

**Zeitschrift:** Rivista militare della Svizzera italiana  
**Herausgeber:** Lugano : Amministrazione RMSI  
**Band:** 29 (1957)  
**Heft:** 2

**Artikel:** L'energia atomica [seguito]  
**Autor:** Sommaruga, Mario  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-244763>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# L'ENERGIA ATOMICA

Ing. MARIO SOMMARUGA

(seguito)

## 4) — *Neutroni.*

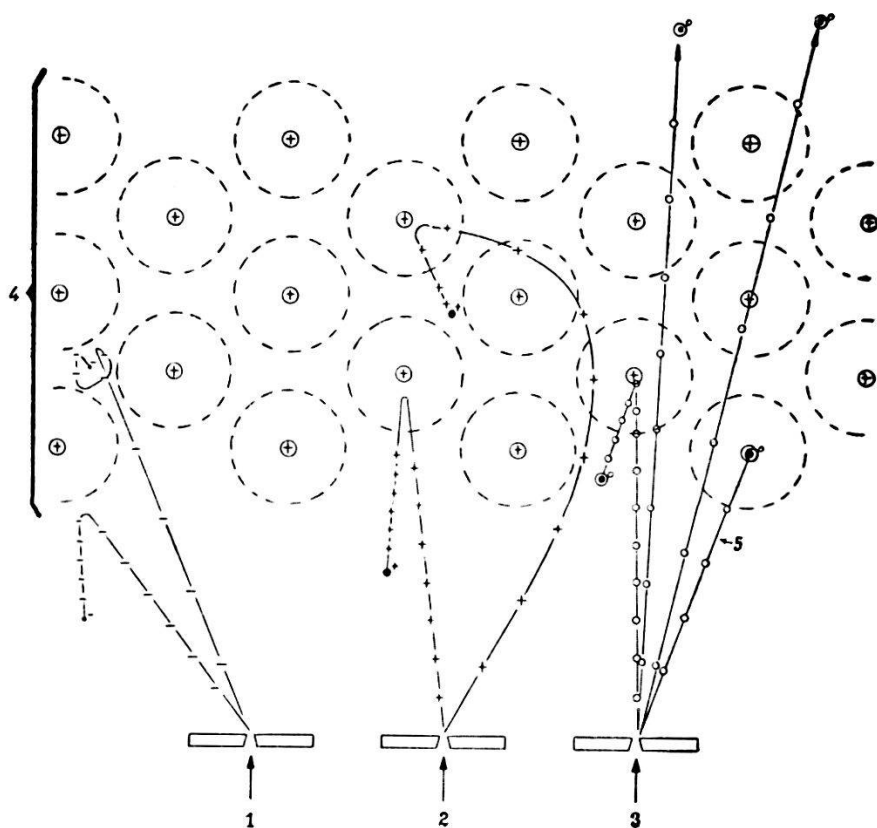
Da dodici anni ormai si bombardava in tutto il mondo. A Berlino come a New-York, a Tokio come a Parigi, a Londra, a Roma. Bombardamenti pacifici s'intende e con particelle alfa o protoni più o meno accelerati contro invisibili bersagli. I risultati erano sempre più interessanti e sorprendenti: nuclei atomici colpiti, particelle espulse, sprazzi di energia nucleare liberata, trasmutazione di elementi. Questo avveniva tuttavia sempre in misura microcosmica: nuclei colpiti infinitamente pochi, energie liberate estremamente piccole. E tutto ciò sempre per la mancanza del proiettile e dell'arma adatti.

Ma un giorno dell'ormai lontano 1933 successe un fatto straordinario. I coniugi JOLIOT-CURIE a Parigi stavano come il solito provando e riprovando con le loro radiazioni e con i loro bombardamenti: essi sapevano ormai che, per bombardamento con particelle alfa contro le più diverse sostanze, si potevano notare espulsioni di protoni provenienti dai nuclei degli atomi delle sostanze stesse.

*Osservazione. Poichè le espressioni « bombardamento », « espulsione di particelle », « raggi alfa », ricorrono spesso nella nostra trattazione, crediamo utile richiamare qui il loro significato particolare. Con « bombardamento » si intende l'atto di sottoporre un corpo ad una « radiazione » di un altro. Per « radiazione » a sua volta si intende l'emissione da parte del nucleo di certi atomi di una o più particelle. I « raggi alfa », ad esempio, sono costituiti di un getto di particelle alfa; una sostanza — il radio, per esempio — si dice che emette radiazioni alfa poichè ogni tanto il nucleo di un suo atomo « esplode » spontaneamente mandando fuori (tra l'altro) una particella alfa (ricordiamo: particella alfa = glomerulo formato di due protoni e due neutroni). Siccome anche un piccolissimo grano di radio è composto di miliardi di atomi, ecco che l'emissione di particelle alfa costituisce come un getto*

*continuo e per questo si può parlare di « raggio ». Generalmente queste radiazioni sono invisibili al nostro occhio. Esse però possono impressionare le emulsioni fotografiche ed è questo un mezzo — oltre la camera di WILSON che conosciamo — per metterle in evidenza. Un altro mezzo per renderle visibili consiste nel farle giungere su schermi ricoperti da certe sostanze capaci di dare luminescenza se sottoposte alla loro azione. Questi schermi possono essere così sensibili da dare una scintillazione per ogni particella captata. Praticamente, bombardare un certo corpo con raggi alfa significa, per esempio, metterlo in vicinanza con una fialetta contenente del radio in modo che le emissioni alfa di quest'ultimo lo possano raggiungere. Per stabilire se una radiazione è costituita di particelle alfa, di protoni o di elettroni, si ricorre soprattutto, dopo averle messe in evidenza con i mezzi visti più sopra, all'azione di campi magnetici. Si sa che un elettromagnete presenta un polo positivo ed uno negativo: se uno di essi a forma cava, forata è interposto sul passaggio di un raggio, questo, se è costituito di particelle positive (alfa o protoni) devierà in una certa direzione (si rifletterà cioè verso la parte negativa perchè attrattovi) mentre se è costituito di particelle negative (elettroni) devierà in senso opposto. Dall'intensità delle deviazioni è poi possibile risalire con il calcolo alla grandezza, alla carica, alla velocità delle particelle del raggio in esame. Ma vi è di più. La natura delle particelle di una radiazione e la loro velocità possono venire anche determinate o controllate provando la loro facoltà di attraversare pareti solide di spessore diverso. Più la particella è piccola e veloce, più la sua facoltà di attraversare un solido è grande. Il piombo è l'elemento più « opaco » ai raggi atomici in genere. Mentre una particella alfa ha poco potere penetrante e non riesce sia per la sua grossezza, sia per la sua relativa lentezza, sia per la sua carica a trapassare una lastra di piombo di più di qualche millimetro di spessore, i protoni e soprattutto quelli più veloci ed accelerati riescono a passare lastre di più di un centimetro di spessore. L'impedimento che trovano le particelle ad attraversare un corpo — ricordiamo le nozioni acquisite nei capitoli precedenti ! — è dovuto soprattutto al gioco di attrazioni e repulsioni tra le cariche elettriche dell'involucro elettronico (negativo) o del nucleo (positivo) e le cariche delle particelle che lo colpiscono (confr. fig. 8).*

I coniugi CURIE stavano — dicevamo — provando per l'ennesima volta l'effetto del bombardamento con raggi alfa su alcune sostanze e capitarono così anche su un metallo chiamato berillio (metallo leggero poco usato in pratica salvo in leghe speciali per strumenti chirurgici ed ottici, il cui nome deriva da quello antico dato ad una pietra preziosa di cui è il costituente principale). Il berillio, irradato con particelle alfa emette in misura considerevole protoni. Con



*Fig. 8.* — Rappresentazione schematica dell'effetto del bombardamento di una lamina solida con radiazioni rispettivamente di elettroni, protoni o particelle alfa, neutroni.

1 = sorgente di elettroni (negativi)

2 = sorgente di protoni o particelle alfa (positivi)

3 = sorgente di neutroni (senza carica elettrica)

— / — / — / — = traiettoria di un elettrone

— + — + — + — = traiettoria di un protone o particella alfa

— o — o — o — = traiettoria di un neutrone

● — = elettrone

● + = protone o particella alfa

⊙ = neutrone

La distanza più o meno grande tra i segni / /, + +, o o sta ad indicare la velocità più o meno grande delle particelle rappresentate.

I cerchi simmetrici tratteggiati con in centro un cerchietto contenente un + (zona segnata 4) stanno ad indicare gli atomi di una lamina del solido bombardato (zona elettronica esterna carica negativamente, centro — nucleo — carico positivamente).

Come già fatto rimarcare altre volte, nello schizzo non sono state, per ragioni di spazio, rispettate le proporzioni.

questo nuovo « cannone a protoni » soprattutto IRÈNE CURIE si serviva per i suoi esperimenti ed ecco che le venne l'idea di rivolgerlo contro delle sostanze contenenti idrogeno. E fu il miracolo: le sostanze emisero dei raggi straordinari sino allora mai osservati. Ben trenta centimetri di spessore di piombo erano attraversati come per gioco. Incredibile ! I CURIE pensarono tutt'prima a protoni emessi a velocità elevatissime. Quando la notizia raggiunse CHADWICK a Londra, questi subito se ne interessò. Protoni, protoni . . . Non era possibile che particelle seppure piccole, seppure velocissime ma pur sempre con la carica positiva nota potessero farsi beffe delle cariche elettriche degli atomi del solido e sfrecciare tra di essi come se nulla fosse. Il loro impeto anche se enorme sarebbe ben presto sfiaccato dalle attrazioni degli involucri negativi degli atomi dello strato di piombo, come si sapeva per esperienza. E allora ? CHADWICK fece una breve riflessione: elettroni, perchè carichi elettricamente, no; protoni pure perchè carichi, no; allora non poteva trattarsi che di particelle senza carica elettrica cioè di neutroni. Si precipitò sugli apparecchi, ripeté l'operazione e cercò di determinare la massa e soprattutto la carica delle nuove particelle. E fece la grande scoperta: massa uno, carica zero, quindi neutroni, come aveva supposto.

Osservazione : mentre da tempo i neutroni erano già stati supposti quali costituenti del nucleo atomico come abbiamo già accennato, la scoperta dei coniugi CURIE li aveva per la prima volta messi in evidenza sperimentalmente.

Il proiettile ideale era quindi stato trovato: per la mancanza di carica elettrica tutte le vie gli erano aperte. Poteva passare indisturbato attraverso lo strato elettronico negativo dell'atomo, poteva avvicinarsi al nucleo, penetrarvi . . . Fu un'esplosione di entusiasmo in tutti i centri di ricerca di chimica nucleare. Tutti si gettarono sul neutrone: nel Giappone, in Inghilterra, in Germania, in Italia. Un fatto tuttavia non tardò ad essere messo in evidenza: il neutrone non risultò — almeno all'inizio delle ricerche — quel proiettile ideale che tutti credevano di aver trovato. Gli scienziati dovettero ben presto ammettere che, mentre le particelle alfa od i protoni perchè carichi

elettricamente con opportuni campi magnetici od elettrostatici potevano venire accelerati, rallentati, diretti a piacimento i neutroni, quelli, risultavano come cavalli sbrigliati: una volta emessi e lanciati nello spazio hanno la velocità che hanno. I neutroni ottenuti dai CURIE e da CHADWICK avevano la velocità di 10'000 km/sec.

Lo scopo degli scienziati non era però quello di trapassare blocchi di piombo con raggi più o meno veloci, ma piuttosto di riuscire a disintegrare quei famosi nuclei che risultavano sempre più inaccessibili.

Ma lo scienziato non si scoraggia mai. Fu trovato che, se il neutrone vola troppo veloce scivola attraverso i nuclei senza minimamente scompagnarli, se è troppo lento rimbalza via senza poter penetrarvi. Occorre che abbia una velocità ben definita. Non solo. Ma anche diversa da elemento a elemento. Essa deve cioè « sincronizzarsi » con la velocità di rotazione del nucleo da colpire. Del resto, anche nel nostro macromondo è così: se uno desidera saltare sopra un carosello o una giostra in moto deve prendere una certa rincorsa in modo da assumere velocità eguale a quella di rotazione periferica della giostra. Se andasse più lento riceverebbe degli urti da sbalzarlo lontano; se invece vi giungesse come un bolide, sarebbe per lui ben difficile non uscirne dall'altra parte per forza d'inerzia.

ENRICO FERMI a Roma si specializzò nei bombardamenti con i neutroni. Con i mezzi relativamente modesti a sua disposizione riuscì a sperimentare su tutti gli elementi esistenti. Per ovviare alla difficoltà di sincronizzazione delle velocità, egli riuscì a rallentare a volontà neutroni facendoli passare attraverso strati di certe sostanze rallentanti in spessori variabili. Trovò che la sostanza più adatta è la grafite: infatti i suoi atomi relativamente piccoli (si tratta di carbonio) sono molto addensati e quindi presentano ai neutroni che vi saettano attraverso una certa resistenza senza fermarli e senza che i suoi atomi ne subiscano delle mutazioni. Con interminabili tentativi riuscì a stabilire lo spessore adatto per ogni elemento da bombardare in modo che il neutrone, scagliato dalla radiazione a sua volta ottenuta bombardando con particelle alfa il berillio, dopo aver passato uno schermo di grafite arrivava contro gli atomi dell'elemento da



bombardare con una velocità tale per cui il neutrone stesso rimanesse nel nucleo dell'atomo colpito.

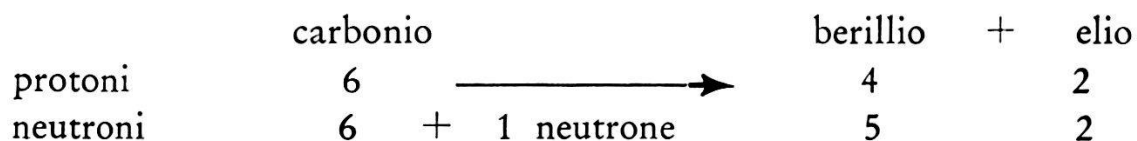
Nella figura 8 diamo la rappresentazione schematica del comportamento attraverso uno schermo solido dei tre tipi di radiazioni che abbiamo esaminato: elettroni, protoni o particelle alfa e neutroni. La zona 4 rappresenta il reticolo di atomi di una lastra ad esempio di piombo. E' possibile naturalmente rappresentare una frazione infinitesima soltanto di atomi, poichè anche uno spessore di un millimetro comporterebbe miliardi di atomi. Nella figura gli atomi sono rappresentati con cerchi tratteggiati che stanno ad indicare la zona periferica degli elettroni negativi mentre il nucleo positivo è segnato con un  $+$ . In 1 è rappresentata la traiettoria di un elettrone (negativo). Questo, raggiunta la vicinanza di un atomo di piombo vi è respinto dall'involucro elettronico negativo poichè cariche di segno uguale si respingono. In 2 si vede la traiettoria di un protone o di una particella alfa (positivi) che sono attratti dall'involucro elettronico perchè di carica contraria ma respinti poi dal nucleo positivo dell'atomo. I neutroni in 3 invece, senza carica, passano indisturbati attraverso l'atomo subendo tutt'al più una diminuzione di velocità. La figura è molto schematica poichè in realtà le particelle non si fermano ai primi atomi incontrati ma solo dopo averne subito l'influenza di spessori di migliaia di migliaia. Il meccanismo però rimane sempre quello. In 5 è segnata la traiettoria di un neutrone che ha la velocità giusta per poter rimanere nel nucleo dell'atomo colpito, in risonanza cioè con la velocità di rotazione del nucleo stesso.

### *Il sogno degli alchimisti.*

Da molti secoli l'uomo era alla ricerca della così detta « pietra filosofale » cioè di quel « quid » che avesse avuto il potere di trasformare la materia in oro. E negli antri più oscuri, tra alambicchi e storte e con i riti più superstiziosi per invocare l'aiuto del diavolo e dei suoi satelliti gli alchimisti si consumavano giorno e notte. Ma non lavorarono inutilmente. Pietra sopra pietra anch'essi concorsero a formare quel bagaglio di cognizioni talvolta esatte, talvolta errate,

ma che servirono alla costruzione di quel castello che è oggi la scienza.

E si arrivò così all'anno 1938. Anno in cui fu sancita la possibilità di trasformare la materia in oro. L'« alchimista » FERMI, senza l'aiuto del diavolo, ma piuttosto con quello dei suoi neutroni rallentati (forse « diavoli » anch'essi !) nel periodo 1934-1938 aveva ottenuto una lunga serie di trasformazioni o meglio di « trasmutazioni » della materia. All'inizio di questo nostro studio ci soffermeremo alquanto sulla costituzione della materia e più volte insisteremo nel mettere in evidenza come tutto ciò che è « materia » si può ridurre a 92 tipi di elementi i cui atomi possono venir ordinati in serie crescente secondo la grossezza od il peso del loro nucleo. Come si ricorderà, detta serie inizia con l'atomo di idrogeno, che ha un solo protone nel nucleo, per passare al seguente chiamato elio il cui nucleo possiede 2 protoni e 2 neutroni (e che corrisponde alla particella alfa), poi al litio con 3 protoni e 4 neutroni e così via. FERMI, con i neutroni rallentati e quindi atti a fermarsi nel nucleo colpito, riuscì ad agire sui nuclei stessi. Il meccanismo era il seguente: supponiamo di bombardare un atomo di carbonio con un neutrone lento per cui la sua velocità corrisponde a quella di rotazione del nucleo dell'atomo in modo che il neutrone vi possa penetrare e rimanere. L'atomo di carbonio possiede un nucleo formato di 6 protoni e 6 neutroni: il neutrone intruso provoca uno scompiglio nell'equilibrio del nucleo in seguito al quale il nucleo scoppia scindendosi in un nucleo di berillio che ha 4 protoni e 5 neutroni ed in uno di elio con 2 protoni e 2 neutroni. Cioè:



Ma i risultati più correnti ottenuti da FERMI erano del tipo seguente: il nucleo dell'atomo bombardato non si scindeva come visto sopra, ma tratteneva il neutrone dentro di sé, lo scindeva nel suo seno in un protone ed un elettrone, cacciava fuori quest'ultimo soltanto e si trasformava nell'elemento direttamente seguente nella serie atomica. FERMI poteva cioè con successivi bombardamenti passare



da un elemento ad un altro e teoricamente avrebbe potuto passare per successive trasmutazioni dal ferro all'oro. Ma c'era un ma. Un grosso « ma ». Anche solo teoricamente i quantitativi che egli avrebbe potuto ottenere sarebbero stati nell'ordine del milionesimo di grammo se non meno. Il prezzo di un simile « oro sintetico » sarebbe salito a migliaia di volte quello dell'oro naturale. Ciò che aveva molta importanza tuttavia era il grande passo fatto: finalmente l'uomo era riuscito ad intervenire direttamente nei fatti, sinora mai potuti raggiungere, del nucleo atomico.

Siamo nel 1938. E non a caso ripetiamo questa data. Basti ricordare che stava per scoppiare il grande conflitto mondiale: una nube densa di funesti presagi incombeva sull'Europa e fuori. Ma gli scienziati non se ne accorgevano e continuavano indefessamente a bombardare i loro nuclei con la nuova tecnica di FERMI ed a comunicarsi i risultati a vicenda senza preoccuparsi delle frontiere politiche.

Era logico che con il sistema di FERMI, se ad ogni buon colpo, il neutrone riusciva a trasmutare un atomo in quello immediatamente seguente nella serie crescente dei pesi, si sarebbe ben presto giunti a sperimentare sull'elemento più pesante conosciuto cioè sull'uranio che è il 92.esimo della serie e che possiede nel suo nucleo 92 protoni e circa 146 neutroni. L'atomo gigante, insomma; l'atomo con il nucleo più grosso e complesso per cui la sua stabilità è al limite del tollerabile (in natura infatti non esiste elemento più pesante appunto per la impossibilità della sua esistenza). Ora, gli scienziati si domandavano che cosa sarebbe successo colpendolo esso pure con un neutrone. Si sarebbe ottenuto un elemento più pesante ancora? Sarebbe stato stabile?

In un campo così delicato, in cui si pesano dei milionesimi di grammo, in cui i prodotti ottenuti sono in ragione di pochi atomi per volta, la determinazione effettiva dei risultati ottenuti è oltremodo difficile.

Quando FERMI annunciò di aver trovato l'elemento « 93 », cioè l'elemento più pesante dell'uranio — elemento « transuranico » — tutti i laboratori di fisica nucleare del mondo si buttarono sull'uranio. Si bombardò con neutroni lenti e veloci, si usarono tutti gli accorgi-

menti più delicati. Si ottenne qualche cosa ? Sì, si ottenevano tracce di qualche cosa ma erano proprio dei « transuranici » ? Elementi che la natura non conosceva ? A Parigi bombardava JOLIOT a Roma FERMI, a Tokio YUKAWA, a Dahlem (Berlino) OTTO HAHN. Si scoprivano cose nuove, cose importanti, cose assurde.

Ma la più spettacolare la scoprì HAHN.

(continua)

---

*Nel prossimo fascicolo:*

- « Nuovi mezzi anticarro »
- « Truppe corazzate » a cura di B. A.

---

*Correzione :*

Nel fascicolo I a metà pagina 41 leggere:

« Durante la costruzione si palesarono ardui problemi... » (invece di « paleseranno »).