

# CIF!

Edoardo Amaldi, allievo e amico di Fermi, raccontò che quando gli chiedeva come aveva fatto a capire ciò che si poteva ottenere e come, Fermi rispondeva sorridendo: **Cif!** (Con Intuito Fenomenale).

## ENRICO FERMI

a cura di Anna Maria Gennai

Nacque a Roma il 29 settembre 1901. Fin da ragazzo evidenziò predisposizione e interesse per la matematica e la fisica. Comprò su una bancarella e lesse il testo in latino, di 900 pagine, ***Elementorum Physicae Mathematicae*** del padre gesuita Andrea Caraffa. Nel 1918 si prepara per il concorso di ammissione alla Scuola Normale Superiore di Pisa. Scrive all'amico Enrico Persico<sup>1</sup>:

«Io seguito a fare la mia solita vita: la mattina a Ladispoli e la sera all'ufficio meteorologico. Finiremo i bagni il 10 agosto ma non ti so dire che cosa faremo dopo perché il babbo non sa quando potrà prendere il suo congedo; ti terrò informato. La lettura del Chwolson procede celermente e calcolo di averlo finito tra un mese o un mese e mezzo perché ho trovato circa 1000 pagine da saltare perché le conoscevo».



"Fermi era straordinario non solo per la potenza del suo genio, la sua grande immaginazione e il suo intelletto, il suo tremendo vigore e pazienza, la sua chiarezza e oggettività. Era eccezionale che in un'età di stretta specializzazione egli fosse un generalista. Non era solo un fisico teorico o un fisico sperimentale, un fisico nucleare o un fisico dello stato solido, un fisico puro o un fisico applicato. Forse più di ogni altro suo contemporaneo egli era un fisico e nessun ramo della materia, dalla termodinamica alla relatività, gli era estraneo ed egli contribuì in maniera importante in quasi tutti i campi. Anche come sperimentale coprì l'intero campo, dalla spettroscopia ai raggi cosmici. Per trovare una figura analoga nella storia della scienza si deve andare indietro alle origini della fisica, ad Archimede, e a Galileo, Isaac Newton e Heinrich Hertz. Per questa ragione credo che vi saranno generazioni prima che uno uguale a lui venga a nascere". E. Segré

Ciò che stava leggendo Fermi per prepararsi al concorso di ammissione alla Normale era il *Traité de Physique* di O.D.

---

<sup>1</sup> compagno del fratello maggiore Giulio, che morì ai tempi del liceo; studiò fisica a Roma

**Chwolson, di 4.350 pagine.** «La lettura del Chwolson procede rapidamente e prevedo che fra 3 o 4 giorni sarà finita; e uno studio che sono molto contento di aver fatto perché ha approfondito molto le cognizioni di fisica che già avevo e mi ha insegnato molte cose di cui non avevo nemmeno un'idea. Con queste basi credo che potrò concorrere a

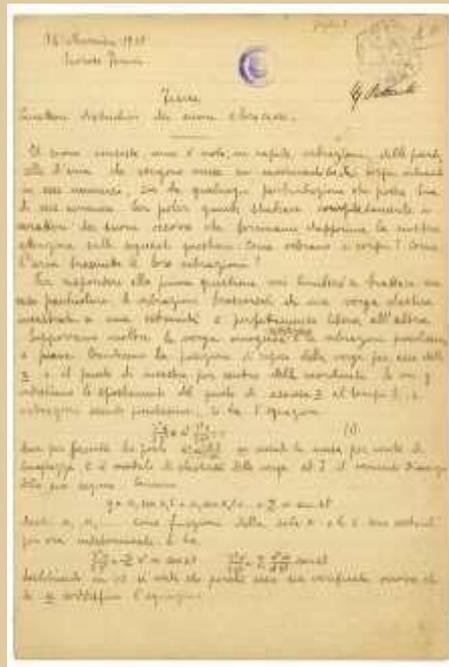
Pisa con una certa probabilità di riuscita; se poi accettare "ghe pensarum"». **Fermi superò gli esami in modo eccezionale, con un tema sui *Caratteri distintivi dei suoni e loro cause*, con la risoluzione di un problema complesso sulle correnti elettriche e con una prova orale, al termine della quale la commissione esaminatrice così si esprime:**

«Alle ore 10 del 15 novembre 1918 si procede agli esami orali richiesti dal bando di concorso. Il prof. Pittarelli interroga il candidato sui seguenti argomenti: omotetia delle figure (in particolare del cerchio), poliedri regolari e loro reciprocità rispetto alla sfera, spiegazione intorno alle equazioni differenziali adoperate nel lavoro di fisica, funzioni esponenziali e circolari. Il prof. Eredia interroga il candidato sui seguenti argomenti: formula caratteristica dei gas, formula delle lenti, formule del prisma, correnti alternate - trasformatori, riduzione della pressione barometrica a Oo e al mare, teoria della pila. Il prof. Raffaele interroga il candidato sui seguenti argomenti: fenomeni di capillarità, pressione osmotica.

La commissione è lieta di constatare che il giovane Fermi ha risposto mostrando ampiamente di avere una cultura superiore di molto a quella che ordinariamente si riscontra negli studenti ottimi di scuole secondarie. Il Fermi ha esposto i vari argomenti con molta esattezza, rigore matematico e precisione massima, mostrando completa padronanza degli argomenti anche più recentemente illustrati.

La Commissione

Giulio Pittarelli - Federico Raffaele - Filippo Eredia.»



Pagine della prova scritta di Enrico Fermi per l'ammissione  
alla Scuola Normale Superiore di Pisa

Agli inizi del Novecento la **Fisica Teorica** si è già affermata in Europa (Kirchhoff, Hertz, Planck), ma in Italia la Fisica è solamente **sperimentale**, pur essendo attivi degli ottimi **Fisici Matematici e Geometri**, come Levi-Civita, Ricci, Enriquez, Bianchi.

Solo nel 1926 sarà bandita la prima cattedra di Fisica Teorica, proprio per Fermi.

Ma il cambiamento di scenario che veniva sollecitato dalle nuove teorie in **Fisica Atomica** e dalle misure sempre più accurate che ne

*sostenevano la validità, poneva già problemi epistemologici profondi:*

*quale era la realtà dei sistemi che venivano studiati attraverso i nuovi strumenti?*

*E poi, con la **Meccanica quantistica** e la **Relatività** mutava lo scenario di una Natura oggetto 'esterno' di studio e di indagine, e che invece diveniva sempre meno accessibile e sempre più **mutevole**, proprio sotto l'azione degli strumenti usati per studiarla.*

Fermi inizia la sua vita da scienziato dedicandosi alla fisica teorica e pubblica numerosi studi:

**Sull'elettrostatica di un campo gravitazionale uniforme**

**Sul peso delle masse elettromagnetiche**

**Sulla dinamica di un sistema rigido di cariche elettriche in moto traslatorio**

**Sopra i fenomeni che avvengono in vicinanza di una linea oraria**, in cui sono introdotte le coordinate che in seguito verranno appunto dette "di Fermi"

**Il principio delle adiabatiche ed i sistemi che non ammettono coordinate angolari**

**Sulla teoria statistica di Richardson dell'effetto fotoelettrico**

**Sulla probabilità degli stati quantici**

Nel gennaio 1924 pubblica l'articolo

**Considerazioni sulla quantizzazione dei sistemi che contengono elementi identici**

che rappresenta il primo passo verso quella che nel giro di un paio d'anni sarà una delle sue fondamentali scoperte, la cosiddetta **statistica di Fermi-Dirac**.



Gli studi teorici sono affiancati dall'attività sperimentale, alla quale Fermi si dedica fin da studente. Con Franco Rasetti e Nello Carrara frequenta il Laboratorio di **spettroscopia** della facoltà di fisica di Pisa, dove costruisce rudimentali apparati sperimentali per esplorare il mondo atomico con lo scopo di confermare o falsificare la nuova teoria, la Meccanica Quantistica, proposta da Bohr e da Sommerfeld.

«Fermi procedeva a spiegare dei calcoli che scriveva alla lavagna, col suo passo non troppo rapido ma costante, non accelerando nei passaggi facili e neppure rallentando sensibilmente davanti a difficoltà che avrebbero a lungo arrestato

chi non possedesse la sua impareggiabile tecnica e l'intuito che gli faceva intravedere i risultati prima ancora di averli dimostrati.

Spesso non ci accorgevamo al momento se Fermi stesse esponendo teorie a lui o ad altri ben note, o se stesso

assistendo ad un nuovo passo che egli faceva ai confini tra il conosciuto e lo sconosciuto. Abbiamo così veduto più volte nascere una nuova teoria, che Fermi sviluppava, per così dire, pensando ad alta voce.» F. Rasetti

“Negli anni Venti, quando i principi fondamentali della fisica subirono una radicale trasformazione, Fermi, che non aveva né insegnanti né maestri, ebbe grosse difficoltà di orientamento. Era naturale che in tali condizioni di particolare isolamento scientifico, Fermi tendesse alla soluzione dei problemi concreti, in quanto poteva valutare l'importanza del proprio lavoro soltanto attraverso i risultati di carattere non troppo astratto, ovvero verificabili mediante gli esperimenti. Questa aspirazione alla concretezza in ogni cosa, alla semplificazione, all'estrapolazione della cosa più importante è, forse, la caratteristica più tipica di Fermi. Quasi tutti i suoi lavori si distinguono proprio per la mancanza di astrattezza”<sup>2</sup>

Nel 1922 si laurea con una tesi sulla diffrazione dei raggi X e vince una borsa di perfezionamento all'estero. Si reca a Gottingen, dove Born, Heisenberg e Jordan stanno elaborando la meccanica quantistica. Dal gennaio 1925 all'autunno 1926 è a Firenze, dove scrive il suo lavoro sulla statistica delle particelle con spin  $\frac{1}{2}$ , che saranno poi chiamate *fermioni*. Il lavoro permise la comprensione di alcune proprietà degli elettroni nei metalli, come il fenomeno della conduttività. La statistica di Fermi ha un ruolo fondamentale in molti settori della fisica, quali la fisica dei metalli, quella delle basse temperature, la fisica nucleare, quella delle particelle elementari e l'astrofisica. Nello stesso anno, il 1926, Fermi vince la cattedra di fisica teorica a Roma (la prima in Italia). Con Franco Rasetti (26 anni), Emilio Segrè (22), Edoardo Amaldi (19), Ettore Majorana (21 anni, misteriosamente scomparso nel 1938)

---

<sup>2</sup> Bruno Pontecorvo

costituisce il gruppo dei ragazzi di via Panisperna. Alla sera si riunivano nello studio di Fermi per discutere su argomenti di fisica, suggeriti dalle domande che i componenti del gruppo ponevano.



L'istituto di via Panisperna

“La caratteristica curiosa del suo modo di lavorare era la velocità costante con la quale procedeva. Anche se i passaggi erano facili, lui tuttavia andava comunque avanti lentamente tanto che qualsiasi osservatore avrebbe potuto domandare: «Perché perde tanto tempo per questa algebra così semplice?». Tuttavia, quando insorgevano difficoltà tali da fermare una persona meno dotata di lui per chissà quanto tempo, Fermi la superava con la stessa velocità. Avevamo l'impressione che Fermi fosse un rullo compressore che si muove lentamente, ma che non conosce ostacoli. [...] Usava pochissimo i libri [...] quando aveva bisogno di qualche difficile equazione che poteva essere trovata tra i libri, allora ci lanciava la sfida, affermando che lui l'avrebbe ricavata da solo in meno tempo di quanto avremmo impiegato noi a cercarla nella biblioteca”

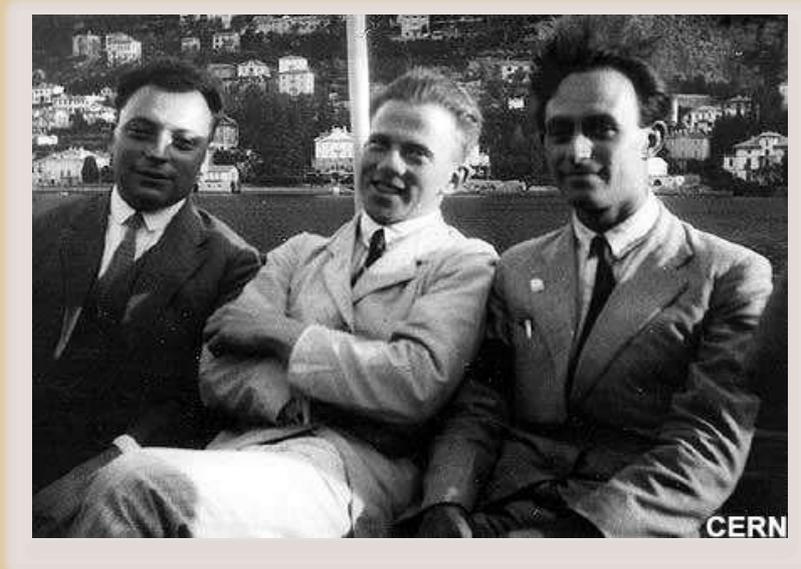
“La velocità di formazione di un giovane fisico alla scuola di Fermi era incredibile. Certo, questo fenomeno era provocato, in misura significativa, dall'enorme entusiasmo suscitato nei giovani non tanto con l'insegnamento o con le “prediche”, quanto con il fascino dell'esempio. [...] Dopo aver trascorso un breve periodo

nell'Istituto di via Panisperna, chiunque si trasformava in un uomo completamente assorbito dalla fisica.”<sup>3</sup>

L'attività del gruppo di via Panisperna negli anni 1927-1931 si svolse quasi completamente nel campo della spettroscopia atomica e molecolare. Tuttavia, a partire dal 1929, “i ragazzi” cominciarono ad intuire che il nucleo atomico costituiva un ambito di ricerca che sarebbe stato notevolmente produttivo.



*Oscar D'Agostino, Emilio Segrè, Edoardo Amaldi, Franco Rasetti ed Enrico Fermi*



Pauli, Heisenberg e Fermi sul Lago di Como, 1927

---

<sup>3</sup> Emilio Segrè

Pertanto Fermi organizzò un congresso di fisica nucleare, che si tenne a Roma nell'ottobre del 1931. Vi parteciparono gli scienziati più eminenti in questo settore: Wolfgang Pauli, Bothe, Sommerfeld, Heisenberg, Curie, Millikan, Bohr, Compton. Negli anni successivi Fermi si dedicò con sempre

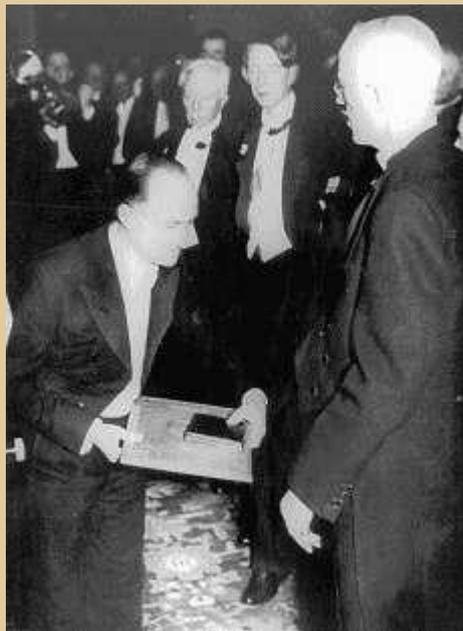


Il congresso di fisica nucleare del 1931 a Roma.

Al centro, accanto a Marie Curie, Guglielmo Marconi

maggior tenacia all' esame delle caratteristiche atomiche, spiegando il decadimento beta nucleare e ipotizzando l'esistenza di interazioni diverse da quella elettromagnetica. Fermi e i suoi colleghi portarono in pochi anni la scuola di fisica italiana allo stesso livello dei più importanti istituti di ricerca europei e americani. Nel 1934 i coniugi Joliot-Curie scoprirono la radioattività artificiale e Fermi ebbe l'idea che si potessero produrre nuovi elementi radioattivi utilizzando un fascio di neutroni, anziché le

particelle alfa. Con un intenso lavoro sperimentale, il gruppo di via Panisperna individuò numerosi nuovi elementi radioattivi. Scoprì inoltre un'altra fenomeno: l'efficacia dei neutroni nel produrre la radioattività artificiale era molto amplificata se tra la sorgente e il bersaglio veniva interposto un blocco di paraffina. I neutroni venivano rallentati attraverso gli urti con i protoni della paraffina e questo loro rallentamento, anziché diminuire la loro efficacia, la aumentava. Nel 1938 Fermi era diventato il maggiore esperto di neutroni. Nello stesso anno ricevette il Premio Nobel per la fisica. La motivazione recitava: "per aver dimostrato l'esistenza di nuovi elementi radioattivi prodotti mediante irradiazione con neutroni e per la scoperta, correlata, delle reazioni nucleari prodotte dai neutroni lenti".



Fermi riceve il Premio Nobel

Questi enormi passi avanti della fisica italiana avrebbero richiesto uno sviluppo altrettanto importante nei laboratori, nei centri di ricerca, ma il progetto di Fermi di un istituto adeguato alle nuove sperimentazioni e dotato di un acceleratore non fu approvato.

"E' chiaro come queste circostanze rendano vano pensare a un'efficace concorrenza con l'estero, se anche in Italia non si trova il modo di organizzare le ricerche su un piano adeguato".<sup>4</sup> L'emanazione delle leggi razziali (sua moglie Laura Capon era ebrea) contribuì a rafforzare la soluzione alla quale Fermi andava pensando da alcuni mesi, trasferirsi all'estero. E allora da Stoccolma, dove si era recato per ricevere il Nobel, proseguì per gli Stati Uniti. Lavorò alla Columbia University fino al 1942. Il 2 dicembre, a Chicago, nei locali sottostanti gli spalti di un campo sportivo, fu realizzata la prima reazione nucleare a catena controllata. Iniziava una nuova era per la scienza e Fermi, realizzando il primo reattore nucleare, metteva a disposizione dell'umanità una enorme quantità di energia<sup>5</sup>. Fermi era consapevole della pericolosità del processo che si sarebbe innescato qualora non fossero riusciti a controllare la reazione a catena e per questo motivo il gruppo di scienziati fu detto la "squadra suicida". Arthur Compton, appena realizzò che l'esperimento aveva avuto successo, trasmise la notizia dell'evento con un messaggio in codice: «Il navigatore italiano è arrivato nel Nuovo Mondo».

---

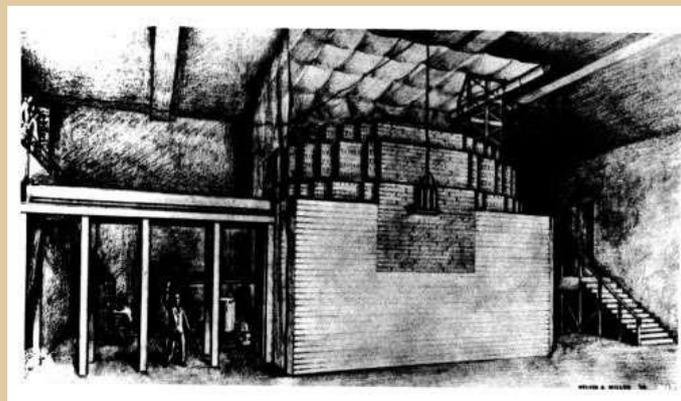
<sup>4</sup> Enrico Fermi

<sup>5</sup> All'indirizzo <http://webtv.sede.enea.it/index.php?page=listafilmscat2&idfilm=170&idcat=30> si può vedere un interessante documentario sull'evento, proveniente dal Fondo Filmati Storici dell'Enea

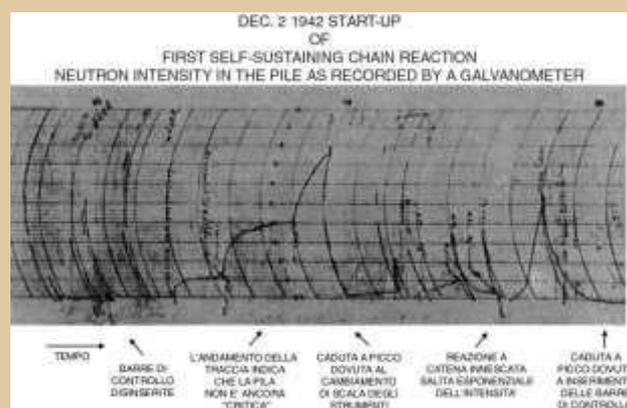
*"Il 2 dicembre 1942 l'uomo raggiunse qui la prima reazione a catena auto sostenuta, iniziando l'era del rilascio controllato di energia atomica"<sup>6</sup>*



Lo Stagg stadium di Chigago



Un disegno della pila atomica; quel giorno non furono scattate fotografie, perché il segreto di Stato vietava la ripresa delle attrezzature



Andamento dell'intensità neutronica in funzione del tempo, durante la prima reazione a catena controllata

<sup>6</sup> Dalla targa apposta il 2 dicembre 1947 alla parete dello Stagg Field

Nei mesi successivi venne costruito un impianto a Oak Ridge (Tennessee) per la produzione e per lo studio del plutonio, sotto la sovrintendenza del Met Lab di Chicago. Un altro impianto entrò in funzione nel 1943; produceva uranio arricchito sfruttando la separazione elettromagnetica. Come sito per provare e assemblare i prodotti dei due impianti fu scelto Los Alamos, a 2200 metri sul livello del mare e a una settantina di chilometri da Santa Fe, nel deserto del New Mexico. Fermi si stabilì a Los Alamos nel settembre 1944. Il compito degli scienziati era quello di fabbricare bombe atomiche a fissione, sotto la direzione del fisico Julius Robert Oppenheimer. La prima prova di una bomba al plutonio fu effettuata il 16 luglio 1945, ad Alamogordo. Il programma di ricerca seguito, che arrivò ad occupare più di 130.000 persone, fu chiamato *Progetto Manhattan*.

*Il fatto che non esista limite alla capacità distruttiva di questa arma rende la sua stessa esistenza e la capacità di costruirla un pericolo per l'umanità intera. È inevitabilmente un ordigno diabolico sotto qualunque aspetto lo si consideri. Per questa ragione, noi crediamo che sia importante per il Presidente degli Stati Uniti dire all'opinione pubblica americana e al mondo di ritenere che sia sbagliato, per fondamentali principi etici, iniziare lo sviluppo di una simile arma.*

*Enrico Fermi, Isaac Rabi*

“Vissuto in un periodo di eventi storici drammatici, è stato portato dal suo stesso lavoro ad avere in essi una parte di primo piano, ma

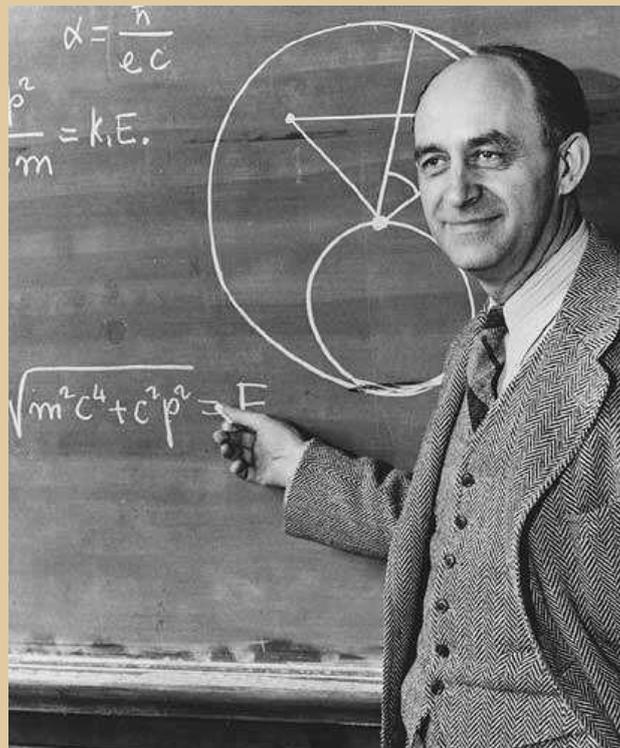
l'aspetto più importante della sua vita è stato quello della scoperta scientifica. Le sue qualità di maestro, la sua semplicità nei rapporti umani, il suo spiccatissimo senso del dovere accompagnato da un entusiasmo eccezionale per lo studio della natura, il suo equilibrio e la sua energia quasi sovraumana hanno costituito aspetti della sua figura più difficili da trasmettere e far ricordare dei suoi risultati scientifici, ma sotto molti aspetti d'importanza non inferiore.”<sup>7</sup>

Le “sue qualità di maestro”: Fermi fu un insegnante straordinario. Numerosi suoi allievi diventarono fisici importantissimi. Tra essi Segrè e Gell-Mann e ben quattro vincitori del Premio Nobel. “Il metodo di lavoro di Fermi rispetto alle questioni di carattere teorico mi colpiva soprattutto per la sua semplicità. Egli era in grado di arrivare al nocciolo di qualsiasi problema, per quanto difficile fosse, spogliandolo dalle complicazioni matematiche e dall’inutile formalismo. Con l’aiuto di questo tipo di approccio era in grado, spesso in non più di mezz’ora, di risolvere il problema di fisica più complesso [...] Con questo stile di lavoro egli chiariva in maniera molto netta le questioni, soprattutto ai giovani che non avevano le sue conoscenze colossali”.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> E. Amaldi

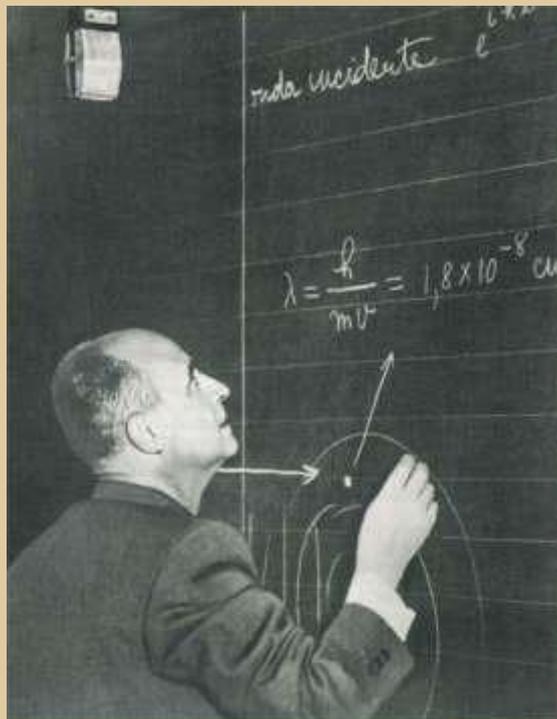
<sup>8</sup> B. Pontecorvo



I "problemi alla Fermi" sono rimasti famosi. Sono problemi in cui si tratta di stimare a mente l'ordine di grandezza di una certa entità, partendo da informazioni che inizialmente possono sembrare insufficienti. Il più classico dei problemi alla Fermi è la stima del numero di accordatori di pianoforte che lavorano a Chicago. La strategia seguita da Fermi consisteva nello scomporre il problema in una successione di passaggi risolvibili con la conoscenza approssimativa di alcune grandezze o con la loro determinazione attraverso semplici ragionamenti.

Supponiamo per esempio che Chicago abbia circa 9 milioni di abitanti, che in media le famiglie siano costituite da 3 persone e che una famiglia ogni trenta possieda un pianoforte. Quindi a Chicago vi sono circa 100.000

pianoforti. Se un pianoforte viene in media accordato una volta all'anno e se ogni accordatore lavora cinque giorni alla settimana per 44 settimane, otto ore al giorno, impiegando due ore di tempo per ciascun pianoforte, ogni accordatore lavorerà su 880 pianoforti all'anno e quindi occorreranno 115 accordatori per i 100.000 pianoforti di Chicago, stima che è veramente vicina al numero effettivo, come è possibile verificare consultando l'elenco degli accordatori della città.



La storia della scienza e della tecnologia ci ha spesso insegnato che i progressi scientifici nelle conoscenze di base hanno sempre portato prima o poi ad applicazioni tecniche e industriali che hanno rivoluzionato il nostro modo di vivere. Mi sembra improbabile che lo sforzo verso la comprensione della struttura della materia possa rappresentare un'eccezione a questa regola. Ciò che è meno certo, e ciò che tutti noi speriamo ardentemente, è che l'uomo presto diventi sufficientemente adulto da far buon uso del potere che egli acquista sulla natura.

Enrico Fermi

Morì a Chicago, il 28 novembre 1954.

## BIBLIOGRAFIA

Presentazione PPT del prof. M.M. Massai

<http://www.illaboratoriodigalileogalilei.it>

<http://www.centrofermi.it/index.php/museo/le-sale-del-museo>

Bruno Pontecorvo, Enrico Fermi, Edizioni Studio Tesi Giulio Maltese,  
Enrico Fermi in America, Zanichelli

<http://www.aip.org/history/newsletter/spring2004/CERN-pics.htm>

<http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/museo/albumweb/album.htm>

<http://prometeo.sif.it:8080/libri/fermi/12.pdf>