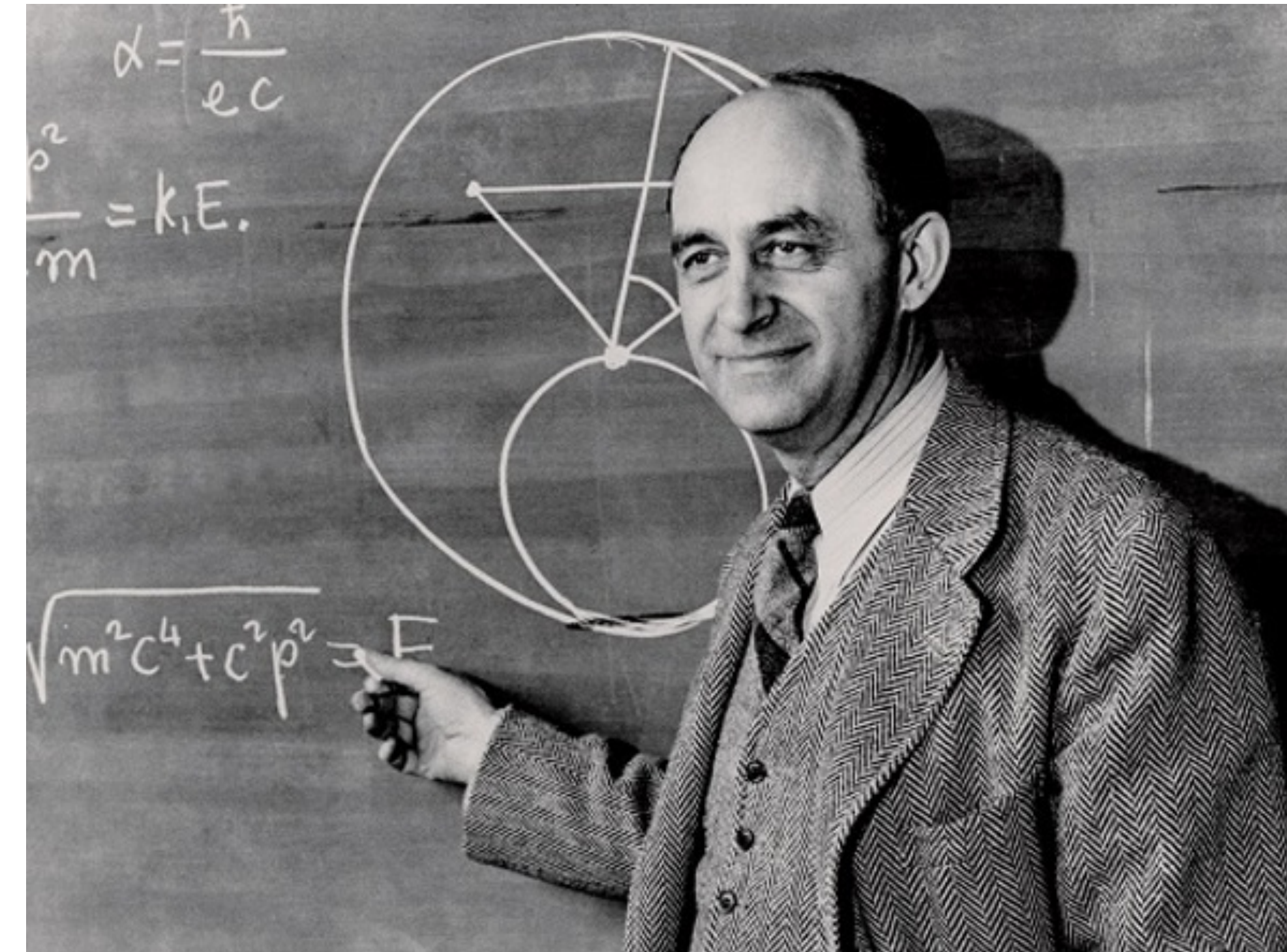


Enrico Fermi

Dai ragazzi di via Panisperna al progetto Manhattan



Lezione di Storia della Fisica ed Epistemologia del 04-05-2023 - Prof. A. Rapisarda

Cronologia della vita di Fermi: la giovinezza

Fermi nasce a Roma nel **1901**, ultimo di 3 fratelli. Il padre era ispettore capo delle ferrovie.

Il fratello maggiore Giulio muore nel **1915** per le complicazioni di un intervento chirurgico (una banale asportazione di un ascesso). **Dopo la morte del fratello**, suo unico compagno di giochi, **stringe amicizia con Enrico Persico**, compagno di scuola di Giulio, amicizia che dura per tutta la vita.

Fin da piccolo mostra **grande interesse per le materie scientifiche e studia da autodidatta** su libri usati comprati nelle bancarelle di Campo dei Fiori a Roma.

Un **ruolo importante nella formazione giovanile** di Fermi è quella avuta dall'ingegnere **Adolfo Amidei**, amico del padre, che gli consiglia libri da studiare e convince la famiglia a tentare l'ammissione alla Normale di Pisa.

Nel 1918 viene ammesso alla Normale di Pisa. Arriva primo in graduatoria con un compito sui ***Caratteri distintivi dei suoni e le loro cause*** che stupisce gli esaminatori per il livello dell'elaborato svolto, praticamente da titolo di laurea.



Fermi al centro fra i due fratelli (Giulio e Maria)
a 4 anni



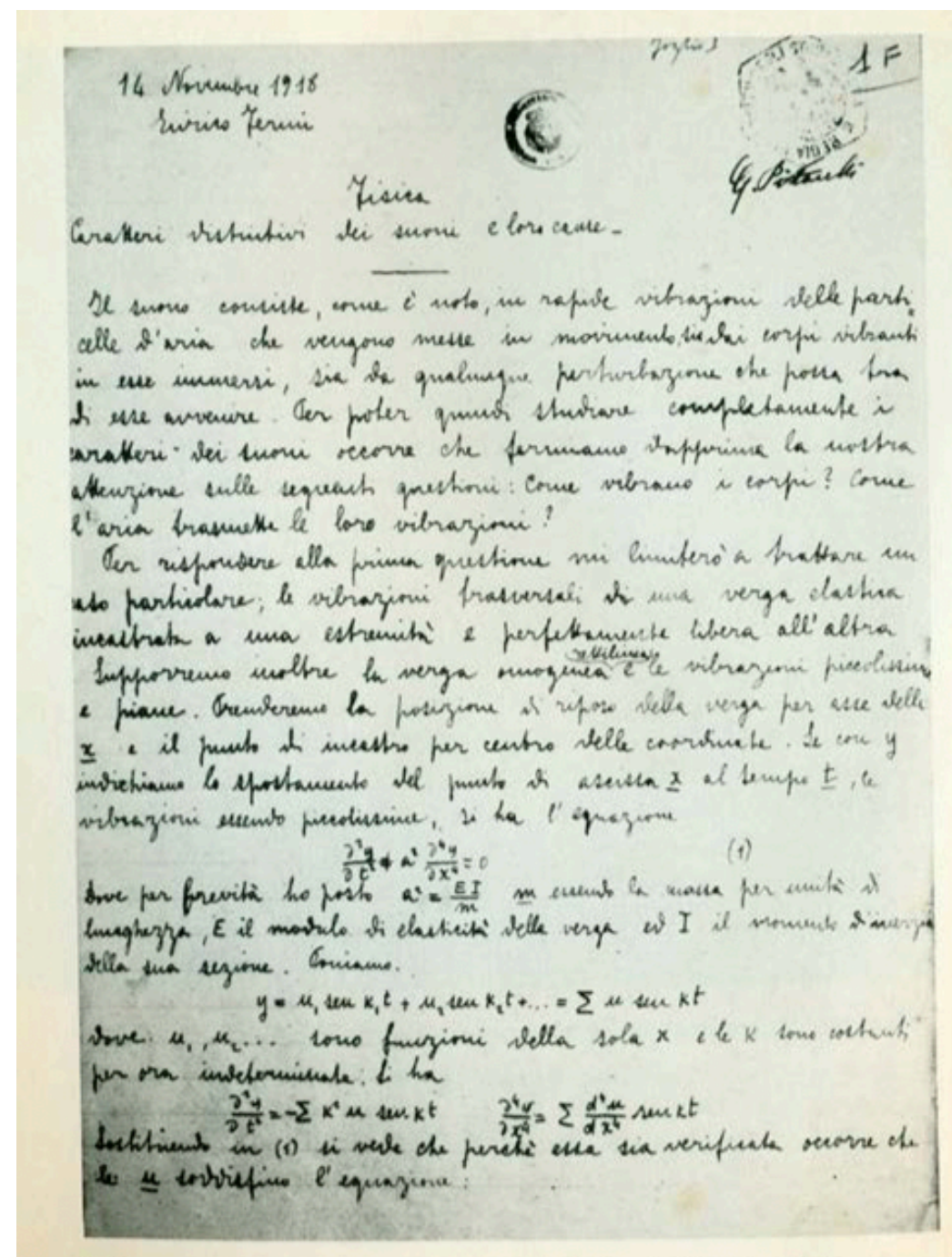
Fermi liceale 16 anni

Gli studi alla Scuola Normale di Pisa

Durante i primi anni a Pisa approfondisce temi di frontiera quali la relatività e la meccanica quantistica e già al suo secondo anno gli viene chiesto di tenere dei seminari sulla meccanica quantistica di cui nessuno sapeva già allora più di lui in Italia. Subito dopo studia la relatività generale e nel 1922, al suo quarto anno del corso di studi, pubblica il suo primo lavoro importante, citato anche da Levi-Civita, nonostante in Italia in quel periodo erano in tanti ad osteggiare la relatività

A Pisa Fermi conosce Franco Rasetti, studente di ingegneria, che poi grazie a Fermi passa a Fisica.

Rasetti è un abile sperimentale e all'università solo Rasetti Fermi e Carrara avevano il permesso di accedere al laboratorio di fisica dove iniziare a fare i loro primi esperimenti con i raggi X.



Prima pagina del compito per l'ammissione alla Scuola Normale di Pisa



Fermi in gita con i genitori la sorella e l'amico Persico



Fermi in gita in montagna con Rasetti e Carrara

La laurea a Pisa ed il ritorno a Roma

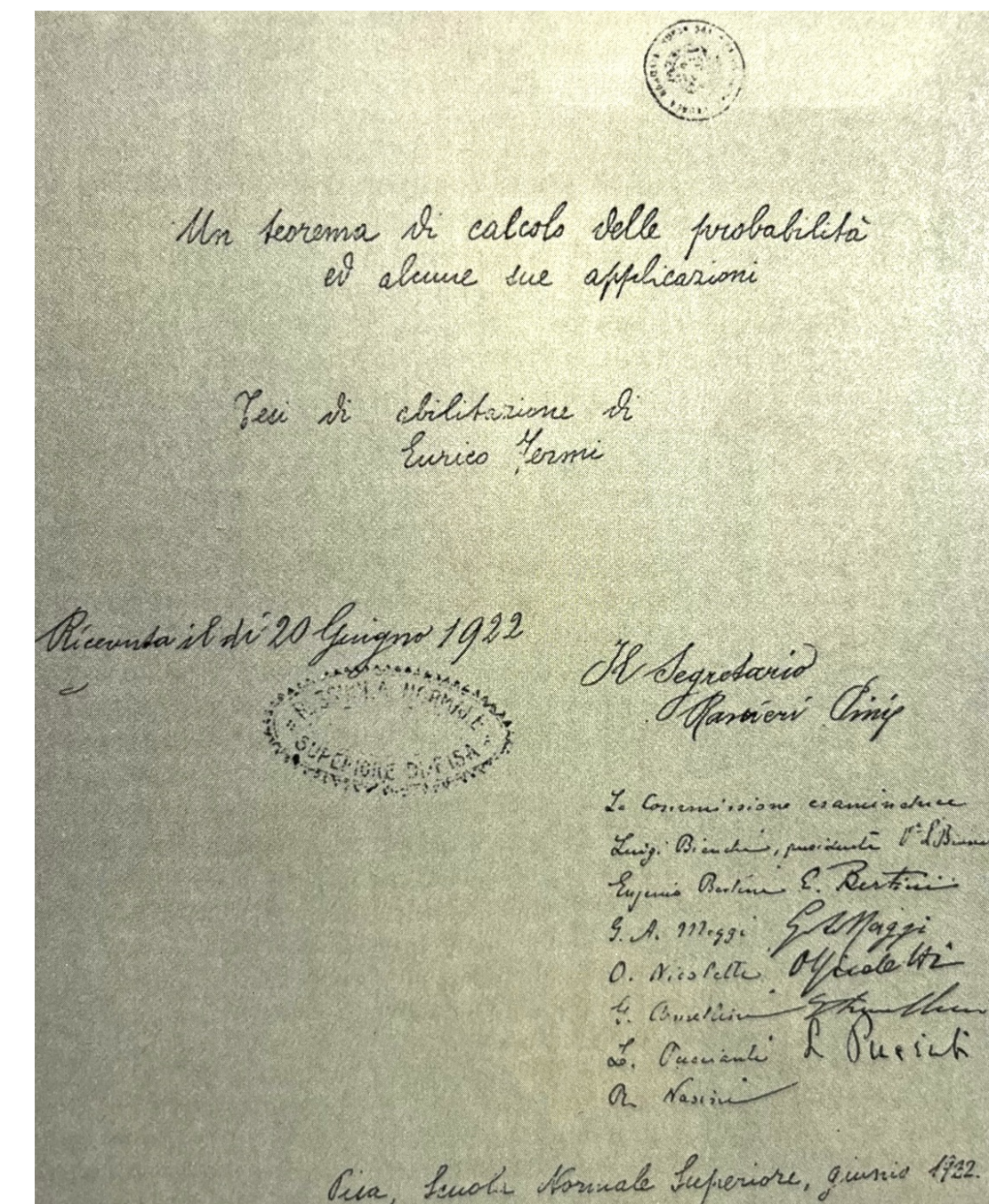
Fermi era molto interessato alla relatività ed in particolare alla equivalenza fra massa ed energia. In una breve nota pubblicata in appendice al libro di Kopff “Fondamenti della relatività einsteiniana” Fermi scrive nel **1923**:

“La relazione fra 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 una energia maggiore di quella sviluppata in tre anni di lavoro da un motore da mille cavalli (inutili i commenti). Si dirà con ragione che non appare possibile che, almeno 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, perchè 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.”

Nonostante le sue grandi abilità come fisico teorico, **la tesi di laurea di Fermi a Pisa è di tipo sperimentale**, sulle immagini di diffrazione dei raggi X prodotte da cristalli curvi. Questo perchè la fisica teorica non era considerata una vera e propria fisica dai fisici del tempo. **Fermi si laurea il 4 luglio del 1922 e tre giorni dopo ottiene anche il titolo alla Normale discutendo una tesi di fisica matematica.**

Ottenuta la laurea, Fermi torna a Roma e si presenta ad **Orso Mario Corbino**, fisico sperimentale e direttore dell’Istituto di Fisica di via Panisperna, oltre che senatore e ministro della pubblica istruzione nel 1920.

Fermi aveva molta stima per Corbino che considerava un suo maestro.



Prima pagina della tesi di Fermi per il diploma di abilitazione alla Scuola Normale di Pisa



Orso Mario Corbino

I primi studi all'estero e l'inizio della carriera accademica

Grazie a Corbino, che lo prende a benvolere riconoscendo il suo talento, Fermi ottiene una borsa di studio alle fine del **1922** per andare a **Gottinga** presso Max Born, uno dei padri fondatori della nuova meccanica quantistica. **Nel 1923 passa sei mesi a Gottinga** e pubblica diversi lavori. **Incontra anche Heisenberg, Jordan e Pauli, ma il periodo non sembra troppo fruttuoso**

Nel **1924** passa poi altri tre mesi a **Leida** in Olanda, presso l'Istituto diretto da Paul Ehrenfest, dove conosce di persona Einstein e Lorentz. **L'ambiente qui è molto più piacevole e stimolante come si evince da quello che lo stesso Fermi scrive a Persico in una lettera**

Dopo il periodo a Leida, Fermi viene chiamato a **Firenze** per ricoprire la cattedra di fisica matematica nell'anno accademico **1924-25**.

Nel frattempo Corbino a Roma prepara il terreno per bandire un concorso per la **prima cattedra di fisica teorica in Italia** che viene poi bandita però per vari problemi burocratici solo nell'autunno del **1926**. **Fermi vince senza problemi questo concorso ed inizia così la sua carriera accademica a Roma.**



Siccome, contrariamente alle tue previsioni io non sono morto né dormo, ti manderò qualche mia notizia. L'ambiente che ho conosciuto qui a Leida è molto simpatico e piacevole. Ho conosciuto:

Einstein, che è stato qui per una ventina di giorni; persona molto simpatica benché porti il cappello a larga tesa per darsi l'aria di genio non compreso. È stato preso da una simpatia vivissima per me, che non poteva fare a meno di dichiararmi ogni volta che mi incontrava (peccato che non sia una bella bimba!)

Ehrenfest, anche lui molto simpatico e cortese, benché non sfigurerebbe in un negozio di abiti usati al ghetto. [...]

Lorentz, caratteristica essenziale occhi di fuoco benché azzurri.

Ho conosciuto poi parecchi altri, tra cui parecchi giovani che non hanno ancora un nome, ma che probabilmente se lo faranno.



Leida 1924

Da sinistra G. Dicke, S. Goudsmit, N. Tinbergen, P. Ehrenfest, De Kronig, E. Fermi

Da una lettera di Fermi a Persico sul suo soggiorno a Leida

L'incontro con la futura moglie Laura Capon

Laura Capon incontra nel **1924** a 16 anni per la prima volta Enrico Fermi da “Atomi in famiglia”

Una domenica di primavera del 1924, a Roma, un gruppo di amici mi invitò a fare una passeggiata. Ci trovammo alla fermata del tram a piazzale Salario, quello che adesso si chiama piazza Fiume. Venne coi miei amici un giovane con le gambe corte e le spalle arrotondate, collo proteso in avanti, capelli neri e folti e carnagione scura. Anche il vestito era nero: a lutto, perché da poco gli era morta la madre, come seppi in seguito.

I miei amici cercarono di impressionarmi. « È un fisico che promette bene » mi dissero. « Già insegna all'Università e ha solo ventun anni. »

Queste parole potevano spiegarmi il portamento del giovane e il suo aspetto un po' strano, non l'ammirazione degli amici: ventun anni mi sembravano molti, più che sufficienti a far carriera. Io ne avevo sedici.

Mi diede una stretta di mano rivolgendomi un sogghigno amichevole. Non lo saprei chiamare altro che sogghigno: le sue labbra erano sottilissime, senza carne, e fra i denti superiori un dentino da latte si faceva notare per la sua incongruenza. I suoi occhi mi guardavano divertiti; vicinissimi l'uno all'altro, lasciavano posto solo per un naso sottile, ed erano di un grigio azzurrognolo contrastante con il volto bruno.



Enrico Fermi e Laura Capon fidanzati

Si sposeranno nel 1928

Nuovo incontro nel **1926** in montagna a Santa Cristina da “Atomi in famiglia”

Arrivammo a Santa Cristina a metà luglio. I Castelnuovo avevano preso una casa in affitto a qualche chilometro dal paese, e subito andai a trovarli. Gina, che era su per giù della mia età, pensava che l'estate sarebbe stata bella.

« Verrà tanta gente, e ci divertiremo di certo. Anche Fermi ha scritto a mia madre di cercargli una camera... »

« Fermi? » la interruppi. « Fermi?... Il nome non mi è nuovo... »

« Lo conosci di sicuro. È un giovane fisico. La speranza della fisica italiana, a sentire mio padre. »

« Adesso ricordo! È quel tipo strano che mi ha fatta giocare a football. Mi ero dimenticata completamente la sua esistenza. Dove si è nascosto tutto questo tempo? »

« Era a Firenze a insegnare all'Università. Ma quest'autunno verrà a Roma. »

« A Roma? E cosa insegnerà a Roma? » Ero studentessa di storia naturale e dovevo seguire corsi di matematica e di fisica.

« La facoltà di scienze ha creato una nuova cattedra *ad hoc* per Fermi. Fisica teorica. Credo che Corbino, il direttore dell'Istituto Fisico, abbia avuto a che fare con la chiamata di Fermi. Corbino ne ha un'alta stima e dice che di uomini come lui ne nascono solo uno o due per secolo. »

« Mi pare un'esagerazione! » esclamai. Il giovane fisico non mi aveva fatto molta impressione. Fra i miei compagni di scuola c'erano ragazzi che mi sembravano più svegli e più promettenti di Fermi. « Comunque fisica teorica non è fra le materie che debbo prendere; Fermi non sarà mio professore. E come amico che te ne pare? »

La cinetica dei gas (1925-1926) ed il congresso internazionale di Como del 1927

Nel gennaio del **1925** W. Pauli pubblica il suo lavoro sul principio di esclusione ed Einstein pubblica dei lavori fondamentali sulla statistica quantistica delle particelle con spin intero

Heisenberg, Jordan e Born gettano le basi per interpretare la meccanica quantistica in termini di matrici, ma Fermi non apprezza molto questo formalismo.

Nel **1926** Schroedinger pubblica una serie di lavori sulla formulazione ondulatoria della meccanica quantistica. Questo formalismo molto più classico in termini di equazioni differenziali piace molto di più a Fermi

Nel dicembre del **1925** Fermi scrive un suo lavoro molto importante ***Sulla quantizzazione del gas perfetto monoatomico*** pubblicato poi nel febbraio **1926** in tedesco su Zeitschrift fur Physik in cui elabora la sua famosa statistica per le particelle con spin semi-intero.

Anche **Dirac** raggiunge un risultato analogo pubblicato in un lavoro della Royal Society nell'**agosto del 1926**.

A questo punto Fermi, venutone a conoscenza, vincendo la sua timidezza, scrive a Dirac e gli fa notare che lui ha già pubblicato un risultato simile qualche mese prima.

La statistica di Fermi-Dirac trova subito importanti applicazioni. Una delle prime fu fatta da Fowler che la applica alle stelle nane bianche per capire la loro stabilità.

Fermi stesso la applica ad un modello dell'atomo, detto **modello di Thomas-Fermi**, in cui gli elettroni vengono trattati come un gas degenere di Fermi che si muovono intorno al nucleo in seguito all'attrazione coulombiana.

Nel **1927** fu organizzato a Como un **importante congresso internazionale**, per il centenario della morte di Alessandro Volta, che vide la partecipazione di tanti fisici famosi e premi Nobel, fra cui Planck, Bohr, Pauli, Heisenberg, Sommerfeld. Quest'ultimo mostrò risultati molto importanti sulla conduzione elettrica e termica nei metalli che potevano essere spiegati solo con la statistica di Fermi.

Come ricorda Rasetti *“ Il congresso fu per Fermi un vero trionfo, e molti professori italiani rimasero stupiti che un giovane ventiseienne, appena noto in Italia, fosse così celebre in Germania”*.



Werner Heisenberg



Wolfgang Pauli



Paul Adrien Maurice Dirac

La statistica di Fermi-Dirac (1926)

In meccanica statistica la **statistica di Fermi-Dirac**, o **distribuzione di Fermi-Dirac**, è una distribuzione statistica di particelle chiamate **fermioni** negli stati di energia per un sistema in **equilibrio termico**.

Introdotta da **Enrico Fermi** e **Paul Dirac** nel 1926, rappresenta, insieme alla **statistica di Bose-Einstein** per i **bosoni**, l'aggiornamento **quantistico** della **classica distribuzione di Maxwell-Boltzmann**.

Una delle prime applicazioni di questa statistica fu fatta nel 1927 dal fisico tedesco **Arnold Sommerfeld** per ricavare il contributo degli elettroni alla capacità termica nei metalli a bassa temperatura.

La distribuzione di Fermi-Dirac, cioè del numero medio di fermioni che occupano uno stato di singola particella di energia alla temperatura T è data dalla formula

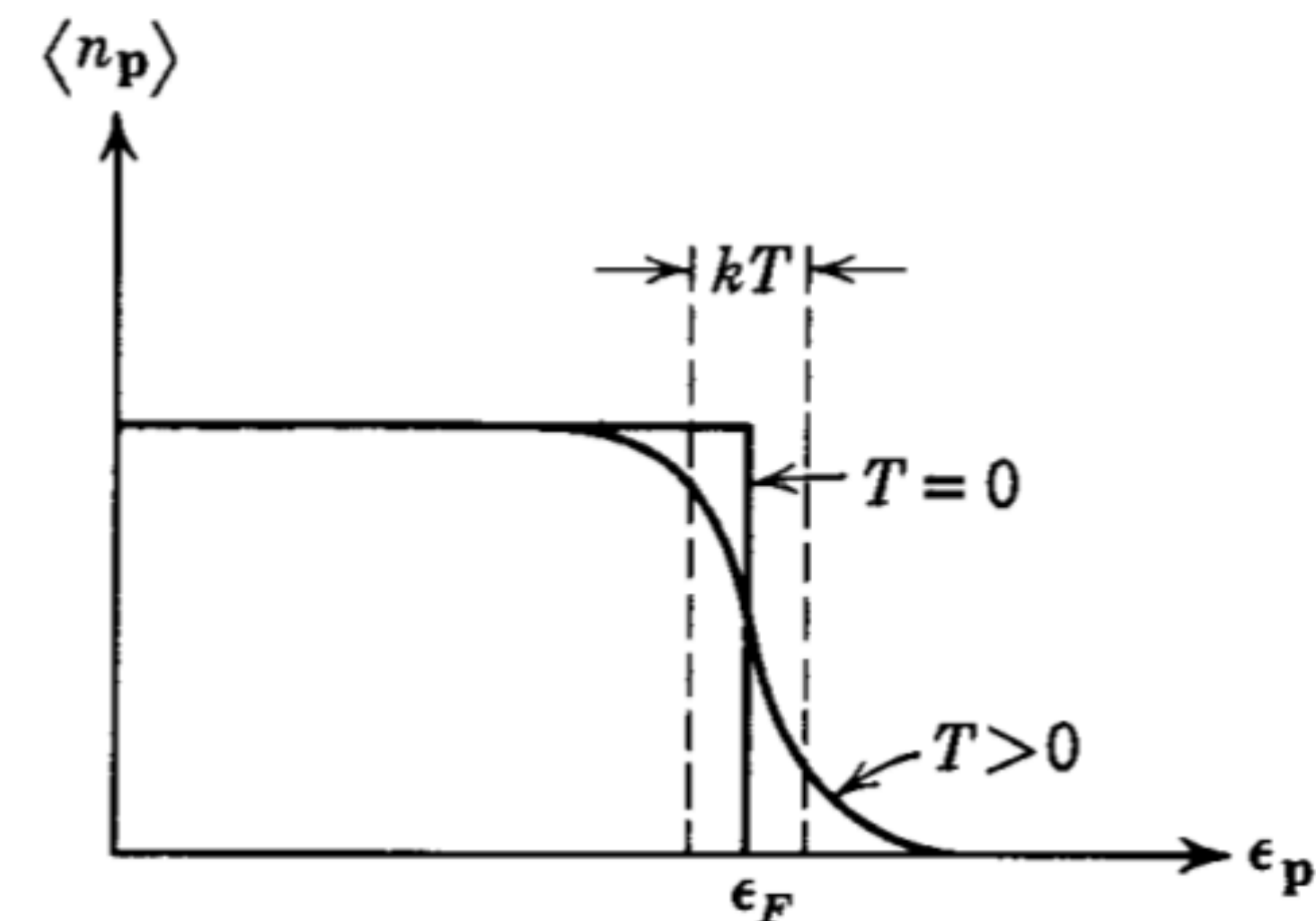
$$\langle n \rangle = \frac{1}{\exp\left(\frac{\varepsilon - \mu}{k_B T}\right) + 1}$$

con

- $\langle n \rangle$ è il numero medio di particelle nello stato considerato
- ε è l'**energia** dello stato considerato;
- μ è il **potenziale chimico** elettronico, o **livello di Fermi**;
- k_B è la **costante di Boltzmann**



Arnold Sommerfeld



La nascita del gruppo dei ragazzi di via Panisperna

D'accordo con Corbino, Fermi decide di trasformare l'Istituto di Fisica di via Panisperna in un centro di ricerca di fisica di livello internazionale.

Nel gennaio del **1927** viene chiamato a Roma Franco Rasetti come assistente di Corbino per rafforzare la fisica sperimentale

Corbino, durante una sua lezione di fisica sperimentale a ingegneria, comunica che all'istituto di fisica si stanno cercando dei valenti studenti per formare un gruppo di ricerca sulla fisica atomica, e così **nei primi mesi dell'anno accademico 1927-28 passano a fisica Emilio Segrè, Edoardo Amaldi e Ettore Majorana.**

Fermi teneva regolarmente seminari informali sulle più avanzate ricerche in fisica quantistica per questi suoi giovani allievi con i quali si instaurò fin da subito uno stretto rapporto di amicizia

All'inizio il gruppo si occupava soprattutto di esperimenti di spettroscopia atomica e molecolare.



Segrè, Persico e Fermi
a mare ad Ostia nel 1927



L'Istituto di Fisica di via Panisperna

La personalità unica di Fermi, la poca differenza di età fra docenti e discepoli, l'affinità negli interessi scientifici e persino nelle ricreazioni al di fuori dell'attività universitaria, creavano tra i membri dell'istituto un'amicizia personale e un affiatamento che raramente hanno legato un gruppo di ricercatori. Nulla vi era di formale nel modo in cui Fermi ci insegnava le teorie fisiche più recenti, prima di tutte la nuova meccanica quantistica [...]. Si tenevano riunioni che si potrebbero chiamare seminari, ma senza alcun orario o altro schema prestabilito, su argomenti suggeriti sul momento da una domanda che uno di noi faceva a Fermi, o da qualche risultato sperimentale che avevamo ottenuto e che si trattava di interpretare, o infine da un problema che Fermi stava studiando o che aveva risolto o che cercava di risolvere.

Ricordi di Rasetti di quel periodo

I ragazzi di via Panisperna, i primi congressi internazionali e la teoria del decadimento beta

A partire dal **1929** Fermi e Rasetti insieme a Corbino si rendono conto che bisogna **indirizzare la ricerca verso la fisica del nucleo atomico** per fare ricerche di livello internazionale.

Nel marzo del **1929 Fermi viene nominato da Mussolini membro dell'Accademia d'Italia** (in contrapposizione all'Accademia dei Lincei, ostile al regime fascista) e l'istituto di fisica di via Panisperna comincia ad avere importanti finanziamenti per la ricerca da parte del CNR.

All'epoca si sapeva che la maggior parte dei nuclei atomici erano stabili, ma che alcuni erano radioattivi e decadevano emettendo particelle alfa (nuclei di elio) o beta (elettroni) e radiazione gamma. **L'atomo si pensava composto da protoni ed elettroni, ma non si conoscevano le forze che lo tenevano insieme e non tutto tornava**

Per fare il punto sulle conoscenze sulla fisica nucleare, Fermi organizza, tramite l'Accademia d'Italia con l'aiuto odi Guglielmo Marconi (suo Presidente) e Corbino un grande **congresso internazionale** nell'ottobre **1931**

Il congresso ebbe un enorme successo, parteciparono i più grandi scienziati dell'epoca, come ad esempio **Marie Curie, Bohr, Millikan, Compton, Pauli, Heisenberg** e rappresentò **l'ingresso in campo internazionale del gruppo di Fermi**

Proprio durante questo congresso, **Pauli ipotizza l'esistenza di una particella leggera e neutra per spiegare lo spettro continuo degli elettroni nel decadimento beta** e Fermi la battezza con il nome di **neutrino**

Nel 1932 viene poi scoperto il neutrone da Chadwick a Cambridge e Anderson a CalTech scopre il positrone

Del neutrino Fermi parla ancora al congresso di Parigi del 1932 ed a quello di Bruxelles del 1933. Stimolato poi dalle reazioni positive al congresso, **Fermi pubblica nel 1933 la sua teoria del decadimento beta** prima (dopo il rifiuto di Nature) sulla rivista "Ricerca scientifica" del CNR e poi in un articolo più esteso nel 1934 sul "Nuovo Cimento", tradotto poi in tedesco su "Zeitschrift fur Physik"

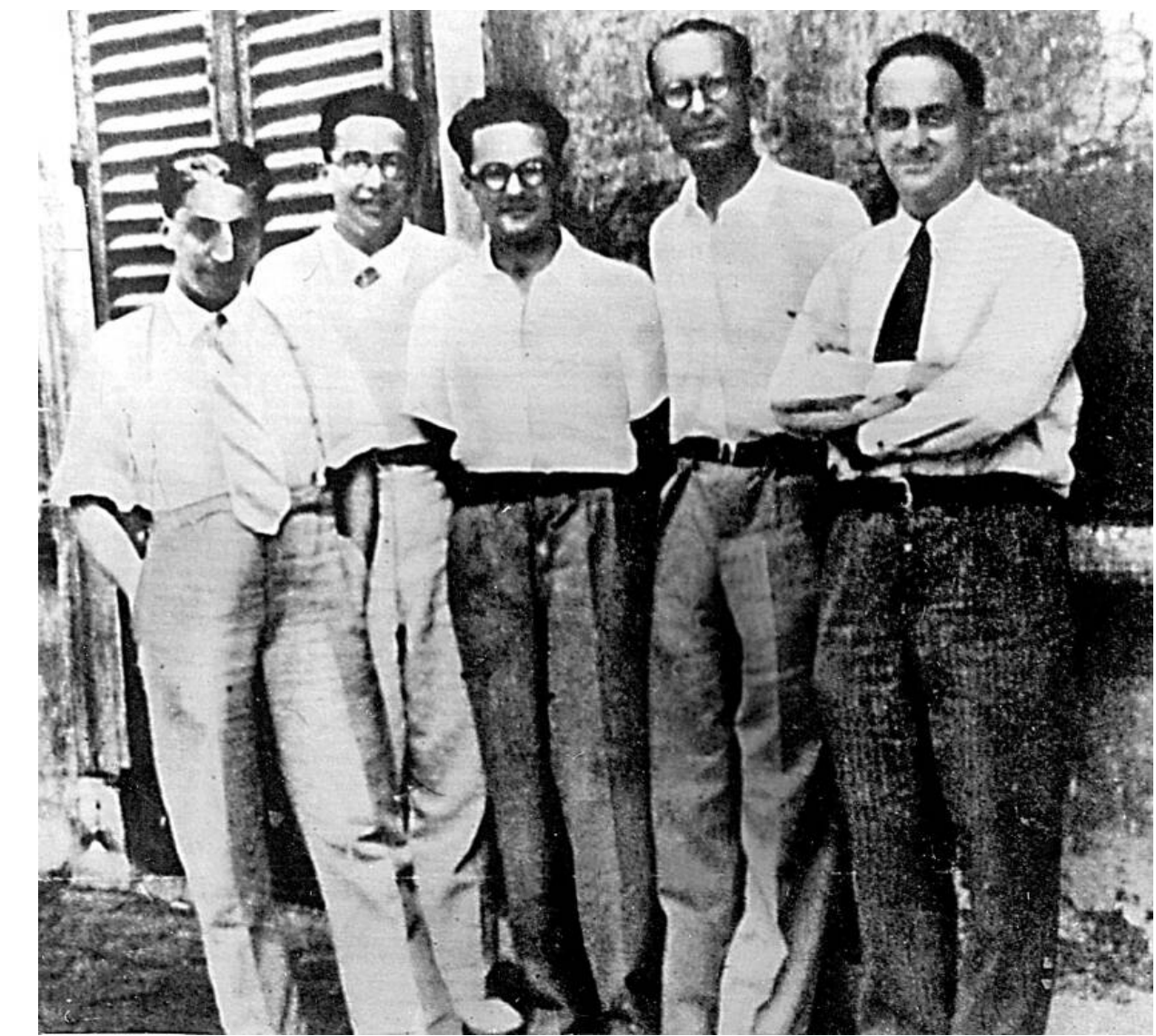
Nell'autunno del 1933 Fermi ci mostrò un articolo che aveva meditato e scritto nelle prime ore del mattino da parecchi giorni, già in forma completa di tutti gli sviluppi matematici, su una teoria dell'emissione dei raggi β fondata sull'ipotesi di Pauli del neutrino, dalla quale si deducevano risultati precisi sulle caratteristiche quantitative del fenomeno. Poche teorie della fisica moderna sono state così originali, così feconde di risultati [...] come la teoria di Fermi dei raggi β , che ancor oggi domina non più soltanto l'ordinario processo β (che rappresenta la trasformazione di un neutrone in un protone, con creazione di un elettrone e un neutrino) ma anche numerose trasformazioni di particelle instabili.

Parole di Rasetti sulla genesi della teoria del decadimento beta

Nella teoria di Fermi del decadimento beta, l'elettrone non preesiste dentro il nucleo, ma viene creato insieme al neutrino ed alla trasformazione di un protone in neutrone

Dopo la scoperta del neutrone, nel 1932, Majorana ipotizza un nucleo atomico composto da protoni e neutroni ed elabora una teoria delle forze nucleari. Fermi lo esorta a pubblicare questo lavoro, ma Majorana lo farà solo nel 1933 durante la sua visita a Lipsia da Heisenberg

I ragazzi di via Panisperna



D'Agostino, Segrè, Amaldi, Rasetti e Fermi nel 1934



Corbino era il **Padreterno** dato il ruolo che ricopriva nelle alte sfere politiche; **Fermi** era il **Papa**, infallibile ed emissario del Padreterno sulla terra; poi c'era **Rasetti**, il **Cardinale Vicario**, talvolta detto anche il Venerato Maestro; **Amaldi** era l'**Abate**, o l'**Adone**, mentre **Segrè** era il **Basilisco** a causa del suo carattere irascibile; **Majorana** non poteva che essere il **Grande Inquisitore** data la sua maestria nella risoluzioni dei problemi di fisica e dato il terrore che instillava nei suoi giovani colleghi. L'ultimo ad aggiungersi al gruppo fu **Bruno Pontecorvo**, appena diciottenne, al quale, per questo, fu affibbiato il nome di **Cucciolo**; da segnalare c'è anche la figura di **Giulio Cesare Trabacchi**, mai membro effettivo dell'equipe romana, il cui compito era quello di fornire, dall'Istituto Superiore della Sanità, i materiali necessari agli esperimenti e denominato per questo **la Divina Provvidenza** (da 'Il gruppo di via Panisperna', documento del progetto La forza nell'atomo (2016))

Fermi aveva un carattere riservato ed era un abitudinario nella vita.

Amava le passeggiate in montagna, lo sci ed il tennis

Si alzava alle 5.30, lavorava due ore e dopo colazione, alle 8, usciva per andare all'università, da cui tornava alle 13.

Dopo pranzo leggeva o giocava a tennis, ma alle 15 rientrava all'università rincasando alle 20.

Non oltre le 22 andava a letto.



Fermi con Ginestra Amaldi, Edoardo Amaldi ed Enrico Persico



Fermi sulle Dolomiti con Amaldi. La villeggiatura estiva sulle Dolomiti era (fin dalla fine dell'Ottocento) una tradizione dell'ambiente scientifico romano, in particolare tra i matematici.

I ragazzi di via Panisperna ed i primi esperimenti sulla radioattività artificiale

Nel **1934** la figlia di Marie e Pierre Curie, **Irene Curie** e suo marito **Frederic Joliot** a Parigi annunciano la **scoperta della radioattività artificiale**

Fermi allora ha l'idea di produrre la radioattività artificiale tramite bombardamento di neutroni invece delle particelle alfa, usate dai francesi, che erano meno penetranti essendo queste cariche positivamente. Utilizza sorgenti di Radon e Berillio per bombardare elementi del sistema periodico crescente, comincia prima quindi da Idrogeno, Litio, Berillio, Boro ma con scarsi risultati. **Quando poi comincia a bombardare il Fluoro e l'Alluminio il contatore Geiger-Muller segna finalmente i primi risultati di radioattività artificiale.**

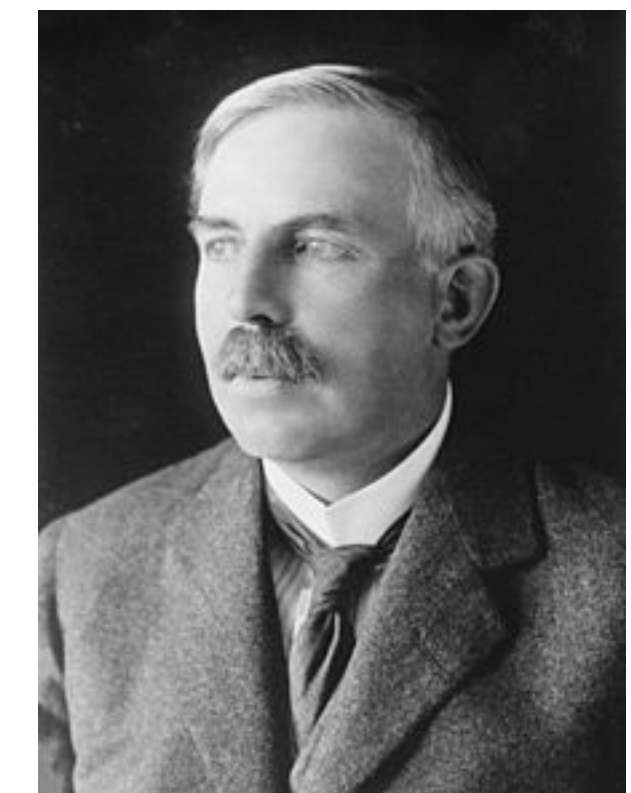
Fermi annuncia questi primi risultati nel **1934** in un articolo su la **Rivista Scientifica del CNR** interpretati come una reazione nucleare del tipo (n, alfa) in cui il nucleo bersaglio assorbe il neutrone ed emette una particella alfa dando luogo ad un nuovo elemento radioattivo con un numero atomico minore di due unità.

Al gruppo si aggiunge il chimico Oscar D'Agostino che aveva imparato a Parigi dai Curie le tecniche radiochimiche necessarie per il riconoscimento dei radionuclidi generati e in poco tempo il lavoro del gruppo produce una serie di risultati molto interessanti su di una sessantina di elementi tutti pubblicati sempre su la Rivista Scientifica.

I risultati venivano inviati anche prima della pubblicazione a tutti i maggiori centri di ricerca internazionali da Ginestra Amaldi (moglie di Edoardo) che lavorava alla rivista.



I coniugi Joliot-Curie



Lord Ernest Rutherford

I suoi risultati sono di grande interesse e non dubito che in futuro saremo in grado di ottenere maggiori informazioni sul reale meccanismo di queste trasformazioni. Non è affatto certo che il processo sia così semplice come appare nelle osservazioni dei Joliot. Mi congratulo con lei per il successo della sua fuga dalla sfera della fisica teorica. Mi sembra proprio che lei abbia trovato un buon filone di ricerca per cominciare. Le può interessare sapere che anche il professor Dirac ha iniziato a fare alcuni esperimenti. Ciò sembra un buon augurio per il futuro della fisica teorica! Congratulazioni e i migliori auguri. [...] Continui a inviarmi le sue pubblicazioni su questi argomenti.

Le parole di Lord Ernest Rutherford a Fermi in una lettera del 23 aprile 1934

I neutroni lenti e la fissione non riconosciuta

Bombardando i nuclei di torio e di uranio, il gruppo pensava di aver ottenuto una trasmutazione importante, la creazione di elementi transuranici, ovvero di elementi con un numero atomico superiore a quello dell'uranio $Z=92$. Questa falsa scoperta venne del resto confermata da altri gruppi fra cui i Joliot - Curie a Parigi e Lise Meitner ed Otto Hahn a Berlino.

I nuovi elementi con numero atomico 93 e 94 vennero battezzati **esperio ed ausonio in omaggio al regime fascista, visto che gli esperi e gli ausoni erano antiche popolazione italiche**. Corbino annunciò la scoperta durante una conferenza ai Lincei, contro il parere di Fermi che era molto più prudente, e la stampa ne diede grande risalto.



Lise Meitner ed Otto Hahn

Però risultati di questi esperimenti non erano sempre riproducibili e sembrava dipendessero dal tipo di materiale su cui era disposto la sorgente di neutroni o il campione irradiato.

La mattina del 20 ottobre 1934, in un momento in cui Fermi era rimasto solo in laboratorio, decise per caso di interporre fra sorgente e campione invece del solito cuneo di piombo un elemento più leggero, ovvero un pezzo di paraffina, trovato in laboratorio, una sostanza ricca di atomi di idrogeno. Improvvisamente successe qualcosa di miracoloso ... **il filtro di paraffina moltiplicava enormemente la produzione di neutroni!**

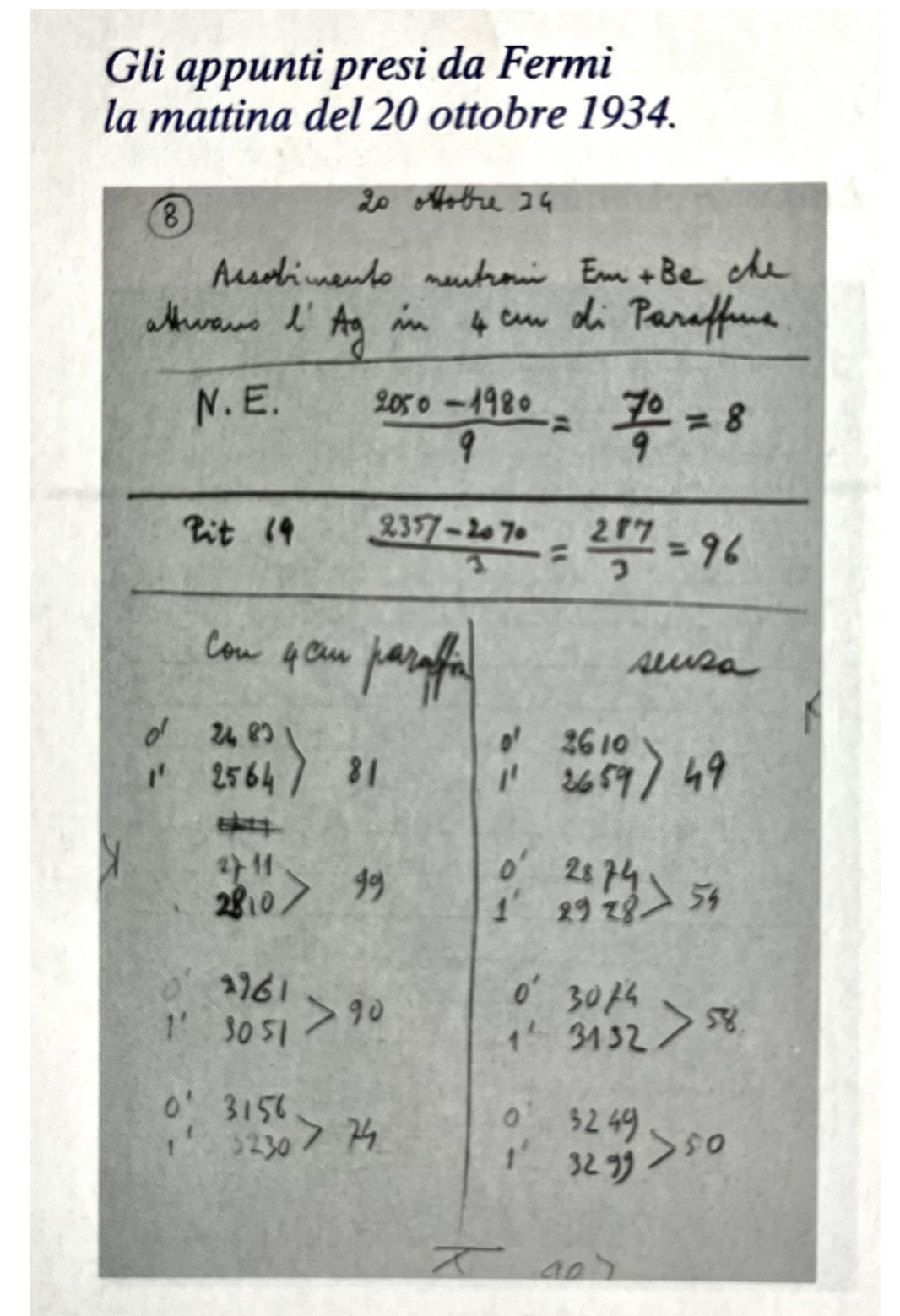
Fermi avvisò subito gli altri del suo gruppo e dopo pranzo aveva già una spiegazione del fenomeno, **i neutroni della sorgente venivano rallentati dagli urti elastici con i protoni dei nuclei di idrogeno di cui era ricca la paraffina e questo aumentava la loro efficacia nel provocare la radioattività artificiale.**

Nel pomeriggio gli esperimenti vennero ripetuti in maniera sistematica nella famosa fontana con i pesci rossi dell'Istituto di via Panisperna, si scoprì quindi che anche l'acqua era un ottimo materiale per rallentare i neutroni e aumentare l'efficacia dei neutroni nel produrre radioattività artificiale.

La sera stessa in un clima di grandissima eccitazione, il gruppo si riunì a casa di Amaldi per scrivere l'articolo dal titolo **Azione di sostanze idrogenate sulla radioattività provocata dai neutroni** pubblicata su La Ricerca Scientifica.

Corbino capì subito l'importanza di questa scoperta e convinse Fermi a brevettare questo procedimento.

In realtà Fermi ed il suo gruppo avevano ottenuto la fissione del nucleo e non se ne erano accorti!



La disgregazione dei ragazzi di Via Panisperna

Gli esperimenti continuano in maniera serrata ma una **serie di eventi a partire dall’estate del 1935** cominciano a far disgregare il **gruppo** di Fermi.

Rasetti e Segrè vanno in America, il primo alla Columbia University ed il secondo a Berkeley per studiare le nuove e potenti macchine acceleratrici lì già in uso capaci di fornire sorgenti di neutroni molto più potenti di quello in uso al gruppo di Fermi.

Pontecorvo parte per Parigi per lavorare con i Joliot-Curie e non ritornerà più in Italia se non per brevi periodi.

Segrè poi vince un concorso per una cattedra di fisica teorica a Palermo.

Nel frattempo la situazione politica in Italia peggiora.

Nel novembre del 1936 si costituisce l’asse di ferro fra il partito fascista di Mussolini e quello nazista di Hitler.

Il 23 gennaio del 1937 muore Orso Maria Corbino che aveva sostenuto il gruppo di Fermi, ed al suo posto in seguito a manovre politiche, invece di Fermi, viene messo Antonino Lo Surdo, vicino al partito fascista, come direttore dell’Istituto di Fisica.

Nell’estate del 1937 muore improvvisamente anche Marconi, allora presidente del CNR e dell’Accademia d’Italia, altro protettore del gruppo di Fermi

Una proposta di Fermi del 1937 per istituire l’Istituto Italiano di radioattività viene bocciata dal CNR nel maggio del 1938, pur concedendo dei fondi per continuare le sue ricerche.

Fermi comincia a capire che in Italia ha poche possibilità di proseguire le sue ricerche ad un livello competitivo con gli altri centri di ricerca internazionali. Nel frattempo i suoi viaggi in America gli fanno apprezzare il clima che si respira in quei laboratori.

Nel marzo del 1938, la Germania nazista annette l’Austria, **nel luglio 1938** viene pubblicato in Italia il **Manifesto della Razza** ed inizia la campagna antisemita. La promulgazione della legislazione razziale fascista avviene nel settembre-ottobre 1938.

Laura Capon è ebrea, Fermi viene costantemente controllato dalla polizia fascista e viene visto con sempre maggiore sospetto.

L’aria diventa sempre più irrespirabile per Fermi e la sua famiglia. Quando Fermi riceve il **10 novembre del 1938** l’annuncio del premio Nobel per le sue scoperte sui neutroni lenti, **decide di lasciare l’Italia con la famiglia**.

Nel marzo del 1938 scompare Ettore Majorana.



Il Manifesto della Razza



Il Premio Nobel e la fuga in America nel 1938

THE NOBEL PRIZE

Nobel Prizes & Laureates

Nomination

Alfred Nobel

News & insights

Events

Educational

Physics

The Nobel Prize in Physics 1938

Summary

The Nobel Prize in Physics 1938

Enrico Fermi

Share this



Photo from the Nobel Foundation archive.
Enrico Fermi
Prize share: 1/1

The Nobel Prize in Physics 1938

The Nobel Prize in Physics 1938 was awarded to Enrico Fermi "for his demonstrations of the existence of new radioactive elements produced by neutron irradiation, and for his related discovery of nuclear reactions brought about by slow neutrons"



Enrico Fermi ritira il Premio Nobel il 10 dicembre del 1938

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1938/summary>

Arrivo di Fermi in America



Fermi e la sua famiglia al loro arrivo in America nel gennaio del 1939 con la moglie ed i figli Nella e Giulio

Subito dopo il suo arrivo a New York il **2 gennaio del 1939**, Fermi viene a sapere, da Niels Bohr che era stato invitato in America a Princeton per una serie di conferenze, dei risultati di Otto Hahn e del suo gruppo a Berlino sulla probabile scoperta della fissione dell'Uranio e del grande rilascio di energia.

Fermi comincia subito alla Columbia University di New York, dove lavora, una serie di suoi esperimenti per verificare i risultati di Hahn sulla fissione dell'Uranio

Molti gruppi nel mondo iniziano a lavorare in questa direzione e si fa strada l'ipotesi che vi possa pure essere un rilascio di diversi neutroni lenti che possono quindi innescare una reazione a catena, che potrebbe quindi dare origine ad una bomba nucleare

Siamo nella primavera del 1939, manca poco all'inizio della **seconda guerra mondiale che comincia il 1 di settembre 1939 con l'invasione della Polonia da parte della Germania.**

Diversi fisici fra cui il fisico ungherese Szilard, si cominciano a preoccupare del possibile utilizzo di una simile bomba da parte della Germania Nazista e cercano di limitare la pubblicazione di questi risultati auto-imponendosi il segreto di pubblicazione.

Szilard contatta Einstein affinché scriva al Presidente Roosevelt, lo informi di questi nuovi risultati e dei pericoli che anche la Germania possa riuscire a costruire simili bombe. E' necessario finanziare queste ricerche per arrivare prima dei tedeschi.

Nel marzo del 1939 Fermi viene convocato dal Ministero della Marina Americana per una serie di incontri sulle sue ricerche e le possibili applicazioni di carattere militare. Gli vengono concessi anche dei fondi. Fermi inizia quindi gli esperimenti per la costruzione di un reattore usando la grafite come moderatore

Nel frattempo Roosevelt, convinto dalla lettera di Einstein, **istituisce L'Advisory Committee on Uranium con il compito di coordinare le ricerche sulla fissione negli stati Uniti, sia Szilard che Fermi ne fanno parte. Il comitato riesce ben presto anche ad ottenere sostanziosi fondi per la ricerca sul nucleare e sufficienti quantità sia di grafite che di Uranio**

Tuttavia vi erano ancora grandi difficoltà per realizzare il reattore, perchè bisognava adoperare l'isotopo U235 fissile e non l'Uranio naturale, che ne conteneva piccole parti. Oppure si poteva utilizzare un nuovo elemento transuranico, il Plutonio Pu239, con numero atomico $Z=94$ e peso atomico 239, ottenuto da diversi decadimenti

La lettera di Einstein a Roosevelt del 2 agosto 1939

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Nassau Point
Peconic, Long Island
August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work, which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,
A. Einstein

Primi anni di Fermi in America

L' attacco giapponese del **7 dicembre 1941 a Pearl Harbour** e la successiva entrata in guerra degli Stati Uniti determinarono una brusca accelerazione delle ricerche sulla fissione. Arthur Compton, direttore del dipartimento di fisica dell'Università di Chicago venne messo a capo delle ricerche per la realizzazione della reazione a catena.

Compton fece arrivare a Chicago tutti i ricercatori che avevano lavorato alla fissione nucleare negli Stati Uniti. Anche Fermi e Szilard si trasferirono a Chicago e iniziarono a lavorare al **Metallurgical Laboratory** il nome di copertura del laboratorio per gli studi sulla fissione.

Nel **giugno del 1942**, il Presidente Roosevelt lancia un programma su vasta scala - **il Progetto Manhattan**- per la realizzazione con massima priorità di una bomba a fissione e istituisce il cosiddetto **Manhattan Project** con a capo il **Generale Leslie Groves**, mentre per la parte scientifica la direzione viene data a **Robert Oppenheimer**. Furono coinvolte anche moltissime piccole e grandi industrie

Ebbe inizio un difficile periodo di collaborazione fra militari, scienziati e industriali tenuta insieme dall'odio per Hitler come ebbe a dire Segrè

Ben presto si riuscì a raggiungere una sufficiente quantità di materiale fissile e di grafite per far funzionare il primo reattore nucleare sotto le gradinate dello stadio del campus dell'Università di Chicago, reattore che fu testato per la prima volta il 2 dicembre del 1942 sotto la guida di Fermi



Il Generale **Leslie Groves** (a sinistra) comandante militare del Progetto Manhattan, e **Robert Oppenheimer** (a destra) direttore scientifico.

La pila di Fermi (Chicago Pile 1) del 1942

La struttura disegnata da Fermi, Walter Zinn e Herb Anderson era estremamente semplice, doveva essere costituita da barrette d'uranio, intervallate, ogni ventun centimetri da blocchi di grafite. Per produrre quarantamila mattonelle di Grafite, ciascuna larga e alta dieci centimetri, gli uomini all'università di Chicago abbandonarono le loro attività da intellettuali e iniziarono ad ammucciare i blocchi di grafite al centro del campo da tennis, come "dei muratori che erigono un muro".

Il 7 novembre del 1942 cominciarono i lavori per la costruzione del reattore, chiamato "Chicago Pile Uno" (CP-1), si lavorava ventiquattr'ore su ventiquattro e giorno dopo giorno la strana Pila eretta con enormi quantità di materiale ad alto grado di purezza, saliva verso il soffitto del campo da Tennis

Il 2 dicembre 1942 il reattore CP-1 fu pronto per una dimostrazione. In presenza di un gruppo di dignitari, un giovane scienziato manovrò l'asta di controllo finale mentre Fermi controllava l'attività dei neutroni. La pila raggiunse la massa critica per autoalimentare la reazione alle ore 15:25. Fermi la spense dopo 28 minuti.

Dopo che venne realizzata la prima reazione nucleare a catena autoalimentata, venne fatta una telefonata in codice dal responsabile Arthur Compton a Conant, chimico e presidente del *National Defense Research Committee*.

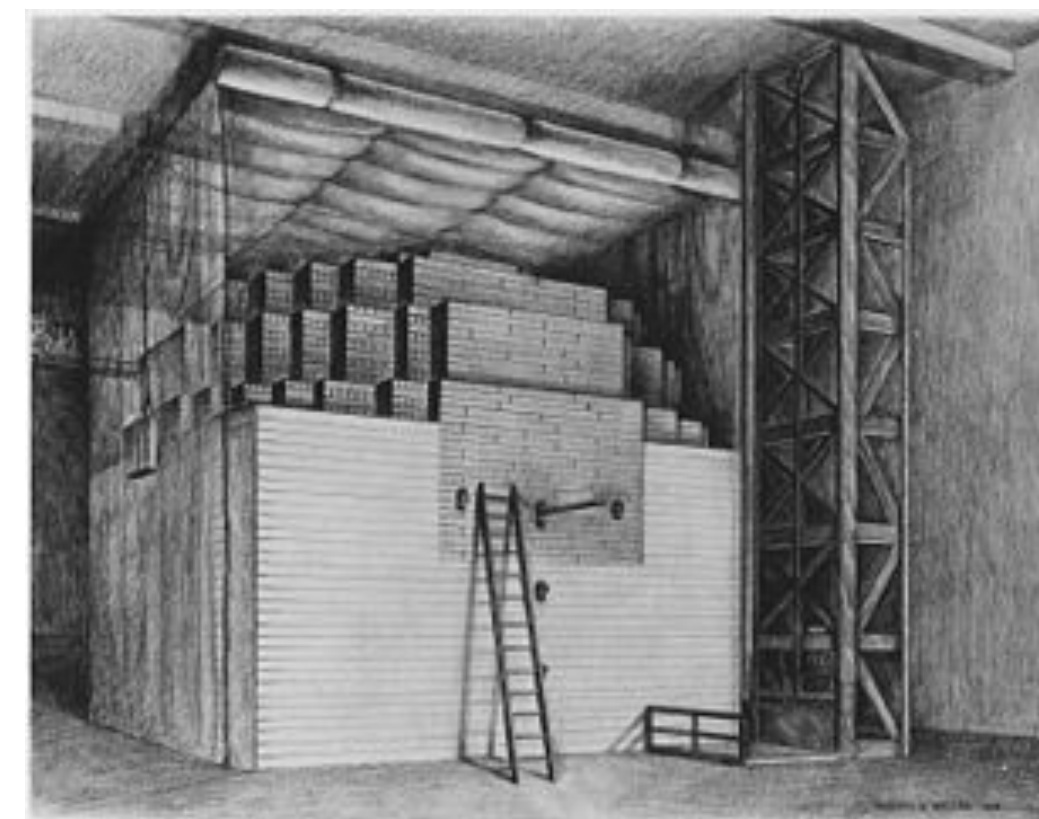
La conversazione in codice fu questa:

Compton: The Italian navigator has just landed in the new world.

Conant: Were the natives friendly?

Compton: Everyone landed safe and happy

Il funzionamento del CP-1 si concluse nel febbraio 1943 e venne poi smantellato per costruire altrove il CP-2

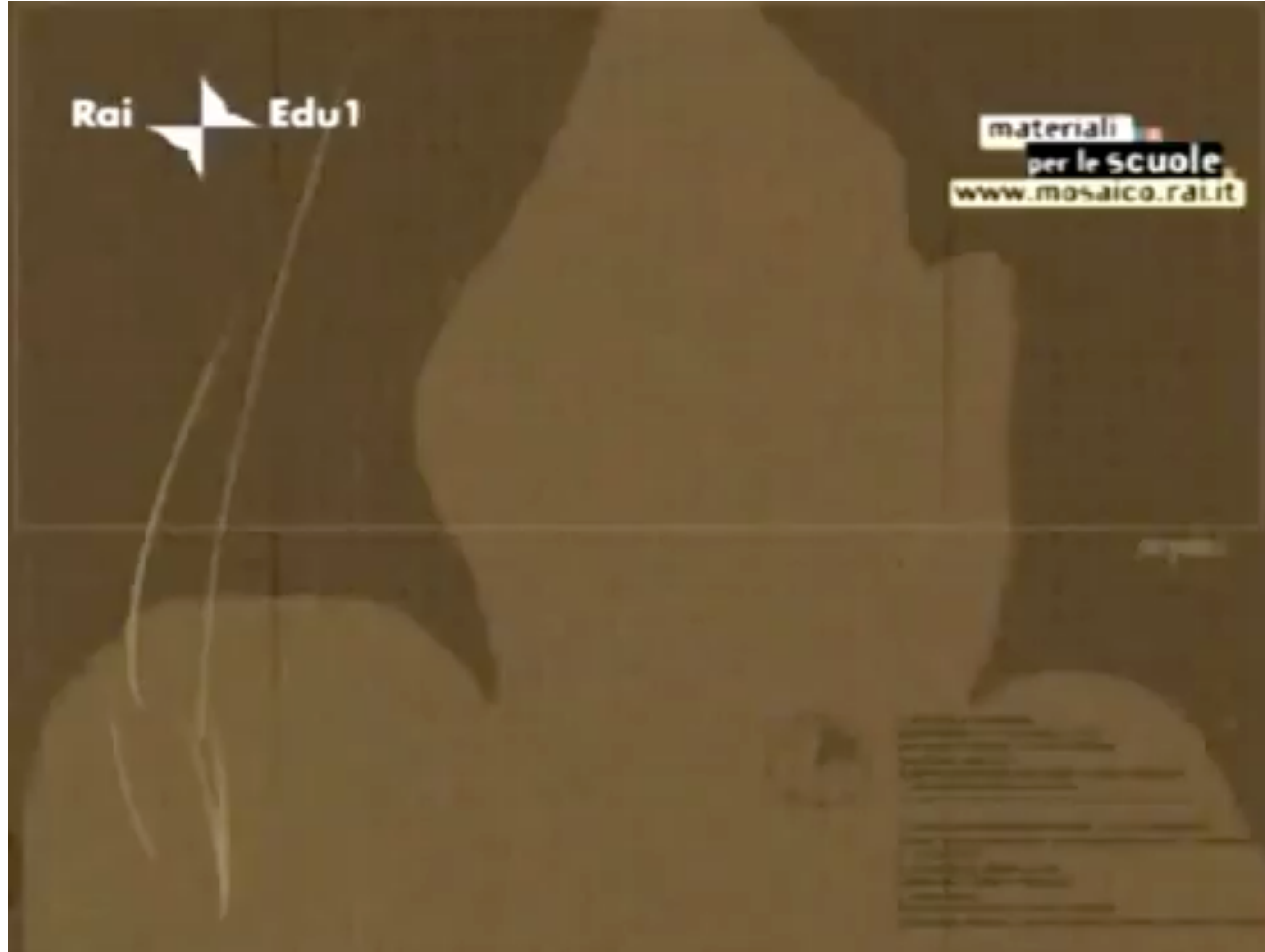


Disegno della CP-1



La squadra di scienziati della CP-1

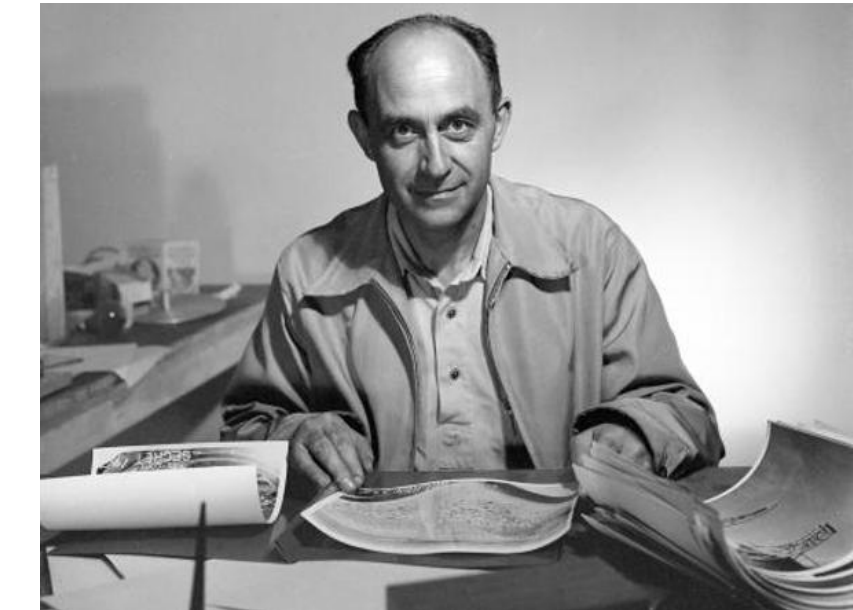
Il Progetto Manhattan (1939-1945) e gli anni di Los Alamos



Link al video <https://www.youtube.com/watch?v=YqClyE2-CIs&list=PL05425F08A43C4C37>



Oppenheimer, Fermi e Lawrence a Los Alamos



Enrico Fermi a Los Alamos



Fermi e Segrè a Los Alamos



Alcuni dei più importanti siti del Progetto Manhattan sul territorio degli Stati Uniti.

Il Trinity Test: 16 luglio 1945

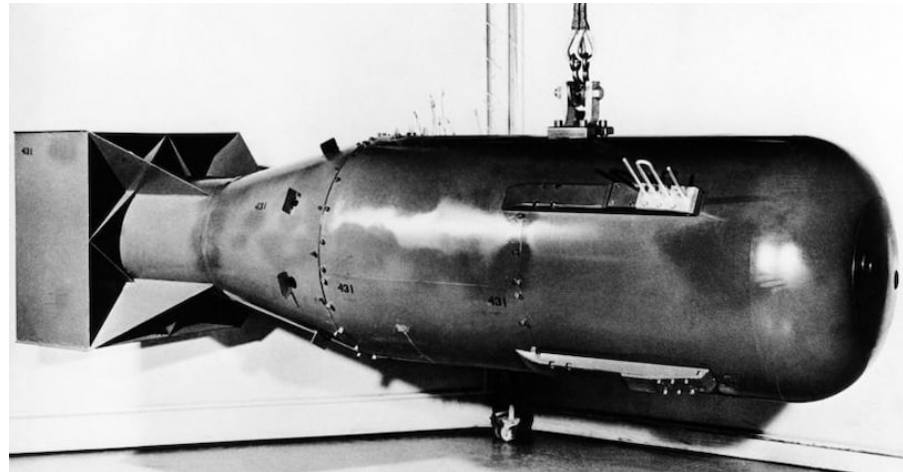


link <https://www.youtube.com/watch?v=QE7ODRkQZic&t=51s>

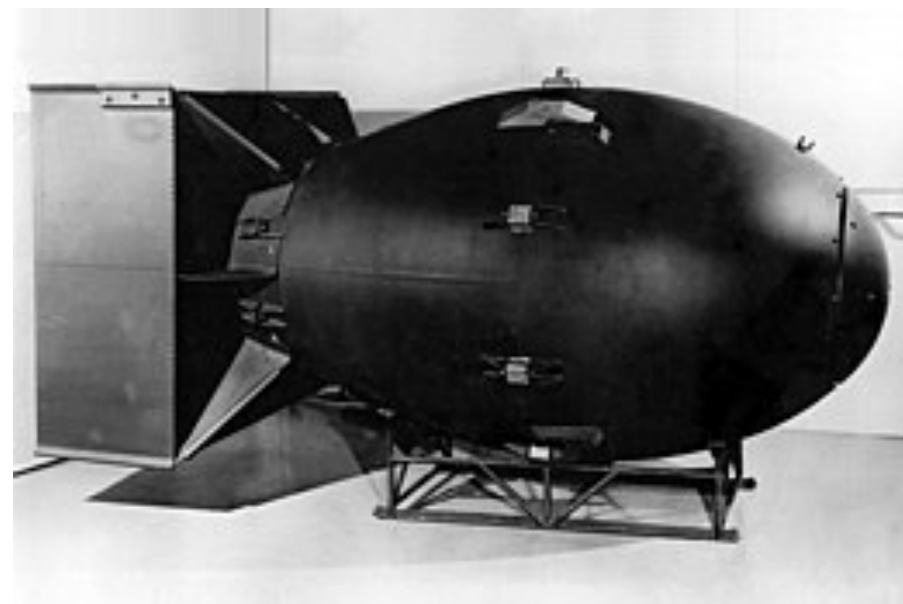
Lo sgancio delle atomiche su Hiroshima e Nagasaki

La mattina del **6 agosto 1945**, alle ore 8:15, l'aeronautica militare statunitense sganciò la **bomba atomica *Little Boy*** sulla città di **Hiroshima**.

Il numero delle vittime dirette è stimato tra le 150 000 e le 220 000 persone, quasi esclusivamente civili



La bomba atomica "**Little Boy**" dello stesso tipo di quella sganciata su Hiroshima



La bomba atomica "**Fat Man**" dello stesso tipo di quella sganciata su Nagasaki

Il **9 agosto 1945** alle 11:02 ora locale la bomba "Fat Man" fu sganciata dal bombardiere **B-29** delle United States Army Air Forces pilotato dal maggiore **Charles W. Sweeney** sullo stabilimento **Mitsubishi** della città di **Nagasaki** in **Giappone**.

Questa città era in realtà l'obiettivo alternativo; quello primario, la città di **Kokura**, era infatti coperta dalle nubi. Il dirottamento fu inoltre causato a causa di guasti tecnici relativi ai serbatoi di carburante del velivolo B-29

La bomba esplose a un'altezza di 550 metri sulla città e sviluppò una potenza di 25 chilotoni, una potenza dunque molto più elevata di quella della bomba "Little Boy" che esplose tre giorni prima su Hiroshima ma, dato che Nagasaki era costruita su un terreno collinare, il numero di morti fu inferiore a quelli prodotti dalla prima bomba.

Tra le 20 000 e le 39 000 persone perirono all'istante per l'esplosione nucleare e si stima che circa 25 000 furono i feriti.

Molte migliaia di persone, inoltre, morirono in seguito per le radiazioni.



<https://www.youtube.com/watch?v=oXtBSjpSd7k&t=29s>



Documentario: Le voci dei testimoni

<https://www.youtube.com/watch?v=H7ehd1Vr6Zg>

Fermi e la bomba atomica

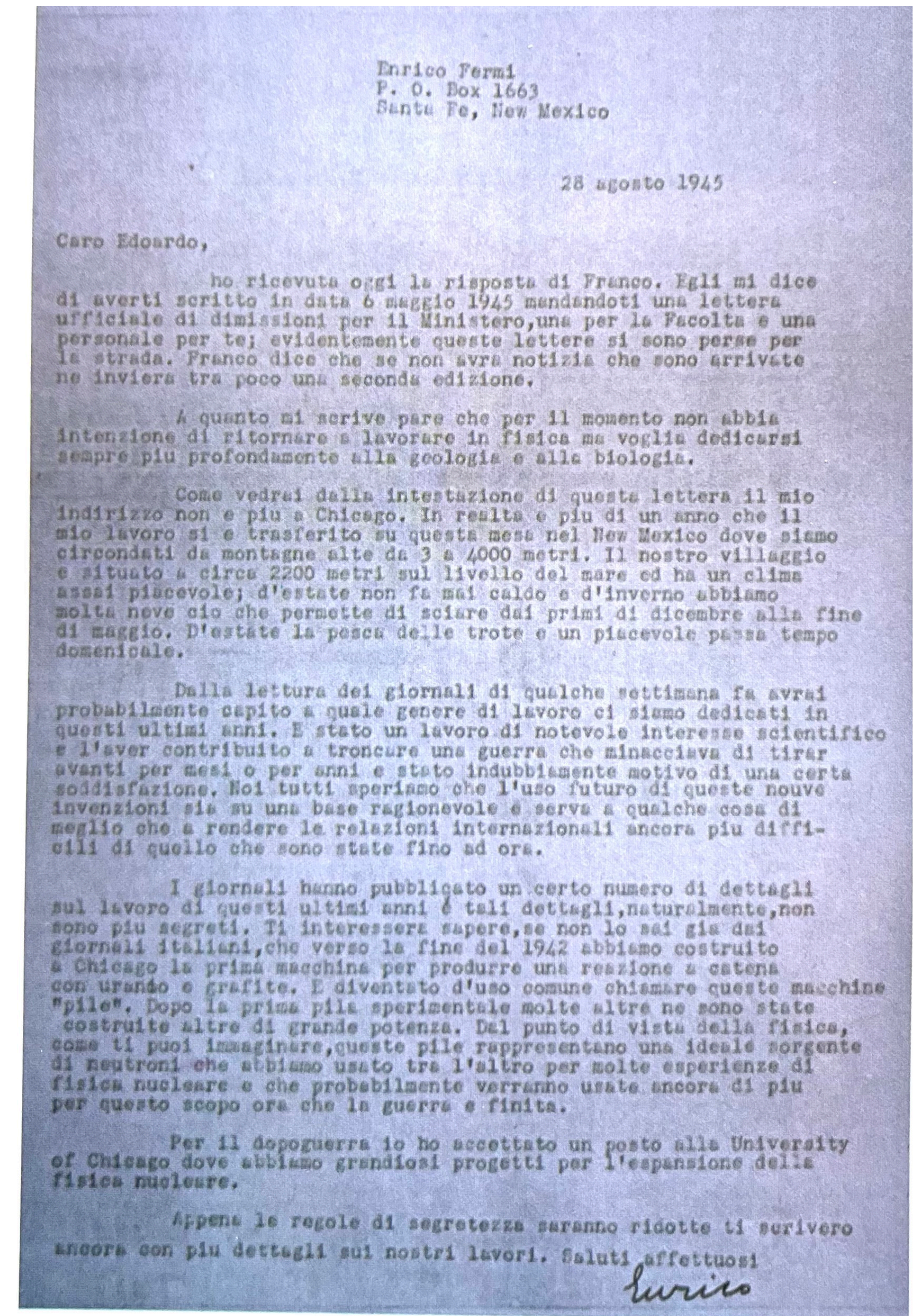
Pochi mesi prima del Trinity test, Szilard insieme ad altri cercò di contattare Roosevelt e poi Truman (dopo la morte di Roosevelt il 12 aprile del 1945) per fermare lo sgancio delle atomiche sul Giappone, suggerendo un uso dimostrativo in una zona desertica, ma **Fermi insieme ad Oppenheimer, Lawrence e Compton, che facevano parte di una commissione tecnica appositamente costituita, si opposero allo stop dello sgancio sulle città.**

il 28 agosto 1945, tre settimane dopo lo sgancio delle due bombe atomiche sul Giappone, Fermi così scriveva all'amico Edoardo Amaldi:

“Caro Edoardo, ...come vedrai dall'intestazione di questa lettera il mio indirizzo non è più a Chicago. In realtà è più di un anno che il mio lavoro si è trasferito su questa mesa nel New Mexico dove siamo circondati da montagne alte da 3 a 4000 metri....

Dalla lettura dei giornali di qualche settimana fa avrai probabilmente capito a quale genere di lavoro ci siamo dedicati in questi ultimi anni. E' stato un lavoro di notevole interesse scientifico e l'aver contribuito a troncare una guerra che minacciava di tirar avanti per mesi o per anni è stato indubbiamente motivo di una certa soddisfazione.

Noi tutti speriamo che l'uso futuro di queste nuove invenzioni sia su una base ragionevole e serva a qualche cosa di meglio che rendere le relazioni internazionali ancora più difficili di quello che sono state fino ad ora.”



Fisici pro e contro le bombe atomiche dopo il 1945 e la corsa agli armamenti nucleari

Diversi fisici che avevano lavorato al progetto Manhattan furono colpiti dal rimorso e lasciarono il progetto, fra questi Bruno Rossi e Józef Rotblat. Rasetti lo aveva fatto già nel 1943. Molti altri però continuarono.

Fermi pur restando a favore dell'uso delle atomiche si batté fin da subito per far cadere il segreto militare e continuare la ricerca internazionale.

il 29 agosto del 1949 anche i **sovietici** fecero esplodere in una desolata landa siberiana la loro **prima bomba atomica a fissione**.

Nel 1950 il fisico Emil Fuchs che aveva partecipato al progetto Manhattan confessa di essere stato una spia dei sovietici e di aver passato ai russi informazioni sin dal 1942



Edward Teller ed Enrico Fermi nel 1951

Intanto si intensifica il dibattito pubblico sull'uso delle armi nucleari

Nel frattempo a Los Alamos, **Edward Teller** col suo gruppo **lavora alla bomba H**, basata sulla **fusione fra due nuclei di deuterio per formare un nucleo di elio, con un rilascio di enorme energia**.

Nel gennaio 1950 Fermi avverte Truman che Fuchs può aver passato informazioni anche sulla bomba H ai russi. Si intensifica la ricerca e lo sviluppo della bomba H. Fermi che inizialmente si era battuto contro lo sviluppo della superbomba, ritorna a Los Alamos per lavorare sulla bomba a idrogeno. Allo stesso tempo però Fermi e il fisico Isaac Rabi firmano delle petizioni che chiedevano un controllo internazionale allo sviluppo degli armamenti atomici e delle tecnologie relative.

L'8 maggio del 1951 gli Stati Uniti fanno esplodere la loro **prima bomba a idrogeno** nell'atollo dell'oceano Pacifico Eniwetok con una energia rilasciata di alcune centinaia di kilotoni. Nel novembre dello stesso anno ne sganciano un'altra con un rilascio di **10 Megatoni, ovvero mille volte superiore a quella di Hiroshima**.

L'8 agosto del 1953 anche i sovietici fanno esplodere la loro prima bomba H con un rilascio di 400 kilotoni e nel novembre del 1955 ancora un'altra con un rilascio di energia di 4 Megatoni.

Gli anni del dopoguerra

Il Manifesto di Einstein - Russell (1955)



link <https://www.youtube.com/watch?v=gUDuT2X-Jvk&t=5s>

Il Movimento Pugwash

Il Movimento Pugwash è un movimento internazionale, con sede a Londra, Roma, Ginevra e Washington DC, che trae la sua origine dal manifesto con cui nel 1955 B. Russell, A. Einstein, J. Rotblat e altri 8 intellettuali esortarono gli scienziati di tutto il mondo a denunciare i pericoli della guerra atomica e a promuovere il disarmo nucleare.

Venne fondato nel 1957 nella cittadina canadese di Pugwash, da cui prese il nome, proprio per favorire un dialogo tra scienziati di diversa ispirazione e provenienza al fine di contribuire al disarmo, con il tempo la partecipazione si è allargata a esperti di relazioni internazionali e di questioni strategiche, responsabili di governo e intellettuali di ogni settore disciplinare.

Nel 1995 il Pugwash, insieme al suo presidente J. Rotblat, ha ricevuto il premio Nobel per la pace.

Pugwash Conferences on Science and World Affairs

Pugwash seeks a world free of nuclear weapons and other weapons of mass destruction. Through our long-standing tradition of 'dialogue across divides' that also earned us the Nobel Peace Prize in 1995, Pugwash aims to develop and support the use of scientific, evidence-based policymaking, focusing on areas where nuclear and WMD risks are present. By facilitating track 1.5 and track II dialogues, we foster creative discussions on ways to increase the security of all sides and promote policy development that is cooperative and forward-looking.

- | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| About ▾ | Afghanistan | Chemical and Biological Weapons |
| Contact us | Iran nuclear issue | |
| Pugwash International Conferences | Middle East ▾ | South Asia ▾ |
| Pugwash History ▾ | Europe, Russia and NATO | East Asia |
| | | Nuclear Weapons ▾ |

Gli anni del dopoguerra

I 9 firmatari del Manifesto di Einstein - Russell del 1955



Hermann Joseph Muller was an American geneticist, educator, and Nobel laureate best known for his work on the physiological and genetic effects of radiation.



Hideki Yukawa was a Japanese theoretical physicist and the first Japanese Nobel laureate.



Max Born won the 1954 Nobel Prize in Physics.



Linus Pauling was an American scientist, engineer, peace activist, author and educator.



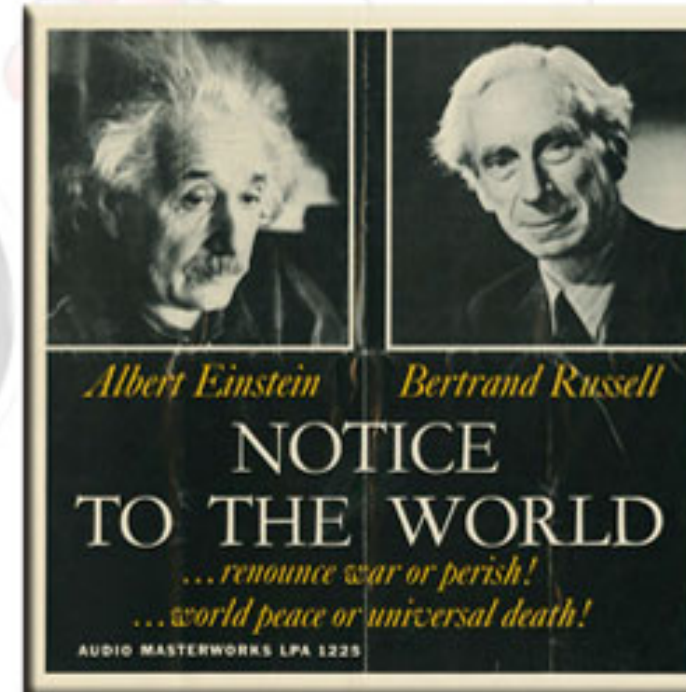
Leopold Infeld was a Polish physicist. He was a Rockefeller fellow at Cambridge University.



Cecil Frank Powell was a British physicist, and Nobel Prize in Physics laureate (1950) working at Bristol University.



Frédéric Joliot-Curie was a French physicist and Nobel laureate.



Percy Williams Bridgman won the 1946 Nobel Prize in Physics for his work on the physics of high pressures.



Joseph Rotblat was a Polish-born and British-naturalised physicist.

The Russell - Einstein Manifesto, 9 July 1955
Signatories to the Manifesto

"Questo dunque è il problema che vi poniamo, un problema grave, terrificante, da cui non si può sfuggire: metteremo fine al genere umano, o l'umanità saprà rinunciare alla guerra?"

Il dopoguerra e gli ultimi anni di Fermi

Nel 1946 Fermi ritorna a Chicago e nasce intorno a lui una nuova scuola di fisici che avrà un ruolo molto importante. Molti di questi saranno anche premi Nobel, come Owen Chamberlain (Nobel con Segrè per la scoperta dell'antiprotone) e Tsung Dao Lee e Chen Ning Yang (Nobel per la scoperta della non conservazione della parità).

Quest'ultimo ricorda a proposito delle sue lezioni

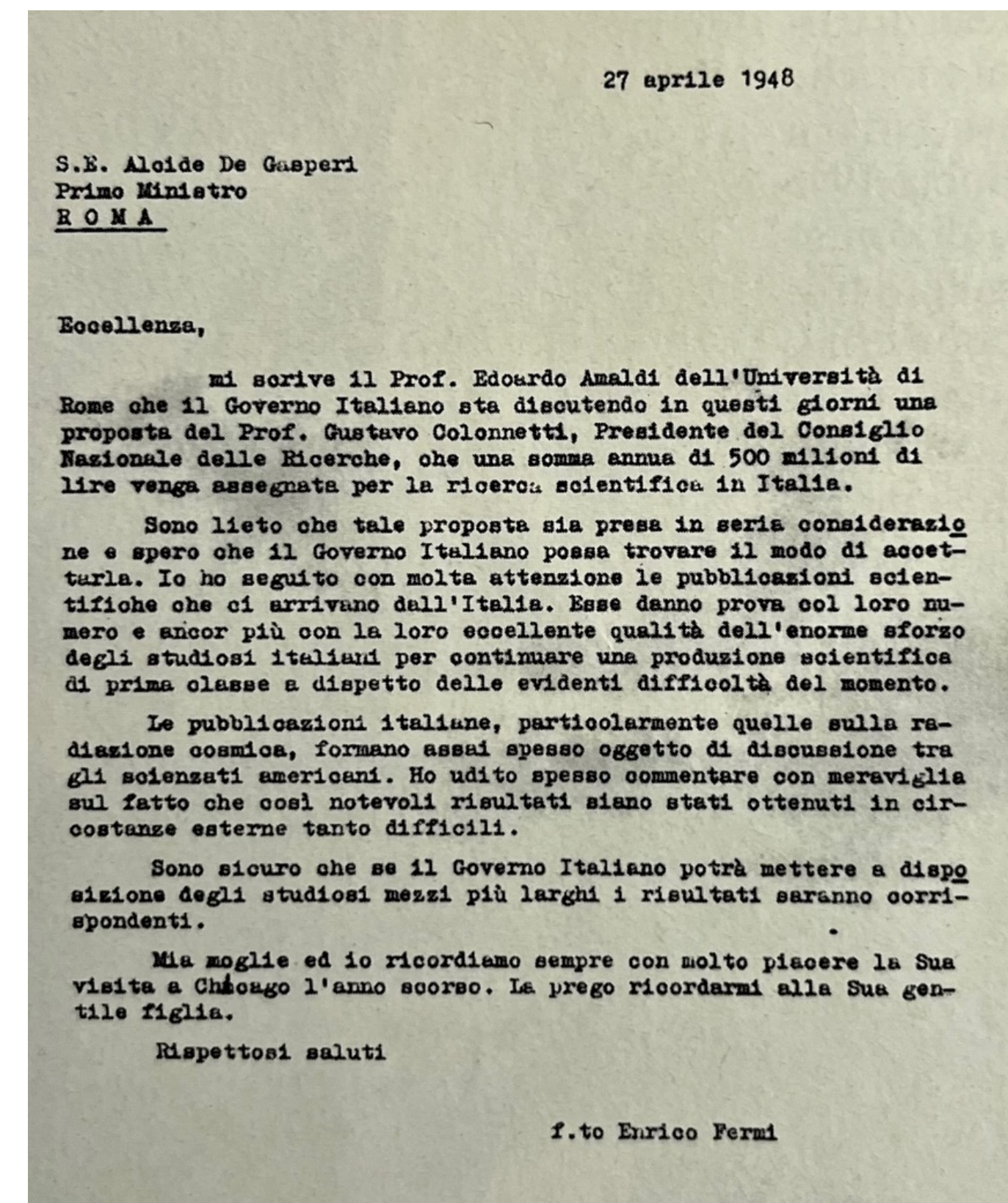
“ Per ogni argomento aveva l'abitudine di cominciare sempre dall'inizio, faceva esempi semplici ed evitava per quanto possibile i formalismi. La semplicità dei suoi ragionamenti creava l'impressione di una totale mancanza di sforzo da parte sua. Ma questa impressione è falsa: la semplicità era il risultato di una accurata preparazione e di una ponderata valutazione delle possibili diverse alternative di esposizione...Metteva sempre in risalto la parte più essenziale e pratica dell'argomento; la sua impostazione era sempre intuitiva e geometrica più che analitica.”

Fermi continua anche le ricerche sperimentali sulla fisica dei neutroni al laboratorio di Argonne poco distante da Chicago.

Segue gli esperimenti sui raggi cosmici che si facevano anche in Italia sulle Alpi per mancanza di grandi macchine acceleratrici

Fermi aiuta anche gli amici italiani a ricevere più fondi per la ricerca sulla fisica nucleare. Scrive nel 1948 a De Gasperi per supportare le richieste di fondi di Amaldi che poi ricevono però solo metà della cifra richiesta che inizialmente era pari a 500 milioni di lire

Nell'estate del 1949 ritorna in Italia per una scuola sul lago di Como ed una serie di lezioni a Milano e Roma invitato dall'Accademia dei Lincei. Incontra la nuova generazione di fisici italiani, fra cui Gilberto Bernardini



Lettera di Fermi a De Gasperi del 1948



Fermi in Italia nel 1949 con Castelnovo
Presidente dell'Accademia dei Lincei

Il dopoguerra e gli ultimi anni di Fermi

Nel 1951 entra in funzione un nuovo acceleratore ad Argonne vicino Chicago e Fermi studia sperimentalmente l'interazione fra pioni (particelle mediatrici dell'interazione fra i nucleoni) e nucleoni per capire le interazioni forti previste dalla teoria di Yukawa

Nel frattempo nei periodi estivi va a Los Alamos per utilizzare i più potenti calcolatori allora esistenti. Fermi si era reso conto della loro grande importanza. A Los Alamos erano stati sviluppati i primi grandi calcolatori elettronici, grazie anche al contributo di John Von Neumann, e venivano usati per nuovi metodi di calcolo con numeri casuali, sviluppati da Ulam e Metropolis, metodi poi chiamati appunto Monte Carlo

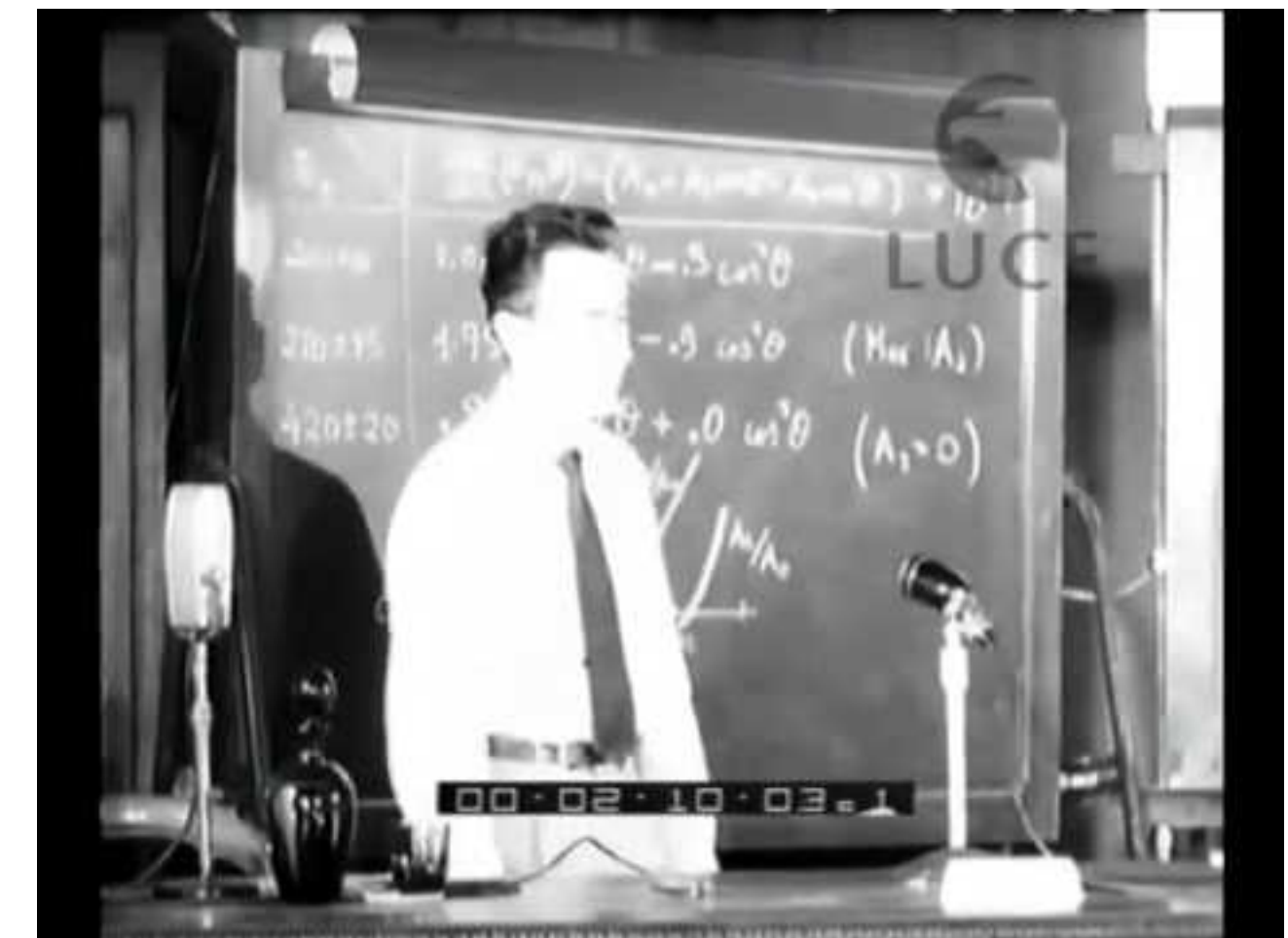
Fra il 1952 ed il 1953 collabora con il matematico Ulam al famoso problema del rilassamento di una catena di oscillatori accoppiati in maniera nonlineare, dando vita al **paradosso FPU** (Fermi-Pasta-Ulam) e utilizzando in maniera massiccia il calcolatore elettronico per simulazioni numeriche

Fermi torna per l'ultima volta in Italia nell'estate del 1954 alla scuola di Varenna sul lago di Como (vedi video a lato)

E' già malato, muore poi per un cancro allo stomaco qualche mese dopo, il 28 novembre 1954 a Chicago



Laura ed Enrico Fermi negli anni 50



Fermi alla scuola di Varenna sul lago di Como del 1954
link <https://www.youtube.com/watch?v=JGs1IM1KvKA>

Gli ultimi anni di Fermi nel dopoguerra



Intervento di Enrico Fermi a favore dell'energia nucleare del 1954 <https://www.youtube.com/watch?v=zVo1m6LlaZ8>

L'Eredità di Fermi

Così Edoardo Amaldi ricordò la figura di Fermi durante la commemorazione tenuta a classi riunite il **12 marzo 1955** dell'Accademia dei Lincei:

«La sua opera scientifica è così poderosa e geniale, le conseguenze pratiche di alcuni dei suoi lavori sono così importanti e gravi che facilmente chi non abbia avuto la fortuna di conoscerlo è portato a farsi di lui un'immagine molto diversa dal vero. Solo i parenti e gli amici, solo coloro che l'hanno conosciuto sanno che, se da un lato era difficile separare in Enrico Fermi i vari aspetti di scienziato, di ricercatore, di maestro e di uomo, poiché intimamente fusi tra loro, d'altro canto la sua semplicità di gusti e di maniera di vivere, la sua calma serena di fronte ai problemi della vita, la sua mancanza di qualsiasi posa o stranezza di carattere furono qualità umane ancora più notevoli per il contrasto con le sue eccezionali qualità di scienziato.»



Edoardo Amaldi

L'Eredità di Fermi

Col progetto Manhattan nasce la **Big Science**, gli anni del dopoguerra vedono la costruzione di grandi acceleratori e centri di ricerca in fisica nucleare in America, ma anche in Europa.

Nello stesso anno della morte di Fermi nel 1954, nasce a Ginevra, grazie al contributo di un gruppo di scienziati visionari, fra cui Amaldi, Bohr e De Broglie e di 12 paesi fondatori, fra cui l'Italia, il **Centro Europeo per la Ricerca Nucleare**, meglio noto come **CERN**.

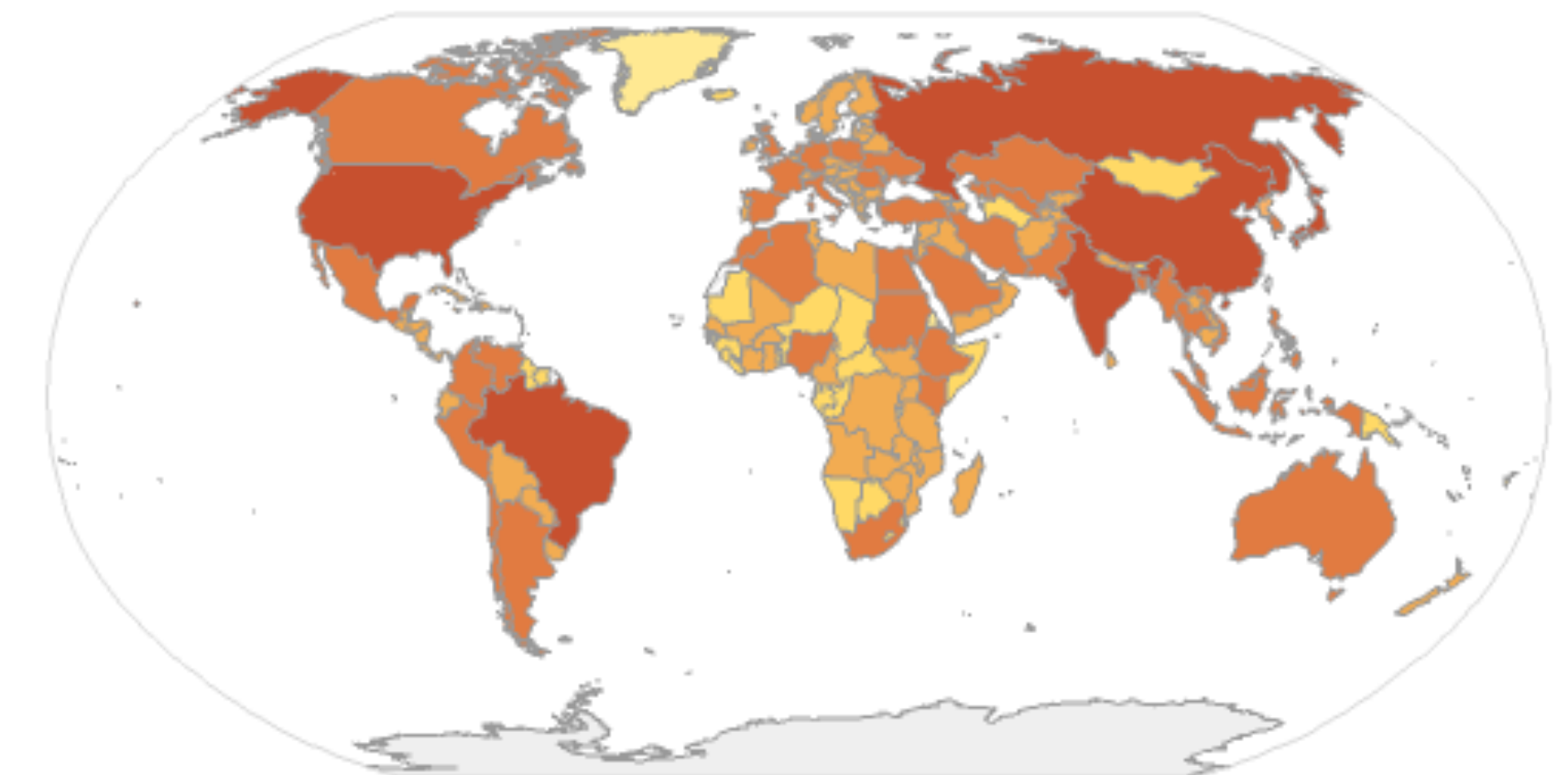
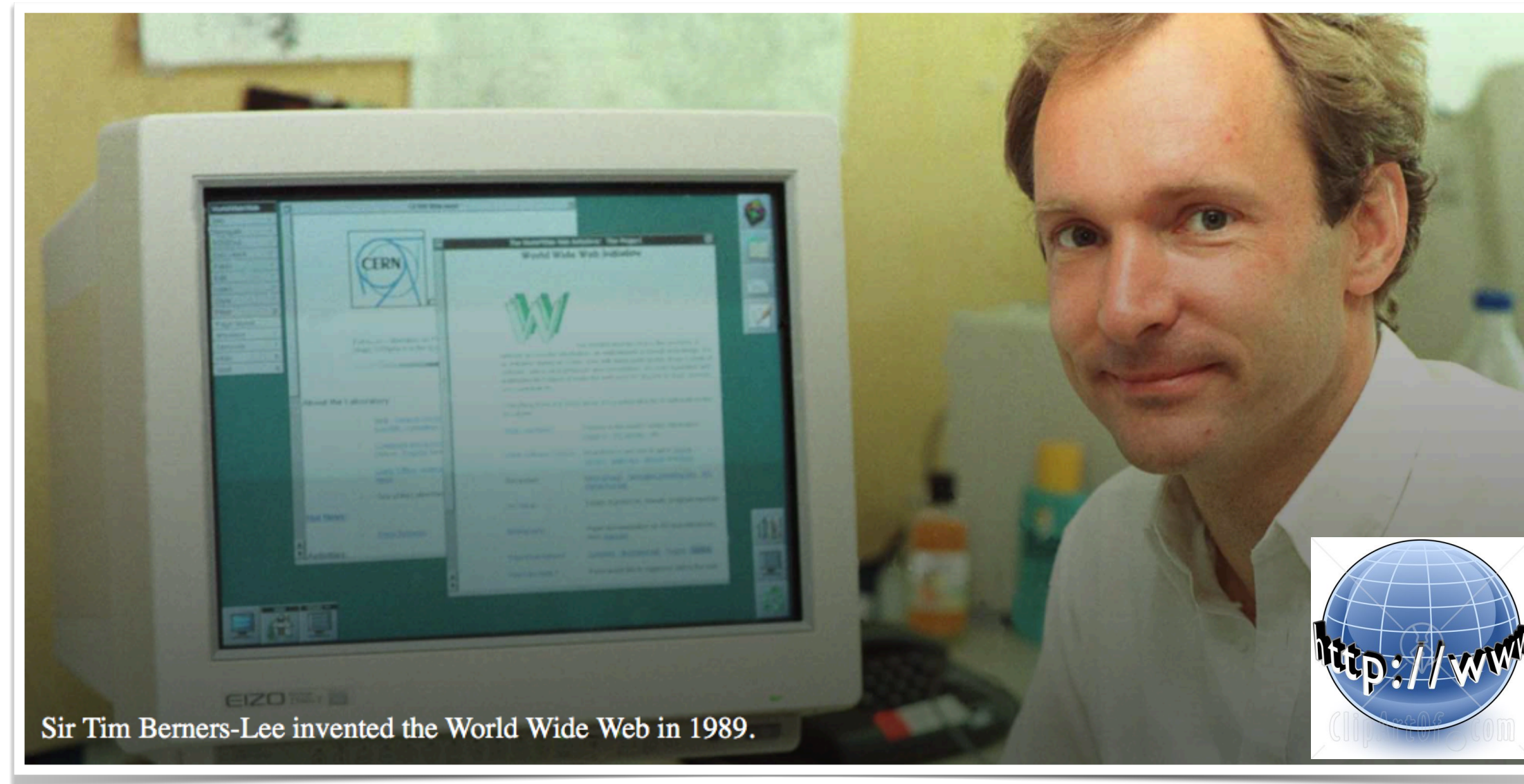
Attualmente 23 paesi fanno parte del CERN.



Maggiori info qui <https://home.cern>

Il CERN in 3 minuti https://www.youtube.com/watch?v=U4_6YPGy1gs

Il CERN e la nascita del protocollo WWW



□ (no data available) ■ 100 000 to 1 million ■ 100 million to 1 billion
■ 1000 to 10 000 ■ 1 million to 10 million
■ 10 000 to 100 000 ■ 10 million to 100 million
(in people)

3.19 billion people use internet today,

i.e. around 57 % of total world population, excluding children !!

Nel 1989, mentre lavora al Cern, il fisico britannico Tim Berners-Lee inventa il protocollo WWW per collegare documenti digitali fra loro e per condividere più facilmente dati ed informazioni con i colleghi del Cern sparsi in tutto il mondo

Nessuno avrebbe mai potuto immaginare, *che per caso*, questo protocollo sarebbe diventato così popolare: *oggi più della metà della popolazione mondiale lo usa per le proprie necessità quotidiane!*

T. Berners-Lee Ha avuto il premio A.M.Turing nel 2016

E poco prima del CERN in Italia grazie a Edoardo Amaldi e con l'aiuto anche di Fermi nel 1951 nasce l'**Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)**



Maggiori informazioni a questi link

<https://home.infn.it/>

<https://storia.infn.it/>

L'INFN in numeri [vedi link](#)

Fermi ha dato il suo nome a tante cose in fisica, di seguito alcuni esempi

- Statistica di Fermi
- **Energia** di Fermi
- Temperatura di Fermi
- **Particelle di Fermi**, da cui i Fermioni
- **Fermio**, elemento transuranico di numero atomico 100, simbolo **Fm**, scoperto nel 1952
- **Pila** di Fermi
- Il Fermi come unità di misura usata in fisica nucleare, $1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$
- **Modello di Thomas-Fermi**
- Metodo degli pseudo-potenziali di Fermi
- **Modello di Fermi-Pasta-Ulam**
- Problema di Fermi
- **Paradosso di Fermi**: «Se ci sono così tante civiltà evolute, perché non ne abbiamo ancora ricevuto le prove, come trasmissioni radio, sonde o navi spaziali?»

...e ancora



SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA
Italian Physical Society



CHI SIAMO ATTIVITÀ CORSI ED EVENTI NEWS LIBRI RIVISTE ASSOCIAZIONE E RINNOVO

Home / Attività / Premio Enrico Fermi

Premio "Enrico Fermi"

STAMPA CONDIVIDI LINK





Dal 2001 la SIF ha istituito il prestigioso premio "Enrico Fermi", in occasione del centenario della nascita dell'insigne scienziato, che viene attribuito con cadenza annuale a uno o più Soci che abbiano particolarmente onorato la fisica con le loro scoperte.

La Società Italiana di Fisica **bandisce per l'anno 2023** un Premio di EUR 30.000,00 (euro trentamila) che verrà attribuito a uno o più Soci che abbiano particolarmente onorato la Fisica con le loro scoperte.

...ogni anno a Villa Monastero a Varenna sul lago di Como, si tengono 3 scuole estive di fisica che portano il nome di Enrico Fermi



SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

Italian Physical Society



CHI SIAMO ATTIVITÀ CORSI ED EVENTI NEWS LIBRI RIVISTE ASSOCIAZIONE E RINNOVO



Home / Corsi ed Eventi / Scuola Int. di Fisica "E. Fermi"

International School of Physics "Enrico Fermi"

 STAMPA  CONDIVIDI  LINK



Varenna, Lake Como



THE INTERNATIONAL SCHOOL OF PHYSICS "ENRICO FERMI", one of the most significant cultural activities of the Italian Physical Society, was founded in 1953 by the President of that time, Prof. Giovanni Polvani.



The Courses of the School, usually held in summer, by now have become a special and precious opportunity of meeting for scientists and young physicists from all over the world and have reached considerable international prestige.

Three annual Courses of one or two weeks each, normally held from June through July, are chosen by the SIF Council among numerous proposals arriving from either Italian or foreign groups of physicists or physics institutions. Considerable attention is paid to the cultural impact, the up-to-date scientific content, as well as a fair distribution and promotion among the different fields of physics. Each Course has two or more Directors and a Scientific Secretary. The task of the Directors consists in choosing and inviting Lecturers and Seminar Speakers, taking into account their scientific competence. Participants are selected, upon application, by the Directors of the Course together with the SIF President on the basis of the information submitted, with regard also to a fair distribution of the available posts among various nationalities. Approximately 50 students attend each Course of the School.

At the end of the Course, all lectures and seminars are grouped and published in the prestigious series "Proceedings of the International School of Physics Enrico Fermi" of the Italian Physical Society.

> SCUOLA INT. DI FISICA "E. FERMI"

Corsi 2023

Corsi 2022

Corsi 2021

Corsi 2020

Corsi 2019

Corsi 2018

Corsi 2017

Corsi 2016

Corsi 2015

Corsi 2014

Corsi 2013

Corsi 2012

Corsi 2011

Corsi 2010

Corsi 2009

Corsi 2008

Corsi 2007

Corsi 2006

Corsi 2005

Corsi 2004

Corsi 2003

Corsi 2002

Corsi 2001

Corsi 2000

Corsi 1999

Corsi 1998

About Fermilab

About

[Leadership and Organization](#)
[Science](#)
[Photo and Video Gallery](#)
[Economic impact](#)
[History](#)
[Diversity](#)
[Education](#)
[Safety](#)
[Sustainability and Environment](#)
[Contact](#)

Related Links

- [DOE](#)
- [FRA](#)
- [UChicago](#)
- [URA](#)

Fermilab is America's particle physics and accelerator laboratory.

What are we made of? How did the universe begin? What secrets do the smallest, most elemental particles of matter hold, and how can they help us understand the intricacies of space and time?

Since 1967, Fermilab has worked to answer these and other fundamental questions and enhance our understanding of everything we see around us. As the United States' premier particle physics laboratory, we do science that matters. We work on the world's most advanced particle accelerators and dig down to the smallest building blocks of matter. We also probe the farthest reaches of the universe, seeking out the nature of dark matter and dark energy.

Fermilab's 1,750 employees include scientists and engineers from all around the world. Fermilab collaborates with more than 50 countries on physics experiments based in the United States and elsewhere.

Fermilab's 6,800-acre site is located in Batavia, Illinois, and is managed by the [Fermi Research Alliance LLC](#) for the [U.S. Department of Energy Office of Science](#). FRA is a partnership of the University of Chicago and Universities Research Association Inc., a consortium of 89 research universities.

For more about who we are and what we do, follow the links below. Contact us at fermilab@fnal.gov or by calling 630-840-3351.

Fermilab's vision and mission

Fermilab is America's particle physics and accelerator laboratory.

Our vision is to solve the mysteries of matter, energy, space and time for the benefit of all. We strive to:

- lead the world in neutrino science with particle accelerators
- lead the nation in the development of particle colliders and their use for scientific discovery
- advance particle physics through measurements of the cosmos

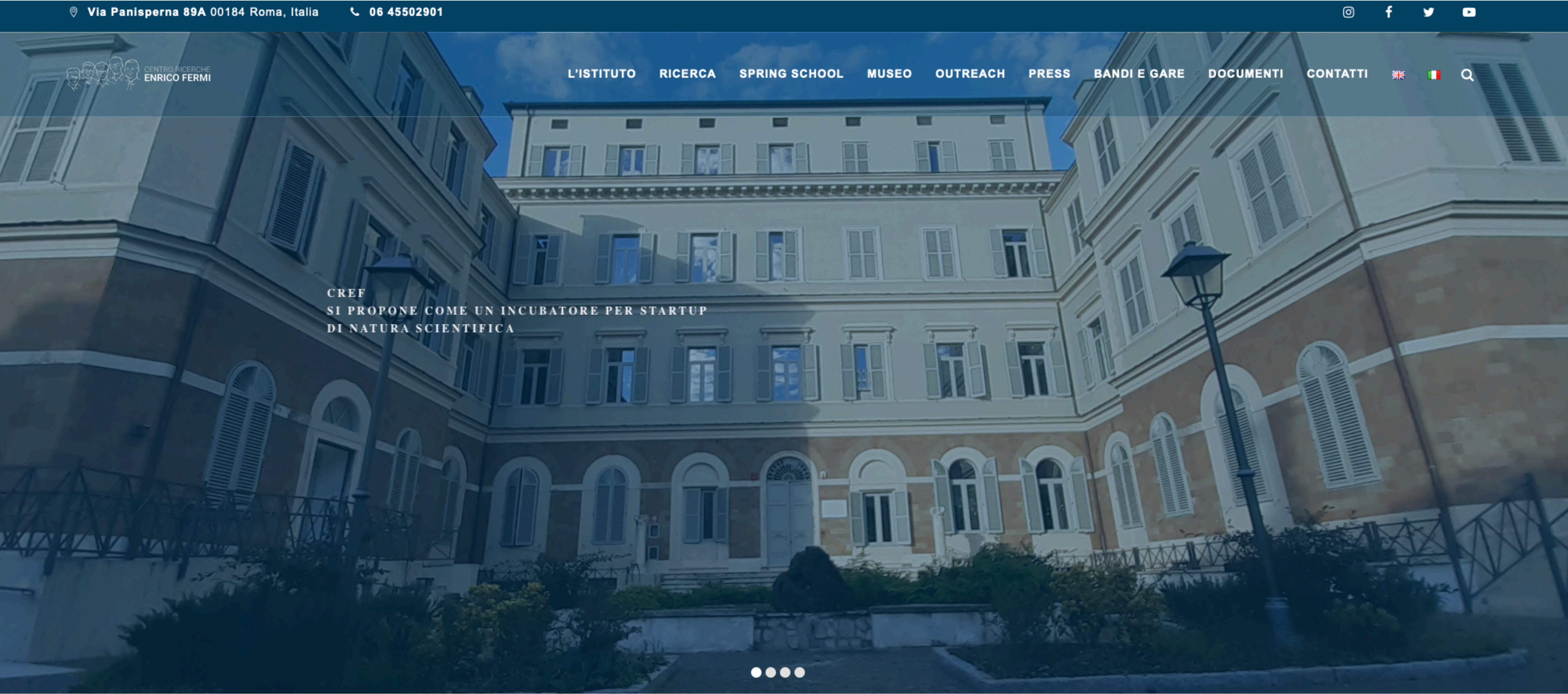
Our mission is to drive discovery by:

- building and operating world-leading accelerator and detector facilities
- performing pioneering research with national and global partners
- developing new technologies for science that support U.S. industrial competitiveness

Learn more about Fermilab

We've created easy-to-understand [fact sheets](#) about every facet of the laboratory, including our research, our economic impact, and our environmental and educational efforts. You can also read online versions of several brochures about the laboratory, its work and its place in the global scientific community. Keep up with Fermilab through our two regular publications: the online-only [Fermilab Frontiers](#) and our joint magazine with SLAC National Accelerator Laboratory, [symmetry](#).

Oggi in via Panisperna a Roma c'è il **Centro di Ricerca Enrico Fermi**



CREF
SI PROPONE COME UN INCUBATORE PER STARTUP
DI NATURA SCIENTIFICA



Sono stati 4 i Premi Nobel Italiani per la Fisica

1909 **Guglielmo Marconi** per lo sviluppo di un efficace sistema di telecomunicazioni a distanza via onde radio

1938 **Enrico Fermi** per gli studi sull'atomo e sulla radioattività

1984 **Carlo Rubbia** per la scoperta dei bosoni W e Z

2021 **Giorgio Parisi** per i suoi studi sui sistemi complessi

6 includendo i fisici di nazionalità italo-americana (su 21 in totale)

1959 **Emilio Segrè** per la scoperta dell'antiprotone

2002 **Riccardo Giacconi** per i contributi pionieristici all'astrofisica, che hanno portato alla scoperta di sorgenti cosmiche di raggi X

Per approfondire

- David N. Schwartz, *Enrico Fermi L'ultimo uomo che sapeva tutto*, Solferino 2017
- Michelangelo Di Maria, *Fermi, un fisico da via Panisperna all'America*, Le Scienze 1999
- Laura Fermi, *Atomi in Famiglia*, Mondadori 1965
- Emilio Segrè, *Personaggi e scoperte della fisica contemporanea*, Mondadori
- Enrico Bellone, *Storia della Fisica moderna e contemporanea*, Utet

