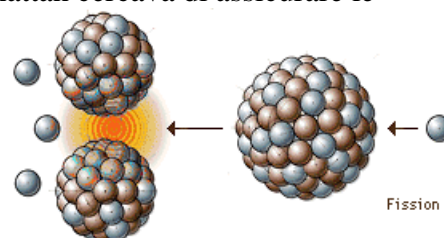


# Progetto Manhattan

Il progetto Manhattan per la realizzazione della bomba atomica viene avviato dal Presidente F.D.Roosevelt, nel 1942, in collaborazione con il governo britannico; inizia così l'asservimento a scopi bellici della sperimentazione. Alcuni scienziati, preoccupati della probabile utilizzo militare si astengono fin dal 1939 dal continuare la ricerca. Il progetto Manhattan cercava di assicurare le condizioni indispensabili per la produzione di energia dal processo di **fissione nucleare**. Tali condizioni sono quattro: il materiale fissile deve essere in quantità sufficiente e disposto secondo una determinata "geometria"; i neutroni impiegati devono essere "lenti", cioè dotati di velocità idonea a dar vita alla reazione; il flusso di neutroni deve essere regolato per controllare la fissione; l'energia scaturita deve essere utilizzabile. Per soddisfare queste condizioni si fece ricorso all'uranio 235, poichè il suo nucleo è facilmente scindibile con neutroni "lenti".



Il nome in codice del progetto americano è "**Manhattan Engineer District**", MED. L'operazione si svolge nella massima segretezza, la maggior parte dei capi militari americani ne sono tenuti all'oscuro.

L'idea di realizzare l'arma atomica viene suggerita al governo americano dai fisici, preoccupati che gli scienziati tedeschi realizzino la bomba per primi. L'uomo che preoccupa di più gli scienziati è il tedesco Werner Heisenberg. Nel ristretto ambito della comunità scientifica internazionale la possibilità di arrivare alla costruzione dell'arma atomica si diffonde alla fine del 1938 quando i chimici tedeschi Otto Hahn e Fritz Strassmann ottengono la prima fissione nucleare. Nell'autunno

del 1938 il mondo è in attesa di un'altra guerra mondiale. Le notizie provenienti dalla Germania nazista sono allarmanti. Tutti gli scienziati di origine ebrea sono fuggiti, privando la Germania di un patrimonio scientifico straordinario. Nel mondo accademico gli attacchi contro la "fisica ebraica" sono continui.



In questa pesante atmosfera i fisici ebrei Leo Szilard e Edward Teller, che si sono rifugiati in America, si incontrano nell'estate del 1939 con il padre della relatività, Albert Einstein, per convincerlo a scrivere al Presidente Roosevelt. Sono loro a spiegare al grande fisico le implicazioni della scoperta della fissione nucleare da parte dei chimici tedeschi. Einstein avverte subito il pericolo e di fronte alla possibilità che la Germania nazista arrivi a costruire la bomba atomica, nell'agosto del 1939, abbandonando le sue posizioni pacifiste, accetta di firmare la lettera che il suo vecchio amico Szilard ha preparato e discusso con lui.

La lettera di Einstein arriverà sul tavolo del presidente Roosevelt solo qualche mese dopo. Ma bisognerà attendere fino al 1941 prima che Roosevelt decida di dare il via al progetto quando i servizi segreti inglesi confermeranno che la Germania sta costruendo la bomba atomica.

Il progetto Manhattan mette in moto una macchina produttiva e di ricerca che non ha precedenti nella realizzazione di un singolo manufatto e che trasformerà profondamente il rapporto tra militari, industria e mondo della ricerca scientifica.

Con l'entrata in guerra degli U.S.A i tempi per la realizzazione della bomba atomica subiscono una grande accelerazione dovuta anche ai grandi interessi economici che si nascondono dietro un progetto che richiede praticamente fondi illimitati.

Il 17 settembre 1942, il generale Leslie R. Groves viene nominato responsabile del MED, lo affiancano Vannevar Bush e James B. Conant, già consiglieri scientifici del presidente Roosevelt.

Il 23 settembre viene creato un comitato politico militare, che assume il controllo del progetto Manhattan; ne fanno parte: il generale Wilhelm D. Styer, l'ammiraglio William Purnell e il generale Leslie R. Groves.

Il documento segreto dell'organigramma organizzativo evidenzia chiaramente come la struttura del MED fosse controllata da una catena di comando centralizzata e rigidamente gerarchica. Ne erano stati esclusi tutti i militari responsabili della strategia militare del conflitto.



La realizzazione della bomba atomica comportò la costruzione del laboratorio di Los Alamos, dell'impianto Oak Ridge e quello di Hanford. I laboratori di fisica delle università di Berkeley in California, di Chicago in Illinois, e della Columbia a New York, furono i centri di ricerca coinvolti nel Progetto Manhattan.

Quando il 2 dicembre 1942 all'università di Chicago il fisico italiano Enrico Fermi ottenne, al costo di circa un milione di dollari, la prima reazione a catena controllata utilizzando l'uranio, la possibilità di realizzare la bomba atomica era diventata una realtà.

Per il fisico ungherese, Leo Szilard, che tanto aveva fatto per dare avvio al progetto Manhattan e che con Fermi era responsabile dell'esperimento, quel successo fu "*un giorno che sarebbe passato alla storia dell'umanità come una giornata nera*".

## La bomba atomica

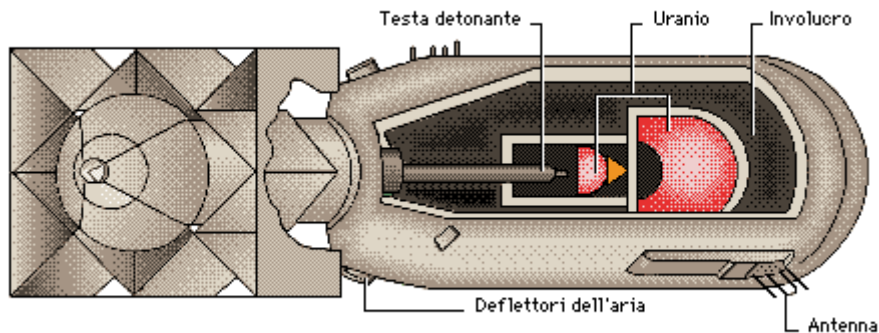
Già durante i primi anni della Seconda guerra mondiale la Germania nazista aveva dato vita ad un centro di ricerca nucleare, coinvolgendo i migliori scienziati tedeschi. La paura che la Germania potesse ottenere un'arma atomica spronò la ricerca americana e britannica. Le preoccupazioni del governo inglese convinsero il presidente americano Roosevelt della necessità di destinare grossi stanziamenti alla realizzazione di un progetto sul nucleare. Il risultato di questi sforzi fu l'inaugurazione, nell'estate del 1942, del piano Manhattan cui presero parte tecnici e scienziati di tutto il mondo. Per ragioni di segretezza si decise di spostare l'intero apparato operativo a Los Alamos, una zona desertica nello Stato del Nuovo Messico. A dirigere i laboratori di Los Alamos fu chiamato il fisico Julius Robert Oppenheimer. Il primo test nucleare avvenne il 16 luglio del 1945 nella località di Alamogordo.



Lancio della bomba atomica su Nagasaki

Nell'esplosione della bomba atomica avvenuta nel Nuovo Messico era avviata una reazione a catena in cui il nucleo di un elemento fissile (da cui la definizione di "bomba a fissione") bombardato da neutroni si spezzava, liberando altri neutroni. L'esplosione, pari allo scoppio di un milione di tonnellate di tritolo, dava origine a un triplice effetto distruttivo: un'onda d'urto generata da un'espansione violenta di gas, un'elevata emissione di calore, e una ricaduta di pulviscolo radioattivo (fall-out). Il primo impiego a fini bellici ebbe luogo a Hiroshima il 6 agosto del 1945. Solo quattro giorni più tardi, un secondo ordigno fu lanciato sulla città di Nagasaki. Dopo lo scoppio della bomba, Oppenheimer espresse dure riserve contro la costruzione di un nuovo modello di bomba all'idrogeno, augurandosi la creazione di una commissione di controllo sull'energia atomica. Le sue critiche e la sua vicinanza alla sinistra gli valsero l'esclusione dalla comunità scientifica. Solo nel 1962 la sua figura fu definitivamente riabilitata.

# Bomba Atomica



La prima bomba atomica utilizzata in guerra fu sganciata dagli Stati Uniti sulla città giapponese di Hiroshima il 6 agosto 1945. La bomba, soprannominata "Little Boy", uccise decine di migliaia di persone in meno di un minuto. La massa di uranio (delle dimensioni di una mela) contenuta nell'ordigno produsse un'esplosione della potenza di 20.000 tonnellate di tritolo.

La fissione nucleare consiste in un processo per cui il nucleo pesante, di uranio, torio o plutonio, colpito da un neutrone, si spezza in due parti, liberando nel contempo una grande quantità di energia termica.

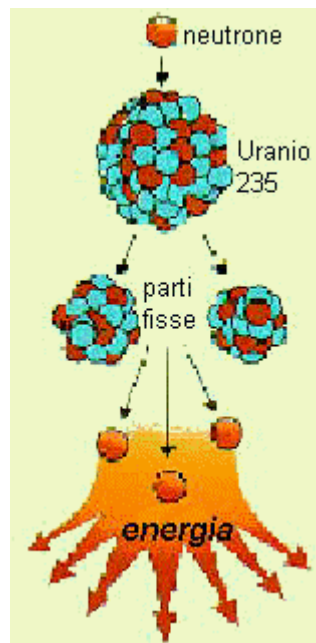
La prima scissione determina l'avvio di una reazione che provoca la rottura di altri nuclei con emissione incontrollata di altra energia (reazione a catena).

I reattori producono energia termica e, tramite un sistema a liquido che produce vapore surriscaldato, alimentano le turbine di un tradizionale impianto generatore di energia elettrica.

Molti nuclei atomici possono subire la fissione a opera di un neutrone che li urta con sufficiente energia; tuttavia, alcuni nuclei presentano una maggiore facilità alla fissione: tali sostanze come l'uranio, vengono chiamate combustibili nucleari.

Nei reattori autofertilizzanti non solo si produce energia termica, ma i risultati del processo di reazione danno luogo alla produzione di un nuovo combustibile nucleare, il plutonio, un materiale fissile non presente in natura.

Poiché i prodotti di fissione, cioè le parti nelle quali si spezza il combustibile durante la reazione, sono fortemente radioattivi, è necessario prendere una serie di precauzioni e tutte le apparecchiature sono protette da pesanti schermi; inoltre le scorie radioattive creano gravi problemi per il loro smaltimento.



schema di fissione nucleare

## ALCUNE TAPPE FONDAMENTALI NELLA SCOPERTA DELLA FISSIONE NUCLEARE

1934 (Istituto di Chimica Kaiser Wilhelm, Berlino). Ida Noddack (chimico) annunciò la scoperta di un nuovo elemento, masurium  $Z = 43$ , in un minerale contenente  $^{238}\text{U}$ .

Per spiegare la formazione di questa specie atomica, I. Noddack avanzò l'ipotesi che atomi di  $^{238}\text{U}$  si potessero spezzare dando atomi più leggeri. Ambedue le affermazioni erano sbagliate. In natura non esiste una specie atomica con  $Z = 43$ .

1934 (Istituto di Fisica dell'Università di Roma). Fermi, Amaldi, D'Agostino, Pontecorvo, Rasetti, Segrè (fisici) studiavano la possibilità di produrre nuclidi non esistenti in natura bombardando atomi di elementi naturali con neutroni. Essi pensavano che con atomi pesanti potesse avvenire una reazione del genere:

$^{238}_{92}\text{U} + n \rightarrow ^{239}_{93}\text{X} + \beta^-$ . In realtà questo processo, che funzionava con atomi leggeri, se usato con atomi di uranio dava dei risultati sperimentali non comprensibili e non in linea con le previsioni.

1936 Il gruppo di Roma si separa a causa delle leggi razziali: la maggior parte emigra negli Stati Uniti, Amaldi e Fermi rimangono a Roma. Gli esperimenti di bombardamento con neutroni sono proseguiti da due gruppi: uno a Berlino (O. Hahn, F. Strassmann, chimici, e Lise Meitner, fisico; quest'ultima aveva fondato la sezione di fisica dentro l'Istituto di Chimica Kaiser Wilhelm, e ne era a capo) e uno a Parigi (Irène Curie, chimico, e F. Joliot, fisico, premi Nobel per la chimica nel 1935).

1937 Emilio Segrè annuncia la scoperta dell'elemento tecnezio ( $Z = 43$ ) in minerali di molibdeno dopo che essi erano stati bombardati con atomi di deuterio nel laboratorio di Fisica a Berkeley, California.

1938 Viene assegnato il Premio Nobel per la fisica a Fermi per i suoi studi sulle reazioni nucleari indotte dai neutroni. Approfittando del viaggio a Stoccolma per ricevere il premio, anche Fermi abbandona Roma per gli Stati Uniti avendo la moglie di religione ebrea.

1938 L. Meitner di religione cattolica ma di origine ebrea è costretta a fuggire di nascosto dalla Germania e si rifugia a Stoccolma ma continua a collaborare con Hahn e Strassmann scambiandosi informazioni e risultati di esperimenti con bombardamenti neutronici. In particolare la Meitner suggerisce a Hahn di cercare fra i prodotti derivanti dal bombardamento dell'uranio anche atomi lontani da esso.

1939 O. Hahn e F. Strassmann riportano in una pubblicazione i risultati del loro lavoro concludendo con questa frase: " come chimici siamo arrivati alla conclusione che dal bombardamento dell'uranio con neutroni si formano atomi di Ba, La, Ce, As. Come chimici nucleari non possiamo credere a questi risultati che vanno contro tutte le conoscenze di fisica nucleare finora accettate " Questa è il primo documento (O. Hahn, F. Strassmann, Naturwiss., 1939, 27, 11-15) sulla scoperta della fissione nucleare.

1939 L. Meitner dette una spiegazione teorica ai risultati precedenti usando il cosiddetto "modello a goccia" di Bohr ed il nipote O.R. Frisch conì il termine fissione per indicare la scissione dell'atomo di uranio in due atomi più leggeri.

1944 Il premio Nobel per la Chimica fu assegnato a O. Hahn per la sua scoperta della fissione degli atomi pesanti. Il premio fu consegnato dopo la fine della guerra poiché sotto il regime nazista non era consentito ai cittadini tedeschi ricevere onorificenze da paesi nemici.

La differenza fra atomi, isotopi e nuclidi?  
(in caso di incomprensioni andare a leggersi L'atomo)

L'atomo è l'unità fondamentale, costitutiva della materia. Se potessimo scindere indefinitamente un solido la nostra operazione avrebbe termine quando troviamo l'unità atomica che non può essere ulteriormente scissa. Per approfondire questa definizione cerco di rispondere alle altre due domande, e per farlo bisogna conoscere la sua struttura.

Esso è formato da tre tipi di particelle: protoni (carica positiva), neutroni (carica neutra) ed elettroni (carica negativa). La geometria dell'atomo determina la distribuzione di queste particelle all'interno di esso. Oggi esistono diverse teorie che tentano di rendere ragione della costituzione dell'atomo, ma tutte pongono al centro di esso il nucleo. Composto esclusivamente di protoni e neutroni, è circondato da una nube di elettroni. Si chiama "nube" perché gli elettroni si muovono su orbite (precisamente, orbitali o shell) rigidamente prestabilite e fisse. Se prendessimo una foto di questa zona non vedremmo nulla di definito, ma solo una vaga nebbia determinata dal moto degli elettroni in queste orbite.

Ogni atomo possiede un numero atomico (N) determinato dal numero di protoni e neutroni (entrambe le quantità sono uguali) ed una massa atomica (A) derivante dalla somma di 'N' più il numero degli elettroni; solitamente  $A \sim N \times 2$ .

Tramite degli esperimenti ci si è accorti che ogni atomo è formato da diversi isotopi, cioè atomi dello stesso elemento con massa atomica diversa (maggiore o minore) dell'elemento principale. Se la definizione non è eccessivamente chiara vediamo di spiegarla tramite un esempio. Prendiamo l'atomo di rame (simbolo 'Cu'): esso ha numero atomico  $N=29$  e massa atomica  $A=63$ . Quest'ultima quantità deriva dalla media di due isotopi che intervengono in misura diversa a formare l'atomo principale. Per essere precisi gli isotopi sono due: uno con  $A=63$  e l'altro con  $A=65$ ; il primo interviene in misura del 69,1 % e l'altro in misura del 30,9%. Esistono tuttavia casi più complessi di questo, ad esempio per l'atomo del gas nobile xeno (simbolo 'Xe') che vanta ben nove isotopi, alcuni dei quali intervengono in misura dello 0,09%.

Gli atomi che hanno massa atomica maggiore di quella dell'elemento base tendono generalmente ad essere radioattivi, cioè emettono delle particelle fino a quando non diventano stabili. Questa è anche una particolarità di elementi particolarmente "pesanti", quali l'uranio e il plutonio, che per diventare stabili decadono fino a diventare atomi di piombo. Si chiamano nuclidi (sing.: nuclide) quei particolari isotopi radioattivi.

La radioattività consiste, come già accennato, nell'emissione di particelle denominate alfa o beta. Il primo tipo consiste di due protoni e due neutroni, quindi l'atomo che emette una particella del genere perde massa in ugual misura. Le particelle beta sono elettroni ed anche in questo caso la massa atomica diminuisce di tale quantità. Esiste anche un terzo tipo denominato gamma, ma si tratta di radiazione elettromagnetica ad alta energia.