
L'ATTIVITÀ SPERIMENTALE DI ENRICO FERMI, TRA SCIENZA, STORIA ED ETICA

MARCO MARIA MASSAI

Dipartimento di Fisica, Università di Pisa

1. Introduzione

Scrivere di Enrico Fermi, anche se limitatamente alla sua attività di fisico sperimentale, rappresenta una sfida che si sa già essere persa in partenza: e questo, sia per la moltitudine di temi che segnano il suo percorso scientifico, sia per l'incapacità di addentrarsi nella maggior parte di essi. Ma resta il fascino di parlare di un protagonista del nostro tempo e di dare un piccolo contributo a mantenere vivo il ricordo e dell'uomo e della sua opera.

Parlare di Fermi vuol dire raccontare le imprese di un fisico, l'ultimo forse nella storia della scienza, che ha conquistato una fama indiscussa sia con lavori geniali ed innovativi nel campo della fisica teorica, sia con imprese tecnico-sperimentali tra le più grandi che l'uomo avesse mai tentato prima. Vuol dire anche raccontare di un scienziato che ha avuto i riconoscimenti più alti, in patria e all'estero, assieme ai suoi principali collaboratori e amici. Vuol dire infine raccontare di un uomo che ha fatto delle scelte che mai prima di allora nessuno era stato chiamato a fare; e alcune di queste, possiamo affermare oggi, hanno lasciato un'eredità di dubbi laceranti.

Avventurarsi in un percorso che tracci l'attività sperimentale di Enrico Fermi offre l'opportunità di incontrare numerose scoperte, invenzioni, misure, idee, molte delle quali hanno contribuito a caratterizzare il mondo come lo vediamo oggi, anche a distanza di decenni. E per un fisico che ha lasciato segni altrettanto indelebili in molti campi della fisica teorica, questo fatto è semplicemente straordinario. Non un'analisi per aree di ricerca omogenee, ma un semplice racconto, quasi una cronaca, un diario su oltre trent'anni di lavoro, credo che sia un modo semplice ed efficace per assicurare una sufficiente comprensione dell'eredità che Fermi ha lasciato alla Scienza e all'Umanità.

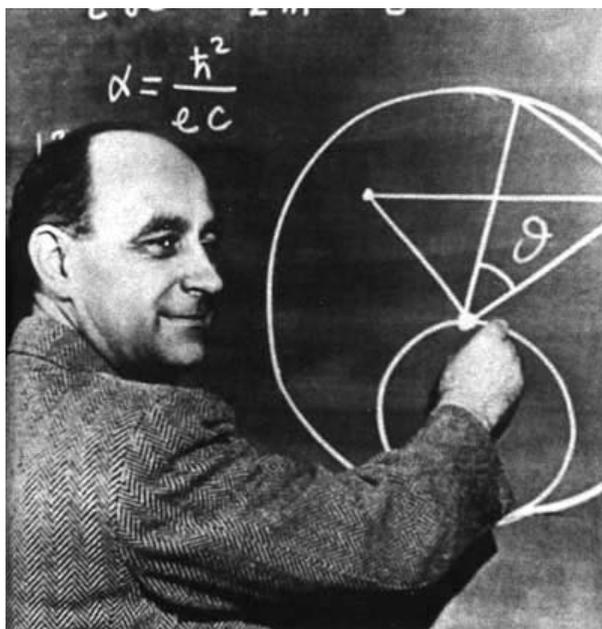


Figura 1. Enrico Fermi durante una lezione.

2. Cenni sulla vita

Enrico Fermi nasce il 29 settembre 1901 a Roma, ove trascorre un'infanzia normale in una famiglia piccolo-borghese con il padre ispettore delle ferrovie, e il fratello, più grande, che ne diviene l'inseparabile amico e compagno di avventure e con il quale si dedica ai primi esperimenti scientifici. Ha solo quattordici anni quando rimane sconvolto per l'improvvisa morte del fratello, al quale era legato profondamente; il giovane Enrico si dedica quindi allo studio della fisica e della matematica, che affronta in modo originale studiando anche sul massiccio trattato di novecento pagine, in latino, *Elementorum Physicae Mathematicae* del padre gesuita Andrea Caraffa (trovato chissà come su una bancarella a Campo de' Fiori). Compie gli studi liceali a Roma ma, nella carriera scolastica, Fermi non appare ai suoi professori come uno studente eccezionale, anche se certamente bravo e dotato. Il suo modo di scrivere, essenziale e poco incline alla retorica tipica dell'epoca, gli garantiscono solo una onesta sufficienza.

Certo, hanno un'impressione radicalmente diversa i suoi esaminatori, quando si presenta al concorso di ammissione alla Scuola Normale, a Pisa, nel 1918, al quale concorre in seguito all'interessamento di un amico di famiglia che lo aveva seguito negli ultimi anni di liceo. In questa occasione, Fermi stupisce la Commissione per la sua straordinaria preparazione fisico-matematica. Vito Volterra, matematico, tra i maggiori in Italia, sospetta persino che l'elaborato non sia opera sua e lo aspetta per il colloquio durante il quale però non esita a ricredersi completamente!

Nell'Istituto di Fisica di Pisa, in piazza Torricelli, non ci sono fisici teorici e così gli studi non possono portare al giovane universitario maggiori conoscenze di quelle che ha già raggiunto da autodidatta; d'altra parte, la necessità di affrontare la pratica del

laboratorio lo avvicina al mondo della fisica sperimentale, ancora solitaria regina degli insegnamenti in fisica in Italia: solo nel '26 infatti verrà istituita la prima cattedra di Fisica Teorica, e proprio per l'ancora giovane Enrico.

Fermi affronta quindi lo studio della nuova teoria proposta da Einstein solo pochi anni prima, la Relatività Generale, le cui previsioni erano state confermate dalle osservazioni astronomiche di Lord Eddington, nella primavera del 1919; studia il calcolo tensoriale, la meccanica quantistica, la fisica atomica che si stava mostrando essere il nuovo confine della scienza della Natura.

Il direttore dell'Istituto di Fisica di Pisa, Luigi Puccianti, sperimentale, gli chiede presto di organizzare seminari su queste materie, all'epoca del tutto ignote alla maggioranza dei fisici italiani.

Fermi, studente dell'Università di Pisa e allievo della Scuola Normale, inizia quindi a frequentare il laboratorio di spettroscopia assieme a Franco Rasetti e Nello Carrara. Le sue vaste ed esclusive conoscenze sulla fisica moderna convincono il Professor Puccianti a lasciare liberi questi 'ragazzi' di frequentare il laboratorio. Costruiscono rudimentali apparati sperimentali per esplorare il mondo atomico alla ricerca di risposte per validare o falsificare la nuova teoria, la Meccanica Quantistica, da poco introdotta da Bohr e Sommerfeld. Insomma, giovani studenti che con pochi mezzi, ma fantasia e ingegno hanno la possibilità di indagare la natura e le sue leggi, ai confini della conoscenza.

Agli inizi del Novecento, in Europa, la fisica teorica si è già affermata come disciplina autonoma: con Kirchhoff, Hertz, Planck, a Berlino e a Bonn; ma in Italia la fisica è solamente sperimentale, pur essendo attivi da anni degli ottimi fisici matematici e geometri, come Levi-Civita, Ricci, Enriques, Bianchi, il lavoro dei quali aveva fornito allo stesso Einstein il sostrato di matematica e geometria necessario per sviluppare le sue rivoluzionarie idee di spazio, di tempo, di massa ed energia. Ma il cambiamento di scenario che era sollecitato dalle nuove teorie in fisica atomica e dalle misure sempre più accurate che ne sostenevano la validità, poneva già problemi profondi: qual era la realtà dei sistemi 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 d'indagine, che invece diveniva sempre meno accessibile e sempre più mutevole, proprio sotto l'azione degli strumenti usati per studiarla: uno scenario interessante e una sfida unica per un giovane brillante che intende esplorare i terreni della fisica ancora sconosciuti.

Fermi non accede alla cattedra di fisica matematica messa a concorso nel 1925; invece, nel 1926 vince quella, prima in Italia, di fisica teorica. Viene chiamato a Roma, all'Istituto di via Panisperna, dove continua lo studio delle nuove teorie, portandovi continuamente originali contributi.

Ma una nuova avventura lo stava aspettando. Trova infatti sul suo cammino un gruppo di giovani straordinari: di nuovo Rasetti, poi Segré, Amaldi e Pontecorvo, con i quali, apparentemente in modo contraddittorio rispetto alla propria formazione scientifica e alla cattedra appena vinta, Fermi si lancia nella ricerca in fisica sperimentale, cfr. [1, 3].

3. L'attività sperimentale di Fermi

1922, Pisa. *La tesi di laurea*. A partire da marzo, Fermi lavora alla tesi di laurea, sperimentale, sulla formazione delle immagini di diffrazione di raggi X prodotte da cristalli curvi; lavoro certamente pionieristico, ma non totalmente originale. Dopo la discussione della tesi presso l'Università che gli conferisce la Laurea in Fisica, discute una relazione per la Scuola Normale su argomenti di astrofisica teorica, "Teoria delle probabilità applicata allo studio delle comete".

1924. Roma - Leida. Tra i molti argomenti che affronta in questo periodo, soprattutto di carattere teorico, ne ricordiamo uno che avrà applicazioni nel campo dei rivelatori di particelle elementari: costruisce un modello con il quale, per analogia con l'interazione di un fotone con l'atomo che rimane ionizzato, riesce a descrivere l'effetto ionizzante di elettroni energetici che urtano atomi. Questo fenomeno è alla base del funzionamento dei rivelatori di particelle che sfruttano il fenomeno della ionizzazione di un gas, dal contatore Geiger (1913) alle più recenti Microgap Gas Chamber.

1925, Firenze. *Spettroscopia molecolare*. Viene chiamato per un incarico di insegnamento a Firenze. Qui ritrova Franco Rasetti con il quale comincia ad allestire un laboratorio per eseguire misure di spettroscopia molecolare utilizzando la radiazione elettromagnetica nell'intervallo delle microonde. È questo infatti l'intervallo di energia che permette di sondare i legami molecolari tra atomo e atomo. Insieme costruiscono bobine, rivelatori, circuiti elettrici, sempre dopo aver fatto dei conti, delle stime, approssimativi, certo, ma in grado di portare ad apparati funzionanti.

1927, Roma. Arrivato all'Istituto di Fisica a Roma, nel '26, per alcuni anni Fermi, su incarico del Direttore Orso Mario Corbino, allestisce e sviluppa un moderno laboratorio di spettroscopia atomica e molecolare, basandosi sull'esperienza di Rasetti e sull'entusiasmo di nuovi giovani che vengono reclutati a questo scopo: Edoardo Amaldi, Emilio Segrè e, in seguito, Bruno Pontecorvo.

1929, Roma. *Studi di Fisica del Nucleo*. Fermi decide di abbandonare la fisica atomica e dedica gli sforzi del suo gruppo allo studio del nucleo. Rasetti e Segrè vanno ad acquisire esperienza sulle tecniche di rivelazione frequentando i migliori laboratori europei. A dare un contributo sul piano teorico, che sarà di valore storico, arriva un giovane, Ettore Majorana, con il quale Fermi avrà occasione di confrontarsi molte volte, riconoscendone l'eccezionale competenza e valore.

1931, Roma. *Congresso Internazionale di Fisica Nucleare*. È un punto di svolta per la fisica italiana e in particolare per il Gruppo di Fermi che lo organizza, formato da giovani ricercatori che si presentano ai colleghi di tutta Europa con un'esperienza ancora limitata, ma che ambiscono a porsi sullo stesso livello dei laboratori più accreditati. In questo congresso si delineano le nuove linee di ricerca sperimentale nello studio del nucleo atomico.

L'impulso decisivo verrà con la scoperta nel 1932 del neutrone (Chadwick) che rivolu-

zionerà le ipotesi sul modello del nucleo dell'atomo: non più elettroni e protoni, ma protoni e neutroni. Il nucleo diventa la nuova frontiera della ricerca in fisica della materia.

1934, Roma. via Panisperna. Con la scoperta della radioattività artificiale indotta da particelle alfa (carica $++$) fatta nel gennaio del '34 da Irène Curie e Frédéric Joliot, si apre lo studio sperimentale sulla stabilità dei nuclei. Fermi e Rasetti, con il loro gruppo, decidono di cambiare tecnica: utilizzeranno neutroni che possono avvicinarsi al nucleo senza dover incontrare la repulsione coulombiana che invece limita l'utilizzo di particelle alfa. Costruiscono una camera a nebbia, diffrattometri per raggi gamma e contatori Geiger-Müller per potenziare il loro laboratorio. È un clamoroso successo: nel giro di alcuni mesi vengono sottoposti a bombardamento con neutroni, sistematicamente, tutti gli elementi della scala di Mendeleev e verranno prodotti oltre la metà degli isotopi radioattivi scoperti nel mondo nello stesso periodo.

Nell'estate del '34 concludono il loro lavoro bombardando il torio (90) e l'uranio (92), ultimo elemento conosciuto. Inaspettatamente, osservano ancora della radioattività che è da loro spiegata, pur con molti dubbi, con l'ipotesi che siano stati prodotti nuovi elementi della scala, detti 'trans-uranici'. Fermi non ne è convinto, ma la notizia trapela, diffondendosi nel mondo, ed è confermata in altri laboratori.

Esperio e ausonio (dai nomi di antiche popolazioni italiche...), se vennero accolti come una grande novità, per Fermi rappresentarono un cruccio in quanto non fu mai sicuro della interpretazione dei risultati sperimentali. L'idea di fondo era che l'assorbimento di neutroni portasse a nuclei più pesanti, e non certo alla loro frammentazione. Avevano preso un clamoroso abbaglio: nessun nuovo elemento. In realtà avevano scoperto la fissione dell'uranio indotta da neutroni con 4-5 anni di anticipo. Ma non se ne resero conto, cfr. [2].



Figura 2. Il Gruppo di via Panisperna. Da sinistra a destra: Oscar D'Agostino, Emilio Segrè, Edoardo Amaldi, Franco Rasetti, Enrico Fermi.

1934, Roma, 20 ottobre. Fermi si accorge degli strani risultati che si ottengono dal bombardamento dell'argento con neutroni. Le misure sono instabili, non si riescono a riprodurre, cambiano in continuazione. Sembra addirittura che esse dipendano dal supporto (tavolo di legno o di marmo!) sul quale è posto l'apparato sperimentale. E in parte è veramente così: la presenza di materiale ricco di nuclei leggeri, come l'idrogeno, rallenta i neutroni che "sembrano diventare più grandi" e quindi fanno aumentare la frequenza delle interazioni nucleari. È il 20 ottobre e Fermi fa la scoperta per la quale gli verrà conferito il Premio Nobel.

1938, Roma. Nella richiesta di finanziamenti che presenta alle autorità italiane, mette in evidenza due aspetti: il primo, tecnico, è in relazione alla necessità di costruire nuovi acceleratori di particelle, come stavano facendo negli Stati Uniti d'America, allo scopo di avere a disposizione fasci di neutroni più intensi, in quanto le sorgenti radioattive avevano dei limiti intrinseci (bassa intensità, energia limitata). Il secondo riguarda le applicazioni della radioattività artificiale:

Un altro importante campo di studi, per il quale si hanno già promettentissimi inizi, è l'applicazione di sostanze radioattive artificiali quali indicatori per l'analisi di reazioni chimiche. Non meno importanti si prospettano le applicazioni nel campo biologico e medico. Tale importanza è stata riconosciuta in vari paesi nei quali le ricerche sulla radioattività artificiale sono largamente sovvenzionate da istituzioni mediche. Alcune applicazioni riguardano le sostituzioni delle sostanze radioattive a quelle naturali per gli usi terapeutici. (Dalla proposta fatta da Fermi al CNR, il 29/01/1937 e citata da Giovanni Battimelli in: http://www.fisicamente.net/FISICA_2/index-1910.htm).

Anche qui una visione lungimirante sulle applicazioni della radioattività; chi lavora in un moderno ospedale sa bene quale aiuto venga oggi dal sapiente utilizzo di sostanze radioattive, naturali e artificiali, nella diagnostica e nella terapia.

Ma ormai il "Gruppo di via Panisperna" (con questo nome passerà alla storia) non esisteva più. Pontecorvo era a Parigi dal '36, presso il Laboratorio di Joliot; Rasetti andrà negli Stati Uniti, dove aveva lavorato con successo dieci anni prima, mentre Segrè era a Berkeley, da dove non tornò più, anche perché il 18 settembre 1938 ci fu la proclamazione delle leggi razziali,

1938, Stoccolma. Il 10 dicembre Enrico Fermi, a 37 anni, riceve il Premio Nobel per la fisica "per la scoperta di numerosi elementi radioattivi e del meccanismo di rallentamento dei neutroni".

Da Stoccolma, con tutta la famiglia, va in Inghilterra e da lì s'imbarca sulla motonave *Franconia*; sta andando negli Stati Uniti per un periodo di studio, su invito della Columbia University. Sa bene, però, che sta lasciando l'Italia per sempre e sa pure che ormai lascia ben poco dietro di sé: il suo Gruppo si è disperso, anche a seguito del clima razzista creato e alimentato dal Governo fascista in Italia, che gli ha inoltre negato i mezzi per proseguire le sue ricerche.

1939, *New York City*. Arrivato a New York, ai primi di gennaio, Fermi inizia subito a lavorare presso i Pupin Laboratories, della Columbia University, con Leo Szilard, fisico ungherese anche lui transfuga al pari di molti suoi colleghi europei, come von Neumann, Teller e Wigner. Fermi e Szilard si occuperanno dello studio del nuovo fenomeno della fissione artificiale dell'uranio, da poco osservato per la prima volta a Berlino da Otto Hahn e Fritz Strassmann (e correttamente interpretato da Lise Meitner, esule in Inghilterra), e pubblicato proprio mentre Fermi era in viaggio verso l'America. Il 25 gennaio, Fermi osserva per la prima volta i risultati della fissione provocata da neutroni lenti.

Si trattava ora di costruire un modello che spiegasse quantitativamente i risultati degli esperimenti. Fermi e Szilard intuiscono che nello sconvolgimento del nucleo seguito dalla fissione in due nuclei più leggeri si possono liberare uno o più neutroni e che questi possono essere usati per indurre la fissione di altri nuclei. È l'idea che sta alla base della pila atomica; ma anche della bomba A.

1942, *Chicago*. "Il navigatore italiano è appena sbarcato nel nuovo mondo". È la frase in codice con la quale Arthur Compton, illustre fisico americano, comunica al Presidente degli Stati Uniti, Franklin Delano Roosevelt, l'avvenuto successo dell'esperimento di Fermi al Metallurgical Laboratory. Nel laboratorio allestito sotto le tribune dello stadio di Chicago, quasi in mezzo alla città, Fermi, coordinando un folto gruppo di fisici, chimici e ingegneri, ha condotto in porto la realizzazione della prima pila atomica liberando parte dell'energia racchiusa nel nucleo dell'uranio. Ma ha anche prodotto Plutonio-239, necessario per produrre un secondo tipo di bomba A.

1942, *Los Alamos, New Mexico*. Nel periodo di Los Alamos, durante la realizzazione del "Progetto Manhattan" sotto la direzione del Generale Leslie Groves e la responsabilità scientifica di Robert Oppenheimer, Fermi dirige il Dipartimento F (F per Fermi!), creato allo scopo di dare un supporto a tutti gli altri gruppi di ricerca, teorica e sperimentale, in vari settori; ma non si limita alla messa a punto di una tecnologia completamente nuova e, fin dal primo momento, usa la pila come sorgente di neutroni molto intensa per studi di purezza della grafite, il cui uso come assorbitore è necessario per tenere sotto controllo il meccanismo di reazione a catena.

1943 – 1944, *Argonne, Illinois*. Nei due anni successivi, Fermi utilizza la fonte di neutroni per studiare il loro comportamento nell'interazione con la materia: dalle prime osservazioni e misure sulla riflessione e diffrazione di neutroni da parte di cristalli, nasce un nuovo campo di ricerca, l'ottica neutronica.

1945, 16 luglio, *Trinity - Alamogordo, New Mexico*. In uno sperduto angolo del deserto vicino ad Alamogordo viene fatta esplodere la prima bomba atomica, basata sulla tecnologia del plutonio-239. È la prima volta che l'uomo libera in maniera esplosiva l'energia del nucleo, immagazzinata all'inizio del tempo, nelle fucine delle stelle. Ed è la prima di una serie interminabile di esplosioni nucleari che ancora oggi non si è

arrestata, e che prosegue, seppur in misura grandemente ridotta, cfr. [4]. Fermi assiste all'esplosione e riesce a stimare il valore dell'energia liberata mediante l'osservazione dello spostamento di pezzetti di carta lasciati cadere sul pavimento. Un'ora dopo, è tra coloro che si recano sul punto dell'esplosione a prelevare campioni di terreno per studiarne la radioattività che si è formata a causa dell'esplosione nucleare. L'esposizione alle alte dosi di radiazioni, forse, gli sarà fatale.

1945, 3 – 6 agosto, Hiroshima - Nagasaki, Giappone. Due bombe atomiche, la prima all'uranio, la seconda al plutonio, a tre giorni di distanza l'una dall'altra, vengono sganciate sulle due città giapponesi. "I fisici hanno conosciuto il peccato", dirà Robert Oppenheimer a commento di questo tragico evento.

Le prime esplosioni atomiche della storia effettuate su centri abitati, e densamente popolati, erano ormai avvenute: possono essere anche viste, drammaticamente, come due esperimenti dai quali sono state raccolte una sterminata quantità di informazioni, soprattutto sugli effetti delle radiazioni ad alte dosi sull'uomo. Per fortuna, sono state anche le ultime e, vogliamo credere, grazie anche a quanto si è potuto imparare da quei tragici avvenimenti, che il sacrificio di centinaia di migliaia di vite umane non sia stato del tutto vano.

1949, Chicago. Tornando al lavoro teorico, ma con l'occhio attento alle nuove misure effettuate sui raggi cosmici, Fermi pubblica un lavoro nel quale propone un modello per spiegare la distribuzione in energia dei raggi cosmici che, provenienti dallo spazio profondo, raggiungono la Terra. Questi sono in massima parte protoni (ma anche nuclei di elio e di materiali più pesanti). Lo spettro energetico è dato dalla semplice legge di potenza: $dN/dE \sim E^{-2.7}$.

Fermi ipotizza che le particelle vengano accelerate a causa di urti multipli che subiscono con l'onda d'urto provocata dalle esplosioni delle Supernovae galattiche, mentre la loro traiettoria viene 'curvata' dal campo magnetico presente nella galassia, proprio come se fosse all'opera un immenso 'acceleratore cosmico'. Un numero elevato di collisioni successive può far crescere l'energia fino a valori altissimi, che però non possono eccedere un certo valore limite, corrispondente al raggio di Larmor, il quale non può superare le dimensioni della galassia. Un ulteriore aumento di energia porta la particella ad abbandonare la galassia dove è 'nata' e a iniziare il viaggio nello spazio intergalattico, prima di giungere fino a noi.

Dal 2008 orbita intorno alla Terra un osservatorio che misura lo spettro della radiazione gamma (ma anche degli elettroni) in un vasto intervallo di energia, fin quasi a 1 TeV, e che porta il nome di Fermi. Equipaggiato con strumenti tra i quali il LAT (Large Area Telescope), costruito con l'apporto di scienziati e tecnici italiani, contribuirà a svelare alcuni tra i numerosi misteri del cosmo.

1953, Chicago. Come sempre attratto da strumenti nuovi, Fermi, dopo aver preso confidenza con i programmi di calcolo e utilizzando i primi rudimentali ma già rivoluzionari calcolatori elettronici, quali l'ENIAC e il MANIAC, si dedica a un problema

originale: i sistemi fisici non lineari. Nel 1953 inizia lo studio, attraverso la simulazione numerica, di come si evolve nel tempo un sistema (unidimensionale) di 64 particelle tra le quali si esercita una forza con una componente non lineare – un problema che verrà ancora considerato “nuovo” dopo più di vent’anni.

Alcuni hanno visto in questo primo lavoro di simulazione numerica la nascita della “matematica sperimentale”. Fermi collabora con il matematico polacco Stanislaw Ulam e con l’informatico statunitense John Pasta a codificare un problema che passerà alla storia come “Problema di Fermi-Pasta-Ulam”, il quale rappresenta una vera e propria palestra nello studio di come si comporta un sistema in cui sono all’opera forze non-lineari (da cui lo studio dei “sistemi dinamici non-lineari”).

Dopo molti anni questo lavoro pionieristico verrà riconosciuto come la base per lo studio del caos deterministico. La sua importanza è molteplice.

- a) Per la fisica: si cerca di capire come si evolvono sistemi fisici, anche elementari, quando le interazioni (forze agenti) non sono più lineari, ma compare una componente, ad esempio, quadratica. È in effetti un passo importante per avere un modello della natura più realistico.
- b) Per la matematica: nella ricerca di soluzioni, compaiono molte zone sconosciute della matematica che solo dopo decine di anni verranno esplorate compiutamente.
- c) Per l’informatica: l’uso del calcolatore per la prima volta diventa dirimente rispetto alla possibilità di trovare la soluzione di un problema, perché solo il calcolo numerico può portare alla descrizione delle soluzioni, altrimenti inaccessibili per via analitica.



Figura 3. Enrico Fermi e i primi calcolatori elettronici.

1954, Italia. CEP (*Calcolatrice Elettronica Pisana*). Fermi fa il suo ultimo viaggio in Italia nell'agosto del '54 per un Convegno a Varenna, sul lago di Como. In questa occasione gli giunge una richiesta dal Rettore dell'Università di Pisa su come investire al meglio, ai fini della ricerca, una cospicua somma che si era resa disponibile dal trasferimento a Frascati del progetto di un Sincrotrone nazionale, che inizialmente doveva essere costruito a Pisa.

Fermi non ha dubbi: grazie alla sua diretta esperienza sui primi calcolatori sviluppati in America suggerisce di progettare e costruire un Calcolatore Elettronico per eseguire i complessi ma necessari calcoli che avrebbero permesso di trovare la soluzione, tra l'altro, di equazioni differenziali non integrabili analiticamente.

Nell'inverno del 1955 alcuni giovani ricercatori, fisici di Roma, vennero a Pisa per studiare le poche macchine elettroniche al mondo e buttare giù qualche idea sulla nuova calcolatrice e sulle proprietà logiche che avrebbe dovuto avere. Dopo pochi mesi il gruppo incaricato, formato da poche decine di ingegneri, fisici e matematici, iniziò la progettazione esecutiva. Nel 1957 inizia a funzionare la "Macchina Ridotta", primo prototipo della CEP, che dal '59 sarà il primo calcolatore interamente pensato, progettato, costruito e gestito in una università italiana.

Ma l'impulso allo sviluppo di una nuova branca della scienza non si esaurisce con l'hardware, anche se questo rimane basilare. L'enorme sforzo per sviluppare il software necessario per gestire la CEP favorisce gradualmente la crescita di una cultura che ormai si può chiamare 'informatica': dieci anni dopo, nel 1969, nasce a Pisa, primo in Italia, il Corso di Laurea in Scienze dell'Informazione.

In questi ultimi lavori, al culmine del suo percorso di scienziato e purtroppo alla fine della sua breve vita, si può vedere nel lavoro di Enrico Fermi un ritorno alla costante esigenza di affrontare rapidamente il calcolo di grandezze, la stima di valori, una prima valutazione della bontà di un nuovo modello, ma stavolta muniti di un nuovo potente strumento, il calcolatore elettronico. Calcoli e stime gli avevano permesso, nel 1923, a commento della prima edizione italiana della Relatività Generale (August Kopff, Hoepli, Milano 1923), di fare la seguente affermazione a proposito dell'equivalenza massa-energia, ipotizzata da Einstein:

La relazione tra massa ed energia ci porta senz'altro a delle cifre grandiose. Per esempio, se si riuscisse a mettere in libertà l'energia contenuta in un grammo di materia si otterrebbe un'energia maggiore di quella sviluppata in tre anni dal lavoro continuo di un motore di mille cavalli (inutili i commenti). Si dirà con ragione che non appare possibile che, in un prossimo avvenire, si trovi il modo di mettere in libertà queste enormi quantità di energia, cosa del resto che non si può che augurarsi, perché l'esplosione di una così spaventosa quantità di energia avrebbe come primo effetto di ridurre in pezzi il fisico che avesse la disgrazia di trovare il modo di produrla. (A. Kopff, I fondamenti della relatività einsteiniana, Hoepli, 1923, pp. 342 - 344)

Non sorprende che queste parole possano suscitare due reazioni: la prima, di ammira-

zione per un giovane, appena laureato, che comprende la portata della nuova teoria di Einstein, al contrario di molti illustri fisici italiani del tempo; la seconda, di incredulità e sconcerto per il bizzarro destino in serbo per quel fisico ventiduenne – proprio colui che per primo doveva liberare l'immensa energia nascosta nel nucleo.

4. Conclusioni, tra scienza ed etica

Certamente la scienza deve a Enrico Fermi molto di più che alla maggior parte degli scienziati che pure hanno segnato il Novecento: teorie fondamentali, modelli rivoluzionari, soluzioni tecnologiche che hanno cambiato il volto del secolo e che per qualcuno, hanno contribuito persino a dare il nome a una nuova era, l'Era Atomica. Non è quindi strano collegare al nome del fisico italiano molte delle questioni di carattere etico che in questa nuova era si sono andate ponendo, proprio in seguito alle scoperte e agli orizzonti dischiusi da Fermi. Prima fra tutte, la questione del ruolo e della responsabilità dello scienziato nel capire, prevedere e gestire le conseguenze che derivano dal proprio lavoro.

Per l'importanza ancora attuale di questioni nate in quel tempo ormai lontano, oggi siamo autorizzati a porci alcune domande, o meglio, porle retoricamente al grande scienziato:

Perché nel 1938 lasciò l'Italia?

Perché partecipò al Progetto Manhattan?

Perché non si dissociò dopo la fine della Germania nazista?

Perché non si oppose all'esplosione su Hiroshima?

Perché non si oppose a quella su Nagasaki?

Perché dopo la fine della guerra rimase nel Progetto Manhattan?

Queste domande vogliono essere soltanto un modo di porci criticamente, oggi, davanti alla storia, per capire meglio quel che è successo quasi settant'anni fa.

Anche il contesto storico nel quale si svolsero quelle vicende deve essere pazientemente ricomposto per cercare almeno parziali risposte. Fermi infatti non lavorava da solo, anzi, tra i suoi allievi e collaboratori vi furono scienziati e tecnici di grande valore. Quindi anche le responsabilità che si è assunto vanno suddivise, ma non sminuite; vanno anzi ricordate e studiate con un atteggiamento rispettoso e, al tempo stesso, aperto e critico, perché le condizioni nelle quali si sono trovati Fermi e i suoi colleghi del Progetto Manhattan possono ripresentarsi di nuovo – e forse si sono già ripresentate più volte. Un esempio per tutti: come si deve porre l'uomo di scienza davanti all'ipotesi di clonazione umana?

Non credo che possano esistere soluzioni a priori, pre-confezionate da usare al momento opportuno, in qualunque situazione. Credo sia invece necessario mantenere viva una discussione continua tra scienziati e tecnici che hanno le conoscenze per capire e le responsabilità per decidere. Ma credo sia altrettanto necessario compiere ogni sforzo possibile per coinvolgere tutti coloro che oggi hanno un ruolo in quei problemi ... e coloro che potranno averlo domani.

BIBLIOGRAFIA - WEBGRAFIA

- [1] Amaldi, E., *Da via Panisperna all'America: i fisici italiani e la seconda guerra mondiale*, a cura di G. Battimelli e M. De Maria, Editori Riuniti, Roma 1997.
- [2] <http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/museo/home.htm>
- [3] De Maria, M., *Enrico Fermi: un fisico da via Panisperna all'America*, a cura di M. De Maria, I grandi della scienza n.8, supplemento a *Le Scienze*, 368, aprile 1999.
- [4] <http://www.youtube.com/watch?v=dXxPRHkyAvY>