

# ENRICO FERMI

## Ricordo di un grande a 50 anni dalla morte

Ugo Amaldi

Università di Milano Bicocca e Fondazione TERA

*Qualche mese fa Giampiero Tosi mi chiese di scrivere per la rivista dell'AIFM un articolo su Enrico Fermi a cinquant'anni dalla morte. "Da un punto di vista personale, visto che lo hai anche conosciuto" aggiunse. Accettai e soltanto scrivendo mi sono reso conto del fatto che nell'affrontare la figura di un grande personaggio con ricordi personali, che sono inevitabilmente marginali, si corre il rischio di distorcere il quadro e apparire presuntuosi.*



*Enrico Fermi, Giulio Fermi, Ginestra Amaldi, Laura Fermi, Edoardo Amaldi e Ugo Amaldi a Pera di Fassa nel 1954*

*Ma ho accettato questo rischio e quindi inizio dall'episodio più rilevante a cui mi fu dato di assistere. Esso accadde nell'estate del 1954 a Pera di Fassa, ove fu presa la foto che accompagna questo testo. Fermi, che aveva 53 anni, era venuto in Italia per l'estate e aveva insegnato un corso memorabile sulla fisica delle particelle a Villa Monastero, sul Lago di Como. Poi, insieme alla famiglia, aveva raggiunto Edoardo e Ginestra Amaldi che, con i miei fratelli Francesco e Daniela, passavano qualche settimana in una piccola pensione di questo paesino delle Dolomiti. Io, che già frequentavo il secondo anno di fisica, giunsi qualche giorno dopo e fui subito coinvolto nelle attività tipiche delle vacanze comuni dei gruppi familiari dei "ragazzi di Via Panisperna", non molto cambiate nel quarto di secolo passato dall'inizio degli anni trenta: passeggiate lunghissime, scalate fino al quarto grado (talvolta con passaggi di quinto), tennis e discussioni accalorate su temi letterari e scientifici.*

*Enrico Fermi era pallido e curvo, ma non l'avevo conosciuto abbastanza da vicino prima da poter concludere che non stesse bene, anche perché era sempre il più attivo e interessato a ogni nuova attività.*

*Che qualcosa non andasse apparve però chiaro quando, durante un pranzo preso alla tavola comune, Fermi ebbe un irrefrenabile conato di vomito, cominciò a tossire violentemente e, alzatosi in gran fretta seguito dalla moglie Laura, corse fuori non potendo evitare di sbattere la porta.*

*In quel momento i miei genitori, Enrico Persico - amico dell'altro Enrico dai tempi universitari di Pisa - e le altre persone presenti intuirono che la causa doveva essere seria. Tornato poche settimane dopo a Chicago, fu diagnosticato il cancro allo stomaco che doveva portarlo alla morte prima della fine dell'anno. Chi gli è stato vicino in questo periodo, in particolare Emilio Segrè, ha potuto testimoniare della forza d'animo con la quale affrontò la malattia questo uomo di cinquantatré anni, che sicuramente avrebbe aperto alla scienza nuove strade con altre grandi scoperte.*

\* \* \*

Enrico Fermi era allo stesso tempo un teorico originale e uno sperimentatore senza pari a cui piaceva, sino alla fine della vita, costruire al tornio i propri strumenti. Rutherford era uno sperimentale provetto, ma ostentava di non capire nulla di fisica teorica. Bohr e Heisenberg erano teorici dal pensiero profondo ma non sapevano concepire che esperimenti "concettuali", che pure ebbero grande importanza nella costruzione della fisica quantistica. Fermi era l'uno e l'altro allo stesso tempo.

Orso Mario Corbino - che era stato ministro dell'Istruzione ed era senatore del Regno - era un buon fisico sperimentale che dirigeva l'Istituto di fisica a Roma; egli intuì le capacità di Fermi (che faceva l'assistente a Firenze) e nel 1927 creò per lui la prima cattedra di Fisica Teorica in Italia.

L'Istituto di fisica di Roma era in Via Panisperna, non lontano dal Quirinale. Corbino e la sua famiglia occupavano l'ultimo piano. A via Panisperna Fermi, giuntovi ventiseienne, lavorò soltanto dodici anni, ma lasciò una traccia indelebile nella scienza e nella storia. La foto, regalata a mio padre, lo mostra a trentacinque anni, due anni prima della partenza per gli Stati Uniti.

Il risultato che aveva fatto conoscere Fermi nell'allora piccolo mondo della fisica internazionale era stata la scoperta della statistica delle particelle che obbediscono al principio di esclusione di Pauli, quelle che sono oggi dette 'fermioni'. Ma, quando la fisica atomica sembrò non fornire più problemi interessanti, indirizzò il gruppo dei ragazzi di Via Panisperna verso la nascente fisica nucleare che, in mancanza di un quadro interpretativo generale, era necessariamente centrata sull'attività sperimentale.

Edoardo Amaldi fu incaricato di studiare il trattato sulla fisica nucleare scritto da Rutherford e di tenere un corso approfondito; fu continuamente interrotto da interrogativi e discussioni di possibili esperimenti. Ma mentre il gruppo si indirizzava verso questa nuova fisica, nel 1933 Fermi concepiva e formalizzava in tutti i dettagli la teoria del decadimento beta, un salto concettuale accompagnato da un uso raffinato del

nuovo formalismo dell'elettromagnetismo quantistico. Pauli aveva immaginato che nel decadimento beta di un nucleo venisse emesso, oltre all'elettrone osservato, una particella invisibile perché neutra e poco interagente. Fermi aveva colto subito le potenzialità di questo modello e aveva cominciato a chiamare "neutrino" questa nuova particella, un nome suggerito scherzosamente da Edoardo Amaldi per distinguerla dal "neutrone", la particella pesante e neutra contenuta nei nuclei atomici. Ma per trasformare un modello in una teoria mancava la grande idea: l'emissione da parte di un protone del nucleo radioattivo (che diventa neutrone) di una coppia elettrone-neutrino è analoga, e può essere descritta con lo stesso formalismo, dell'emissione di un fotone da parte di un atomo eccitato. Fermi scrisse correttamente la nuova interazione, poi detta "debole", e il suo formalismo è valido ancora oggi in tutti i dettagli, pur di tener conto della non conservazione della parità scoperta soltanto nel 1957. Nel formalismo introdotto da Fermi era anche visibile in filigrana il concetto del bosone intermedio carico quale intermediario della forza debole. Come tutti sanno, i bosoni intermedi furono scoperti da Carlo Rubbia e collaboratori cinquant'anni dopo.

Per la fine dell'anno 1933 i ragazzi di Via Panisperna con le loro famiglie andarono a sciare a Santa Cristina e una sera Fermi spiegò agli altri, seduti sul letto e per terra in una piccola stanza della pensione ove si trovavano, la sua teoria lasciandoli interdetti e confusi. Molto anni dopo mio padre mi disse: "Fu una vacanza invernale unica: Ginestra mi disse che aspettava te ed Enrico ci spiegò la teoria del decadimento beta."

Al ritorno da quel periodo di fisica e sci con pelli di foca, giunse a Roma la notizia della scoperta fatta dai Joliot-Curie della radioattività artificiale indotta dalle particelle alfa emesse dal polonio. Come racconto con più dettagli nel prossimo Capitolo, stimolato da questo risultato poche settimane dopo Fermi, usando una sorgente di radonberillio, osservò le prime radioattività artificiali indotte irradiando nuclei leggeri con neutroni. Subito tutti vennero chiamati a

contribuire con una divisione dei compiti che seguì, quasi senza esplicitarlo, le inclinazioni di ciascuno. Secondo lo storico di Harvard Gerald Holton, quello di Roma fu il primo “gruppo” di ricercatori al mondo, che funzionava già negli anni trenta come funzionano oggi i gruppi di scienziati, mettendo insieme le diverse competenze per risolvere problemi che un singolo ricercatore non è nemmeno in grado di affrontare.

La storia della scoperta fatta in ottobre dello spettacoloso aumento della quantità di radioattività prodotta quando i neutroni sono rallentati da urti contro i protoni - contenuti nella paraffina o nell'acqua - è anche descritta nel prossimo Capitolo. Certamente la giornata della scoperta fu memorabile e molti dei protagonisti hanno scritto i loro ricordi (Laura Fermi, Amaldi, Segré, Pontecorvo); tutti però hanno sbagliato la data. Come è stato mostrato recentemente dal giovane storico della Sapienza Alberto De Gregorio, che ha studiato i quaderni originali degli esperimenti, la scoperta fu fatta il sabato 20 settembre e non il lunedì 22. Il risultato non cambia, ma è interessante notare quando siano fragili le memorie degli uomini.

Fermi ricevette il premio Nobel nel 1938 per le sue scoperte della radioattività indotta dai neutroni ma, come molti, io penso che lo meritasse maggiormente per la teoria dell'interazione debole. Comunque, come è noto, la consegna del premio a Stoccolma fu l'occasione per lasciare l'Italia con la moglie Laura Capon, ebrea, e i due figli.

Ci si può chiedere se, con una moglie non soggetta alle leggi razziali, Fermi avrebbe lasciato ugualmente l'Italia. Da tutto quello che so, anche per averne parlato con mio padre, la mia risposta è affermativa. Innanzitutto la morte di Corbino aveva tolto a Fermi un appoggio sicuro che lo proteggeva dal dover prendere posizioni in qualche modo ‘politiche’, dalle quali era assolutamente alieno anche perché, figlio di una famiglia della borghesia ministeriale, era ligio al governo senza essere fascista. Inoltre, si era reso conto della inadeguatezza dei mezzi sperimentali a sua disposizione, allorché in Gran Bretagna e negli Stati

Uniti entravano in funzione i primi acceleratori di particelle. Domenico Marotta - Direttore dell'Istituto di Sanità inaugurato da Mussolini nell'anno delle scoperte della radioattività dovuta ai neutroni - con l'appoggio dell'Accademico d'Italia “Sua Eccellenza Enrico Fermi”, aveva cercato di far finanziare la costruzione di un ciclotrone, utilizzabile anche per la produzione di radioisotopi da impiegare in biologia, medicina e industria. Per strada il programma divenne però forzatamente meno ambizioso e, soltanto dopo la partenza di Fermi, fu costruito alla Sanità un Cockcroft e Walton da 1 MeV. (Il “tubo” funzionava ancora quando entrai vent'anni dopo nel Laboratorio diretto da Mario Ageno.) Sin dal 1936 Fermi si rendeva conto dell'inevitabile handicap che la sua attività sperimentale aveva, e questo sentimento si sarebbe rinforzato dopo la scoperta della fissione nucleare fatta nel 1939, scoperta mancata dal gruppo di Via Panisperna. Infine, come altro motivo di attrazione, v'erano le offerte che gli venivano da molte Università americane, in un periodo di crisi continue nel quale l'Europa stava precipitando verso la guerra mentre l'America sembrava volerne restare fuori.

Negli Stati Uniti Fermi giunse all'inizio del 1939 contemporaneamente all'annuncio della scoperta della fissione nucleare e, come decine di altri fisici, comprese immediatamente la possibilità offerte da una possibile reazione a catena. Perciò alla Columbia University in poche settimane misurò il numero medio di neutroni emesso in una fissione dell'Uranio 235 e cominciò a ragionare di reattori nucleari con Leo Szilard e altri. Le circostanze erano eccezionali ed egli trovò modo di mettere a frutto tutte sue capacità di teorico e di sperimentatore attento alla praticità delle soluzioni, in particolare scegliendo il carbonio come moderatore del primo reattore nucleare. Soluzione nient'affatto evidente, se si pensa che contemporaneamente in Germania il grande Heisenberg sceglieva l'acqua pesante, moderatore molto più efficace ma difficile da ottenere e gestire. I successi delle grandi imprese dipendono dalla bontà delle scelte iniziali e dall'attenzione ai dettagli: non a caso, nell'ottobre

del 1942, il primo reattore a fissione venne messo in funzione da un gruppo di scienziati e ingegneri guidato da Enrico Fermi, il “navigatore italiano” che aveva fatto tutte le scelte e i calcoli giusti così che – usando la metafora del messaggio telefonico di Arthur Compton – “gli indigeni sono stati amichevoli e tutti sono scesi a terra sani e salvi”.

Il contributo di Fermi al progetto Manhattan non fu altrettanto cruciale, anche se il piccolo gruppo di fisici teorici da lui diretto fu chiamato a risolvere molti dei difficili problemi che mano mano si presentavano. Come la maggior parte di coloro che lavoravano alla bomba nucleare, a Los Alamos e altrove, Fermi temeva che i tedeschi stessero facendo rapidi progressi nella stessa direzione. La resa della Germania privò del principale scopo l’enorme sforzo scientifico, tecnico e militare e aperse gli occhi di tutti sui problemi etici e politici legati all’uso della bomba su popolazioni civili, problemi che erano sino ad allora rimasti – o fatti volutamente rimanere – in secondo piano.

Quando il governo decise di fermare con la bomba la guerra del Pacifico, Szilard e altri si riunirono in comitati e inviarono mozioni al Presidente chiedendo lo sgancio su un’isola deserta giapponese a scopo deterrente. Nella primavera del 1945 fu costituito un panel scientifico – formato da Compton, Fermi, Lawrence e Oppenheimer – che doveva, tra l’altro, esprimersi sugli aspetti tecnici dell’uso militare delle bombe atomiche. Dopo aver descritto le due opzioni proposte – l’uso della bomba su un luogo deserto a scopo dimostrativo e l’impiego su civili giapponesi – il rapporto conclude: “noi ci sentiamo più vicini al secondo punto di vista; non siamo in grado di proporre una dimostrazione tecnica che abbia una buona probabilità di terminare la guerra; non riusciamo a vedere un’alternativa accettabile all’uso militare. Circa questi aspetti dell’uso dell’energia atomica, ...tuttavia, noi [scienziati] non abbiamo alcuna speciale competenza per risolvere i problemi politici, sociali e militari posti dall’avvento della potenza atomica.”

Terminata la guerra, Enrico Fermi

assunse un atteggiamento completamente diverso allorché Edward Teller propose la costruzione della ‘superbomba’, la bomba all’idrogeno. Nel 1949, dopo l’annuncio della prima esplosione nucleare sovietica, il Comitato Consultivo Generale (GAC) della Commissione per l’Energia Atomica (AEC) diede all’unanimità parere contrario. A questo documento Fermi e Isidor Rabi aggiunsero un loro documento, non approvato dagli altri sette membri: “Il fatto che non esiste limite al potere distruttivo di questa arma fa della sua sola esistenza e delle conoscenze che permettono di costruirla un pericolo per l’umanità tutta. Da ogni punto di vista si tratta di una cosa cattiva (evil thing). Per queste ragioni noi riteniamo importante che il Presidente degli Stati Uniti dica ai cittadini americani e al mondo che noi pensiamo sia sbagliato, sulla base di principi etici fondamentali, iniziare lo sviluppo di questa bomba.” La decisione della AEC seguì la raccomandazione del GAC, con l’opinione contraria del suo Presidente Lewis Strauss. Dopo aspri dibattiti però l’opinione di Strauss, Lawrence e Teller prevalse e all’inizio del 1950 il Presidente Truman prese la decisione di lanciare un programma straordinario per lo sviluppo della prima bomba termonucleare, che fu possibile soltanto per una invenzione fatta da Teller e Ulam un anno dopo.

Dopo la guerra Fermi, tornato a Chicago all’insegnamento e alla fisica sperimentale, utilizzò i neutroni del reattore di Argonne per studi di fisica dello stato solido e scoperse, facendo uso del nuovo ciclotrone da 450 MeV, la “risonanza” protone-pione detta (3,3), il primo degli stati eccitati del nucleone – prima manifestazione della struttura a quark di tutti gli “adroni”, che però rimase nascosta per altri trent’anni. Anche se meno intensamente, continuò anche a lavorare da fisico teorico e con un suo giovane allievo, Frank Yang, pubblicò il suo lavoro più interessante del dopoguerra: un modello composto del pione, visto come l’insieme di un protone e un antiprotone. Anche se non corretto, anche questo modello anticipò di molto il modello a quark degli adroni oggi da tutti accettato.

Nel 1946, i miei genitori andarono per un lungo periodo negli Stati Uniti. Edoardo

Amaldi fece in una decina di diverse Università e laboratori conferenze sugli importanti risultati ottenuti in Italia nonostante la guerra, culminati nell'anno successivo con la scoperta fatta da Conversi, Pancini e Piccioni del fatto che i mesotroni dei raggi cosmici interagiscono pochissimo con i nuclei e, quindi, non possono essere i mediatori della forza nucleare predetti da Yukawa. Fermi gli offerse una cattedra a Chicago che – come ho detto - dopo qualche esitazione e con il convinto appoggio di mia madre, rifiutò. Così egli decise di tornare in Italia – diversamente da come fatto nello stesso periodo da moltissimi valenti fisici italiani già affermati – e di dedicarsi completamente alla ricostruzione della fisica italiana ed europea.

Nel 1946 avevo dodici anni e fu allora che incominciai a conoscere meglio Fermi attraverso le parole dei miei genitori. Mio padre ne aveva una sconfinata ammirazione come scienziato completo, teorico e sperimentale, capace di entusiasmare i suoi collaboratori senza fare grandi proclami, ma non era d'accordo con il suo atteggiamento conservatore sostanzialmente disinteressato alla struttura e ai problemi della società in cui viveva. Lo apprezzava enormemente come qualità didattiche e guida scientifica ma più di una volta mi disse di non averlo mai sentito incoraggiare un suo collaboratore con un "bravo" oppure "questa è una buona idea" e questo, chiaramente, gli era pesato tanto da indurlo ad avere un atteggiamento completamente diverso con i suoi studenti. Dal viaggio in America mi tornò anche un'immagine speciale di Laura Fermi, donna non solo intelligente ma molto sensibile, che aveva un affetto speciale per entrambi i miei genitori, come si può comprendere da alcune brani di "Atomi in famiglia" e come mi disse Harold Agnew, che fu studente di Fermi a Chicago e più tardi fu Commissario all'Energia Atomica.

Tornando al punto di partenza, durante le estati Fermi con la famiglia tornava a Los Alamos ove aveva accesso ai primi, ogni anno più potenti, calcolatori a valvole termoioniche. Egli ebbe l'idea di utilizzarli per risolvere problemi non risolvibili analiticamente, problemi non lineari. La nota del

laboratorio di Los Alamos dal titolo "Studies on nonlinear problems", firmata con Pasta e Ulam, uscì postuma. Questo era il motivo, come scopersi poi, dell'entusiasmo per questi nuovi mezzi di calcolo che ci trasmise durante la vacanza di Pera di Fassa. Spesso la sera dopo cena ci sedevamo con lui intorno a un tavolo (Enrico Persico, mio padre, Giulio ed io con qualche fisico di passaggio) e ci veniva spiegato come funziona un calcolatore e come lo si programma. Innanzitutto ci insegnò a contare, anche sulle dita, con il sistema binario; ricordo bene mia sorella Daniela, sette anni, usare il pollice e l'indice della mano destra dicendo con soddisfazione 'tre' invece di 'due'. Ai più grandi insegnò la programmazione. Naturalmente le istruzioni erano quelle 'di macchina' con le quali si trasferivano i dati da un registro all'altro, si eseguivano le operazioni elementari passo passo e si doveva tener conto dei contenuti di tutte le memorie a disposizione. Al secondo anno di fisica ero uno studente brillante; anche per questo quella fu quella una delle esperienze più frustranti della mia vita. Fermi era un ottimo maestro, che tornava però poco indietro, e mio padre e Persico seguivano - anche se con difficoltà - tenevano appunti ordinati e riuscivano a fare gli esercizi che venivano assegnati per la sera seguente. Io arrancavo e perdevo fiducia in me stesso, salutare esperienza che non ho mai dimenticato.

Per concludere, l'ampiezza della influenza di Fermi nei campi più vari della fisica può sintetizzarsi elencando alcune dei termini di uso comune a cui il suo nome è per sempre legato: la statistica di Fermi, i fermioni, il modello atomico di Thomas-Fermi, la teoria di Fermi del decadimento beta, il fermi (cioè  $10^{-13}$  cm), il mare di Fermi, la superficie di Fermi, il 'momento' e l'energia di Fermi, il pianerottolo di Fermi, l'elemento artificiale *Fermium* il cui nucleo contiene 100 protoni. Sconcertante, e ancora valida, è la domanda di Fermi: "Ma dove sono?", con la quale pose il problema degli extraterrestri che, se esistessero davvero, dovrebbero essere già qui, sulla Terra. Nessun altro scienziato ha lasciato il proprio nome legato a tanti fenomeni e grandezze.