

**Zeitschrift:** Rivista militare della Svizzera italiana  
**Herausgeber:** Lugano : Amministrazione RMSI  
**Band:** 35 (1963)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Scienza e militare : le armi nucleari : principi dell'evoluzione verso le armi tattiche  
**Autor:** F.G.B.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-245726>

### **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:** 06.02.2026

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

---

SCIENZA E MILITARE

## LE ARMI NUCLEARI

### PRINCIPI DELL'EVOLUZIONE VERSO LE ARMI TATTICHE

---

di F. G. B.

Riprendiamo la serie di articoli sui principi fondamentali dell'energia nucleare (1961, fasc. 5 e 6; 1962, fasc. 1, 4 e 6) per spiegare come dai calibri maggiori si sia potuto passare ai calibri tattici. Avevamo detto (1962, pag. 244) che «la bomba A è costretta nel campo delle potenze enormi, strategiche, dal fatto che deve superare per forza la massa critica. Quanto alla bomba H, abbiamo visto che essa, benchè abbia una gamma molto più estesa di potenza, è, al limite inferiore, bloccata dal fatto che usa come detonatore una bomba A e quindi, se pure secondariamente, deve fare i conti anche essa con la massa critica». La domanda, alla cui risposta dedicheremo questi ultimi paragrafi della nostra serie, suona pertanto: «Come si è potuto avviare, nonostante la soglia della massa critica, l'evoluzione recente, in parte ancora in corso, verso le piccole potenze, i calibri tattici?». Rispondere esaurientemente alla domanda, lo diciamo subito, non è facile, chè tutta questa materia è protetta da rigido segreto e nessun dato è stato pubblicato in merito. Noi però intendiamo spiegare proprio solo i concetti fondamentali che stanno alla base dell'evoluzione verso i minimi calibri. Come sempre, il nostro discorso è inteso a rendere chiari i concetti più che a dare informazioni quantitative e complete, talchè anche gli esempi che via via ci accadrà di dover fare si arresteranno sempre a quel piano generico concettuale, senza scendere mai alla spiegazione minuta. Familiarizzare il

lettore con i concetti basilari, questo è il nostro unico scopo. Orbene, su questo piano concettuale, ci potremo agevolmente inoltrare anche nel campo chiuso dell'evoluzione nucleare verso i calibri minimi, in quanto non avremo se non da condurre semplici deduzioni dai concetti più generali già esposti. A questo grado di generalizzazione, il segreto militare non disturba affatto (nè, ovviamente, il nostro discorso arrischia di minimamente lederlo). Non qui risiedono le difficoltà, bensì nella fase d'attuazione; questa presenta problemi tremendi ed è logico che le Potenze che son riuscite a risolverli si guardino bene dal dire, anche molto indirettamente, come abbiano fatto.

## XXV Tragitto del neutrone da fissione

Un nucleo che fissiona entro una massa di Uranio 235 (o Plutonio 239) produce i due frammenti medi, i 2 o 3 neutroni <sup>1)</sup> liberi e la prima quantità d'energia. I 3 neutroni liberi di questa prima generazione sono proiettati oltre entro la massa (con un'energia cinetica di 5 Mev <sup>2)</sup>) e vanno a collidere con altri nuclei di U235 che fissionano a loro volta. Se ne hanno 9 neutroni liberi della seconda generazione, e così via a catena, come già spiegammo (§ IX; 1962, pag. 17). I neutroni non provocano però la fissione nei nuclei contigui; diciamo nel paragrafo IX che la fissione è indotta in «nuclei vicini». Occorre ora spiegare meglio questo concetto. Facciamo un esempio. Io mi trovo in una vasta piazza con altre persone; non c'è folla, anzi la gente è tanto rada che tra una persona e l'altra intercorrono grandi spazi. Se io mi metto a correre in linea retta, in una qualsiasi direzione, dovrò certamente fare un cammino assai lungo prima di urtare un passante. Quanto più la gente è rada, tanto più lungo sarà il mio

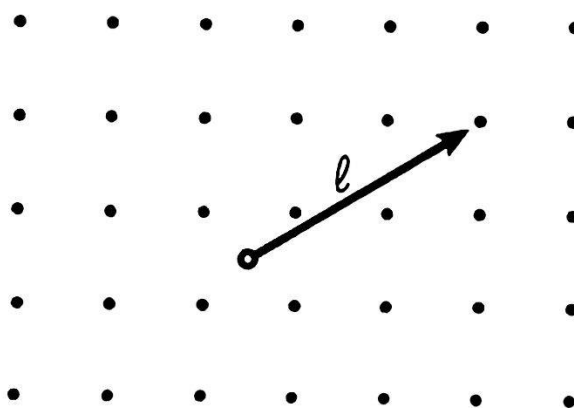
---

<sup>1)</sup> Nel seguito della spiegazione useremo per semplicità il numero 3. In realtà occorrerebbe calcolare con 2,5, ciò che facciamo del resto più sotto.

<sup>2)</sup> Ogni fissione produce circa 200 Mev d'energia, così distribuita:

energia cinetica dei frammenti	165 Mev
radiazione <i>gamma</i> istantanea	7 Mev
energia cinetica dei neutroni	5 Mev
radiazione <i>beta</i> dei frammenti	7 Mev
radiazione <i>gamma</i> dei frammenti	6 Mev
neutrini	10 Mev

tragitto. Rarissimamente accadrà, se mi avvio a caso, ch'io abbia ad urtare proprio la persona più vicina; in genere urterò persone assai distanti. Il mio cammino sarà quello indicato a lato. La lunghezza « $l$ » del tragitto percorso, dall'inizio della mia corsa sino al mio primo urto contro un passante, sarà (considerando una media di molti tentativi) inversamente proporzionale alla densità della gente. Tale appunto è il cammino dei neutroni da fissione <sup>3)</sup>. Essi devono percorrere sempre un determinato tratto entro la massa fissile prima di incontrare un altro nucleo. Anzi, benchè l'Uranio sia un materiale normalmente densissimo, le distanze da nucleo a nucleo risultano, tenuto conto delle infime dimensioni dei nuclei e dei neutroni, veramente immense: la materia, per rimanere all'esempio fatto, appare proprio come una vastissima piazza popolata di pochissime persone e l'esempio pecca ancora gravemente per difetto! **Ne viene che il percorso dei neutroni, da nucleo fissionato a nucleo fissionando, è, relativamente alle loro dimensioni, veramente lungo.** Non pensi però il lettore che, a cagione di questi percorsi da effettuarsi da ogni generazione di neutroni tra una fissione e la successiva, tutto il processo venga rallentato. I neutroni percorrono infatti quei tragitti a velocità fantastica, cosicchè il tempo di percorso (detto anche tempo di generazione) risulta di 1 centomilionesimo di secondo, ovvero di 1 centesimo di microsecondo <sup>4)</sup>.

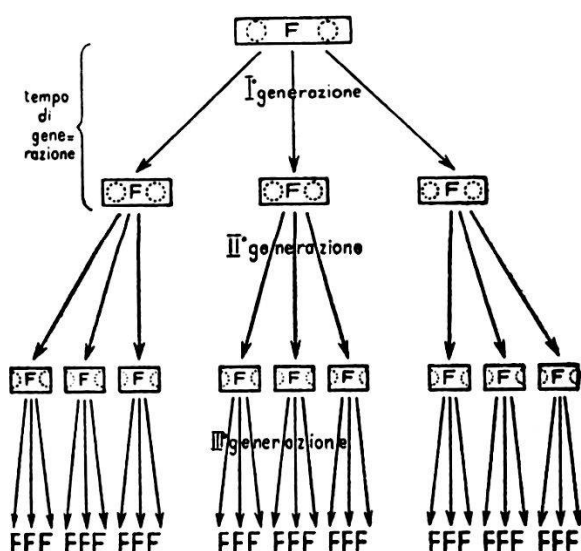


<sup>3)</sup> Tralasciamo qui per semplicità il caso del neutrone che rimbalza su un nucleo senza fissionarlo, di cui avevamo fatto cenno nel paragrafo XI (1962, pag. 19) in connessione col concetto di «moderazione». Questo caso del resto non è generale in quanto sia  $U_{235}$  sia  $Pu_{239}$  fissionano anche coi neutroni veloci (pag. cit.). Comunque il tragitto a rimbalzi elastici è ancora più probante per il ragionamento fatto qui.

<sup>4)</sup> Per ottenere uno scoppio da 100 chilotonnellate occorrono 58 generazioni. La stragrande maggioranza dell'energia è ovviamente ottenuta nelle ultime generazioni, in un tempuscolo che si aggira sui 7 centesimi di microsecondo.

## XXVI. Fattore d'accrescimento

Tenuto conto delle spiegazioni date sopra, possiamo ora disegnare uno schema della reazione a catena di fissione, il quale ci consentirà poi di dare un'analisi della massa critica più completa di quella data nel paragrafo XIII (1962, pag. 20). Trattasi dello schema recato qui



a lato. In esso il rettangolino con una «F» indica la fissione del nucleo, le due sferette tratteggiate nei rettangoli indicano i frammenti di fissione, le frecce che si dipartono indicano i neutroni da fissione, la lunghezza delle frecce rappresenta il cammino percorso, infine il numero delle frecce mostra il moltiplicarsi dei neutroni ad ogni fissione. Tutto è chiaro in questo schema, ch  esso riassume

concetti gi  esposti. Solo l'accrescimento del numero dei neutroni richiede ancora qualche spiegazione, essendo l'ultimo concetto che ancora dobbiamo analizzare prima di passare a ridiscutere della massa critica e delle possibilit  di ridurla. L'accrescimento   dato da una formula semplice:  $N(y-1)$ , in cui «y» rappresenta il numero di neutroni prodotti ad ogni fissione, «-1» sta per la riduzione immanente nel fatto che il neutrone viene captato dal nucleo fissionando ed «N» indica la popolazione di neutroni presente in una determinata generazione. Siccome abbiamo assunto « $y=3$ », la nostra formula diviene  $N(3-1)$ . Esemplificando sullo schema dato, vediamo che la prima generazione comprende 3 neutroni: l'accrescimento dalla prima alla seconda generazione sar  pertanto  $3(3-1)$  e cio  6. Infatti vediamo dallo schema che i 3 della prima generazione pi  i 6 d'accrescimento danno appunto i 9 neutroni della seconda generazione. Dalla seconda generazione alla terza l'accrescimento sar  di  $9(3-1) = 18$ . Ed anche qui lo schema ci dice che i 9 della seconda generazione, pi  i 18 di accrescimento danno i 27 neutroni segnati come popolazione della terza

generazione. Il fattore  $(y-1)$  è detto fattore d'accrescimento ed è simboleggiato con «x». Nel nostro schema, x vale 2.

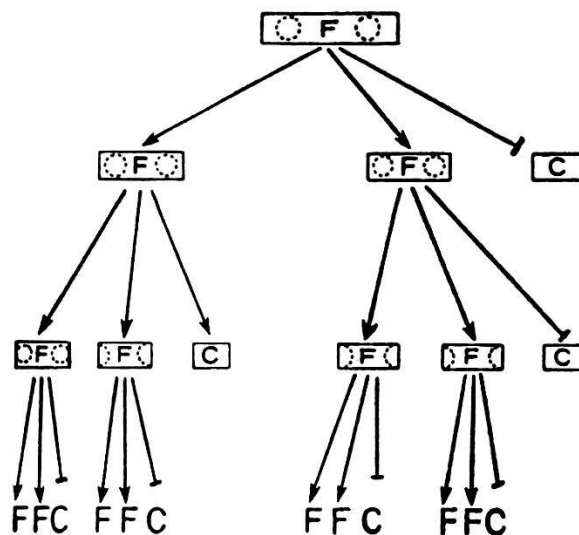
## XXVII. Diminuzione di x per assorbimento

Così stanno le cose per una massa d'Uranio considerata purissima. In realtà tale non sarà il caso, in quanto la massa fissile conterrà sempre qualche impurità, ad esempio un nuclide medio, avido, come tutti i nuclei di Z medio, di neutroni e capacissimo di digerirli senza alcun danno (vedi § XII; 1962, pag. 20). Pertanto non tutti i neutroni d'ogni generazione potranno indurre delle ulteriori fissioni: alcuni saranno assorbiti dalle impurità. Ma non solo le impurità assorbono dei neutroni, può anche accadere che dei nuclei d'Uranio incorporino il neutrone incidente e si riassestino poi in altro modo senza fissionarsi. Stante dunque la perdita fatale di neutroni per assorbimento, il fattore «x» non può essere scritto semplicemente « $(y-1)$ », ma va scritto « $(y-z-1)$ », in cui «z» rappresenta appunto i neutroni persi per assorbimento, per cattura senza fissione. «X» poi è ancora meno favorevole, in quanto sin qui abbiamo sempre assunto «y» come uguale a 3, mentre (vedi nota 1 del § XXV) esso vale esattamente 2,5. Per «z», e solo mediante una purificazione del materiale spinta al massimo, si arriva a 0,5. In pratica, dunque, nell'Uranio il fattore d'accrescimento dovrà essere scritto:

$$x = (2,5 - 0,5 - 1) = 1.$$

Il che significa che esso è la metà di quanto la teoria semplificata esposta più sopra, faceva ritenere. Lo schema della reazione a catena che si attua effettivamente nella massa fissile d'Uranio diviene pertanto (compensando però, per i fini grafici, il 2,5 e lo 0,5 con 3 e 1) come qui a lato. Troviamo qui il nuovo simbolo «C» che rappresenta il neutrone catturato senza fissione. Il calcolo col nuovo fattore di accrescimento dà quanto segue: dalla prima alla seconda generazione l'accrescimento ( $Nx$ ) è

$$3 (2,5 - 0,5 - 1) = 3.$$



La popolazione della seconda generazione non è più pertanto di 9, bensì solo di  $3 + 3 = 6$ .

Dalla seconda alla terza generazione l'accrescimento sarà di  $6 (2,5 - 0,5 - 1) = 6$ . La terza generazione conterà dunque  $6 + 6 = 12$  neutroni. Come si vede la reazione a catene riesce a mantenersi, ma l'accrescimento è meno rapido. Ebbene anche questo caso è ancora troppo roseo. Infatti questo nostro esempio, ancorchè contempli una massa fissile concreta, con le sue impurità e le conseguenti perdite neutroniche per cattura senza fissione, rimane tuttavia teorico, in quanto presuppone una massa fissile infinita e cioè senza perdite di neutroni attraverso la superficie della massa stessa. Noi immaginiamo cioè, in questo esempio, che ad ogni generazione i neutroni trovino sempre dei nuclei da fissionare. E tale appunto non sarà il caso: la massa d'Uranio sarà, diciamo, una sfera di raggio determinato non infinito ed i neutroni, dopo alcune generazioni, finiranno per indurre delle fissioni verso i bordi della sfera. Queste ultime fissioni potranno produrre dei neutroni i quali supereranno magari l'ultima porzione di materiale fissile e fuoresciranno dalla massa senza aver indotto altre fissioni. Il fattore «x» va pertanto diminuito di un altro indice, quello rappresentante la perdita dei neutroni attraverso la superficie. Di questo nuovo indice parleremo appunto nei paragrafi seguenti ed entreremo con ciò a discutere veramente ed in modo analitico della massa critica e delle possibilità della sua diminuzione.

(continua)