo. Nessuno qui capisce qualcosa di Fisica moderna: a Firenze la scienza è ostinatamente ferma al 1820⁹. Rasetti¹⁰ è l'unico con cui posso parlare. Ma

ter we'd finish the yearly allowance in less than a month, and then we genuinely would not have the wherewithal to do even the simplest physics experiment.

*This morning I rose before dawn and I walked at length through the deserted streets of the city before reaching Piazza San Marco.⁴ I felt the need to clear my mind: I was upset and depressed by Pauli's article in *Z. Physik*.⁵ I had begun to reflect on the question of the entropy of a perfect gas since my stay in Leiden,⁶ but a general rule about how to count the atoms in the space of the phases continued to elude me. And now Pauli has found it! The simplest of rules, obviously, and I feel like a complete idiot. What is the point in my having devoted all my energy to physics for all these years? Perhaps what I am lacking is courage. I should have dared, formulated that blessed rule, instead he did it. When I met him in Göttingen,⁷ he seemed almost reluctant to shake hands with me, so busy was he with failing to understand physics along with Born, Heisenberg and Jordan. Because what they spend their time discussing isn't physics any more at all, it's zoology of spectroscopic terms or, worse still, pure philosophy! And that's a language that I simply can't understand. One evening when he was even more drunk than usual, Pauli called me a 'quantum engineer'. Who knows? Perhaps he's right. The abstraction of this new physics is not for me. I'm the son of a railwayman and I always will be: a boy who took refuge in the study of mathematics and physics to take his mind off the bereavements in his own family.⁸*

My dear friend, forgive me for this outburst. I so wish you were here. As usual I feel very alone. No-one here understands anything about modern physics: in Florence science obsti-

è così strano. Non ha ambizioni né veri interessi in Fisica. Sparisce per settimane e torna con collezioni di foglie e minerali. Passa le giornate a cucinare piatti esotici e parlare degli usi e della filosofia indiani. Ma quando è in laboratorio fa cose strabilianti, che mi fanno ammutolire per ingegno e fantasia. Se non ci fosse lui, sarei veramente perso in questo Istituto così misero e male attrezzato. È una ben triste condizione la mia: superato nella teoria da un ubriacone tedesco e nella pratica dal mio stesso compagno di laboratorio.

Se almeno si risolvesse la questione del concorso! Prima tutto era fermo perché non uscivano le nuove norme ministeriali. Quando sono state pubblicate è venuto fuori il problema della commissione. Corbino¹¹ e Garbasso dovrebbero essere sicuri, ma certo lo stesso non si può dire per gli altri membri. Maiorana¹², Somigliana e Maggi sono i più probabili¹³, ma non voglio neanche pensare all'ipotesi Lo Surdo!¹⁴ Intanto ho fatto domanda anche per Fisica matematica a Cagliari¹⁵. Con tutta questa incertezza sul concorso di Roma, meglio avere un fucile con due canne, benché non mi sorrida particolarmente l'idea di andare a finire nelle isole.

Malgrado lo sconforto, ma forse a maggior ragione, in questi giorni ho lavorato intensamente all'idea di Pauli (che certo avrei potuto avere io, se solo avessi avuto ancora un po' di tempo) applicandola alla quantizzazione di un gas perfetto monoatomico. Vorrei riuscire a presentare un lavoro alla riunione dell'Accademia dei Lincei che si terrà tra qualche giorno¹⁶. Sono convinto che le molecole di un gas possano essere trattate in modo quantistico ed ora, dopo l'intuizione di Pauli, posso forse calcolarne la statistica. Magari ne viene qualcosa di buono da pubblicare anche su Zeitschrift für Physik¹⁷.

nately came to a standstill in 1820.⁹ Rasetti¹⁰ is the only one I can talk to. But he's such a queer fish. He has no ambitions, nor any real interest in physics. He disappears for weeks on end and comes back with collections of leaves and minerals. He spends his time preparing exotic dishes and talking about Indian customs and philosophy. But when he's in the laboratory he does the most amazing things, with an ingenuity and imagination that leave me speechless. If it were not for him I would be truly lost in this Institute, so miserable and poorly equipped. Mine is indeed a very unhappy condition: surpassed in theory by a German drunk and in practice by my own laboratory companion.

If at least the problem of the competition could be resolved! First it was all held up because the new Ministerial rules had not been issued. And then, when they were published, the problem of the selection committee came up. Corbino¹¹ and Garbasso ought to be certain, but we can't say the same about the others members. Majorana,¹² Somigliana and Maggi seem the most likely,¹³ but I don't even want to contemplate the possibility of Lo Surdo!¹⁴ In the meantime I've also applied for the mathematical physics competition at Cagliari.¹⁵ With all this uncertainty about the Rome competition I feel it's advisable to have another string to one's bow, even though the prospect of ending up on the islands does not particularly attract me.

Despite my dejection, or perhaps even because of it, I've been working intensely on Pauli's idea over the last few days (and I'd certainly have come to the same conclusion myself if I'd had just a little more time), applying it to the quantization of a perfect monoatomic gas. I want to be able to present a paper at the meeting of the Accademia dei Lincei which will be held in

Saluti affettuosi a te e alla tua mamma e arriverci a presto.

Enrico Fermi

P.S. (13 gennaio 1926) In questi giorni sono stato troppo impegnato nei calcoli della mia statistica e non ho avuto il tempo di spedire questa lettera. Rileggendola, credo proprio che non la spedirò più¹⁸.

Postilla

Il periodo fiorentino di Fermi è forse il meno noto della vita del grande scienziato, ma è fondamentale per capirne il carattere e la formazione. A questo proposito di grande interesse sono le lettere che Fermi ha scambiato fin dal 1917 con l'amico di infanzia Enrico Persico (riportate integralmente in *Emilio Segrè, "Enrico Fermi, fisico", Zanichelli, 1971*). Questa corrispondenza è una preziosa finestra sulla personalità di un uomo di carattere schivo, ben poco incline all'espressione diretta dei propri sentimenti. Purtroppo sono disponibili solo otto lettere spedite da Firenze e certamente sarebbe una grande scoperta trovarne una nona, magari scritta proprio nei giorni cruciali della scoperta che avrebbe rivoluzionato la storia della tecnologia. Troppo bello per essere vero, ovviamente. Ma alle lacune della documentazione storica, può sempre sopprimere la fantasia del romanziere.

a few days' time.¹⁶ I am convinced that the atoms of a gas can be quantistically treated, and after Pauli's intuition I can calculate the statistics of it. Maybe something good may come of it that could even be published in the Zeitschrift für Physik.¹⁷

Affectionate greetings to you and your mother, and hoping to see you soon.

Enrico Fermi

P.S. (13 January 1926) Over the last few days I've been so busy with the calculations of my statistics that I haven't had time to post this letter. Reading it over, I really don't think I shall send it after all.¹⁸

Afterword

Fermi's time in Florence is possibly the least known period in the life of the great scientist, but it is fundamental to an understanding of his character and his education. In this respect, the letters that Fermi exchanged from 1917 on with his childhood friend Enrico Persico are of the greatest interest (included in their entirety in the book by Emilio Segrè, *Enrico Fermi, Physicist*, The University of Chicago Press, Chicago, 1970). This correspondence opens a fascinating window on the personality of a man of reserved character, not at all prone to expressing his feelings openly. Unfortunately only eight letters written from Florence are available, and

Massimiliano Pieraccini è nato ad Arezzo nel 1968. Laureato in fisica, è professore associato di Elettronica presso l'Università di Firenze. Si occupa di radar e micro-onde, ma nel tempo libero scrive narrativa. Nel 2011 ha pubblicato con Rizzoli un romanzo dal titolo "L'anomalia" che ibrida scienza e thriller. Per "La Repubblica" ha scritto un racconto storico dal titolo "Capitano di vascello".

Note

¹ Enrico Persico, compagno di scuola di Enrico Fermi a Roma, rimase in costante contatto epistolare con l'amico per molti anni. Nel 1927 Persico vincerà la cattedra di Fisica Teorica proprio a Firenze.

² Dal 1924 era stato istituito il biennio propedeutico di Ingegneria presso la Facoltà di Scienze Fisiche e Naturali della Regia Università di Firenze.

³ Antonio Garbasso, all'epoca direttore dell'Istituto di Fisica della Regia Università degli Studi di Firenze, sindaco di Firenze e senatore del Regno d'Italia.

⁴ Le lezioni si tenevano in via Piazza Marco, 2 oggi sede del Rettorato. E.F. era domiciliato in Via del Pian dei Giullari 63 (oggi via Guglielmo Righini, 2) sul colle di Arcetri, in uno stabile dell'Università nei pressi dell'Istituto di Fisica. Piazza San Marco, nel centro storico di Firenze, dista da Arcetri circa 4 Km.

⁵ *Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen im Atom mit der Komplexstruktur der Spektren*, "Zeitschrift für Physik", Vol 31, pp. 765-783. In questo articolo Wolfgang Pauli formula l'enunciato, oggi noto come "Principio di esclusione di Pauli", che valse al suo autore il Premio Nobel nel 1945.

it would undoubtedly be a an amazing coup to find a ninth one, perhaps written on the very days in which he was working on the crucial discovery that was to revolutionise the history of technology. But that would be asking for too much, obviously. Nevertheless, there is nothing to stop the gaps of historic documentation being filled by the imagination of the novelist.

Massimiliano Pieraccini was born in Arezzo in 1968. He graduated in Physics and is now Associate Professor of Electronics at the University of Florence. He deals with radar and micro-waves, and in his spare time writes fiction. In 2011 he published with Rizzoli a novel entitled *L'anomalia*, a hybrid of science and thriller. For *La Repubblica* he has written a historic short story entitled *Capitano di vascello*.

Note

¹ Enrico Persico, who was at school with Enrico Fermi in Rome, maintained a constant correspondence with his friend for many years. In 1927 Persico was appointed to the chair of Theoretical Physics in Florence.

² Since 1924 the two-year preparatory course in Engineering had been established in the Faculty of Physical and Natural Sciences of the Royal University of Florence.

³ Antonio Garbasso, at the time Director of the Institute of Physics of the Royal University of Florence, Mayor of Florence and Senator of the Kingdom of Italy.

⁶ Nel 1924, E.F. trascorse alcuni mesi a Leida ospite del prof. Paul Ehrenfest, che incoraggiò moltissimo il giovane scienziato spingendolo a approfondire i suoi studi di spettroscopia e meccanica statistica.

⁷ Nell'inverno del 1923 E.F. grazie a una borsa di studio del Ministero dell'Istruzione, visitò l'istituto di Max Born a Gottinga, all'epoca uno dei maggiori centri di ricerca del mondo, dove stava compendosi la rivoluzione scientifica di quegli anni. Disgraziatamente sembra che E.F. non riuscisse ad affiatarsi in questo ambiente straordinario né a interagire con i suoi coetanei.

⁸ Il fratello maggiore di E.F. muore all'età di 15 anni durante un'anestesia, la tragedia sconvolse la madre che muta di carattere manifestando frequenti crisi depressive. La morte della madre nove anni dopo fu un ulteriore grave colpo. E.F. rimase segnato per sempre da questi eventi che lo resero taciturno e poco incline a esprimere le proprie emozioni.

⁹ Malgrado l'evidente ritardo in campo scientifico di Firenze in quegli anni, l'anno successivo con la nomina di Enrico Persico a professore di Fisica Teorica, l'istituto fiorentino diverrà presto uno dei più avanzati centri di ricerca nel campo della nascente Fisica quantistica, in stretta collaborazione con il gruppo di Roma. Per alcuni anni gli atenei di Roma e Firenze saranno gli unici in Italia a impartire insegnamenti di fisica moderna.

¹⁰ Franco Rasetti, compagno di università di E.F., lo seguì a Firenze e poi a Roma. Fu uno dei più importanti protagonisti del gruppo di via Panisperna. Nel 1939, in seguito alla situazione politica italiana, emigrò in Canada. Non collaborò mai allo sforzo bellico degli Alleati e progressivamente passò agli studi naturalistici,

⁴ The lessons were held in Via Piazza Marco, 2 now premises of the Vice Chancellor's office. Enrico Fermi lived in Via del Pian dei Giullari 63 (now Via Guglielmo Righini, 2) on the hill of Arcetri, in a building belonging to the University close to the Institute of Physics. Piazza San Marco, in the old city centre of Florence, is about 4 km from Arcetri.

⁵ *Über den Zusammenhang des Abschlusses der Elektronengruppen im Atom mit der Komplexstruktur der Spektren*, "Zeitschrift für Physik", Vol 31, pp. 765-783. In this article Wolfgang Pauli formulated the assertion, now known as the "Pauli exclusion principle" that won its author the Nobel Prize in 1945.

⁶ In 1924, Fermi spent several months in Leiden as the guest of Professor Paul Ehrenfest, who offered great encouragement to the young scientist, urging him to pursue his studies in spectroscopy and statistical mechanics.

⁷ In the winter of 1923, thanks to a scholarship from the Ministry of Education, Fermi visited the Institute of Max Born in Göttingen, at the time one of the most important research centres in the world, where the scientific revolution of those years was taking place. Unfortunately, it seems that Fermi was incapable of fitting into this environment or of getting on with his peers and interacting with them.

⁸ Fermi's elder brother died under anaesthetic at the age of 15; his mother was completely un-hinged by the tragedy, which altered her character, and she became prone to frequent bouts of depression. The death of his mother nine years later was another harsh blow. Fermi was permanently marked by these events, which made him taciturn and loath to express his feelings.

guadagnandosi una discreta notorietà scientifica come paleontologo.

¹¹ Orso Mario Corbino, all'epoca professore di Fisica Sperimentale, senatore del Regno, già titolare dei dicasteri della Pubblica Istruzione e dell'Economia Nazionale. Con la chiamata di E.F. a Roma, Corbino sarà il principale organizzatore e protettore del gruppo dei "ragazzi di Via Panisperna" che per una breve stagione portò la fisica italiana all'apice della scienza mondiale.

¹² Quirino Majorana, zio di Ettore Majorana il grande fisico teorico del gruppo di Via Panisperna, scomparso in circostanze misteriose nel 1938.

¹³ Dopo varie vicissitudini, la composizione finale della commissione fu: Corbino, Garbasso, Cantone, Majorana, Maggi.

¹⁴ Antonino Lo Surdo, professore di Fisica Sperimentale a Roma, avversario politico di Garbasso e di E.F. In seguito aderì entusiasticamente ai programmi politici e razziali del regime, rigettando gli sviluppi della fisica "giudea".

¹⁵ La commissione del concorso di Cagliari, i cui atti furono pubblicati nel marzo 1926, giudicò E.F. maturo per la cattedra, ciò nonostante quando si venne a formare la graduatoria per la terna non si raggiunse l'unanimità. E.F. visse ciò come una profonda ingiustizia e per molti anni non dimenticò né il concorso né i giudici.

¹⁶ *Sulla quantizzazione del gas perfetto monoatomico*, "Atti dell'Accademia dei Lincei" (1926), 3, pp. 145-149.

¹⁷ *Zur Quantelung des idealen einatomigen Gases*, "Zeitschrift für Physik" (1926), 36, pp. 902-912. Si tratta di uno dei maggiori contributi di E.F. Per la prima volta si introduce una formulazione quantistica che descrive il comportamento degli

⁹ Despite the fact that Florence was clearly lagging behind in the scientific field at the time, after the election of Enrico Persico as Professor of Theoretical Physics the following year the Florentine Institute rapidly became one of the research centres in the vanguard of the nascent field of Quantum Physics, in close collaboration with the Rome group. For several years Florence and Rome were the only universities in Italy to teach modern physics.

¹⁰ Franco Rasetti, a university companion of Fermi's, followed him to Florence and then to Rome. He was one of the most important exponents of the group of Via Panisperna. In 1939, the Italian political situation forced him to emigrate to Canada. He never collaborated in the war efforts of the Allies and progressively shifted his interests towards naturalistic studies, earning a considerable scientific reputation as a palaeontologist.

¹¹ Orso Mario Corbino, at the time Professor of Experimental Physics, Senator of the kingdom, and former Minister of Education and of the Economy. When Fermi was called to Rome, Corbino was the main organiser and protector of the "lads of Via Panisperna" which for a short and glorious season brought Italian Physics to the apex of world science.

¹² Quirino Majorana, uncle of Ettore Majorana the great theoretical physicist of the Via Panisperna group, who disappeared in mysterious circumstances in 1938.

¹³ After various vicissitudes the final composition of the committee was: Corbino, Garbasso, Cantone, Majorana and Maggi.

¹⁴ Antonino Lo Surdo, Professor of Experimental Physics at Rome, political adversary of Garbasso and Fermi. He subsequently subscribed enthusiastically to the political and racial pro-

atomi di un gas, oggi universalmente nota come “Statistica Fermi-Dirac”. La moderna elettronica dei semiconduttori si basa su questo risultato, come ben sanno gli studenti di ingegneria di tutto il mondo.

¹⁸ In effetti questa lettera non è compresa nella corrispondenza che Enrico Persico mise a disposizione degli studiosi dopo la morte di E.F. nel 1954.

grammes of the regime, rejecting the developments of “Jewish” physics.

¹⁵ The selection committee of the Cagliari competition, the proceedings of which were published in 1926, considered Fermi qualified for the chair. Despite this, unanimity was not obtained in the ranking for the shortlist. Fermi considered this a profound injustice, and for many years the memory of both the competition and the judges continued to rankle.

¹⁶ *Sulla quantizzazione del gas perfetto monoatomico*, “Proceedings of the Accademia dei Lincei” (1926), 3, pp. 145-149.

¹⁷ *Zur Quantelung des idealen einatomigen Gases*, “Zeitschrift für Physik” (1926), 36, pp. 902-912. This was one of Fermi’s most important papers. It introduced for the first time a quantum formulation describing the behaviour of the atoms of a gas, now universally known as Fermi-Dirac Statistics. As students of engineering all over the world are well aware, modern semiconductor electronics is based on this result.

¹⁸ In effect this letter is not comprised in the correspondence that Enrico Persico made available to scholars after Fermi’s death in 1954.