

**Zeitschrift:** Rivista militare della Svizzera italiana  
**Herausgeber:** Lugano : Amministrazione RMSI  
**Band:** 35 (1963)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Scienza e militari : le armi nucleari : principi dell'evoluzione verso le armi tattiche [seguito]  
**Autor:** F.G.B.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-245733>

#### 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:** 12.01.2026

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

SCIENZA E MILITARE

## LE ARMİ NUCLEARİ

### PRINCIPI DELL'EVOLUZIONE VERSO LE ARMİ TATTICHE

di F. G. B.

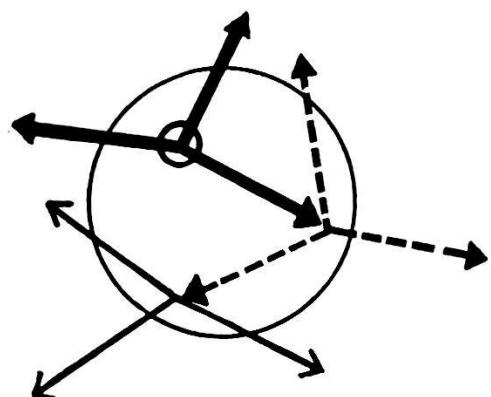
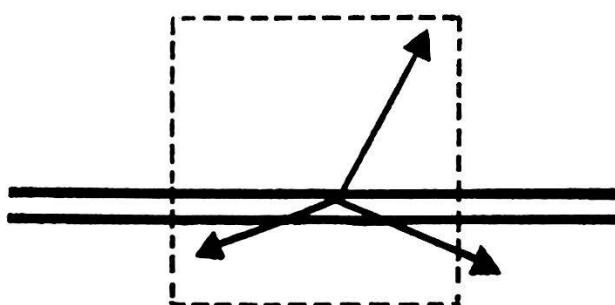
Nell'ultimo articolo abbiamo discusso il fattore d'accrescimento «x» sino alla formula  $(y-z-1)$ ; concludendo l'articolo (§ XXVII) abbiamo detto che questa formula va completata di un altro indice, quello rappresentante la perdita dei neutroni attraverso la superficie. Alla discussione di questo indice, che è quello capitale, dedichiamo il presente articolo.

#### XXVIII Diminuzione di x per perdita dalla superficie

Come abbiamo detto sopra, siccome la massa di materiale fissile non può essere infinita, occorre tenere conto delle perdite di neutroni attraverso la superficie. Occorre dunque introdurre nella nota formula di «x» un nuovo indice, l'indice «v», rappresentante i neutroni che fuoriescono dalla massa senza indurre fissioni. Avremo dunque non più soltanto  $(y-z-1)$  ma  $(y-z-v-1)$ . Questa è l'espressione completa di «x», l'espressione che tiene conto di tutti i fattori. L'indice «v» è, fra tutti gli indici della formula data, proprio il più interessante in quanto varia secondo la forma della massa fissile e secondo la sua quantità. Quanto alla forma, pensiamo ad un caso limite, per esempio ad un elemento fissile foggiato in strato sottilissimo. È evidente che in questo caso «v» risulterà enorme. Nella figura alla pagina seguente questa forma è rappresentata dalle parallele in tratto pieno; vediamo che tutti i neutroni da fissione (rappresentati dalle frecce) si perdono inutiliz-

zati attraverso la superficie, nè, stante la forma, potrebbe accadere diversamente. Ben migliore sarebbe già la situazione per il cubo, rappresentato in tratteggiato. È intuitivo che la forma migliore sarà proprio la sfera. Non occorre certo discutere più completamente la questione della forma: qui innanzi ci atterremo alla sfera. Più lungo è invece il discorso sulla quantità. **Quanto alla quantità, assumiamo a base**

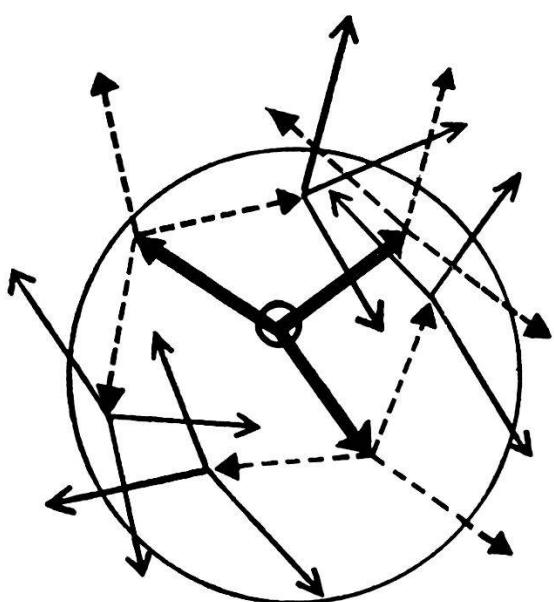
**del ragionamento la forma migliore, che è la forma sferica, e supponiamo pertanto di disporre di una sfera di uranio.** Orbene è noto che, nella sfera, volume e superficie non stanno in rapporto costante ma bensì crescente: il volume aumenta di più della superficie. In una sfera piccola, il volume è sfavorito rispetto alla superficie; via via che la sfera cresce, invece, il rapporto diviene sempre più favorevole al volume. Questa ben nota relazione, applicata al nostro problema dei neutroni da fissione, riveste capitale importanza: bisogna infatti considerare che la possibilità di sempre nuove fissioni successive è legata al volume della sfera di materiale fissile disponibile, mentre la perdita di neutroni, simboleggiata con « $v$ », è legata all'estensione della superficie. Ne viene pertanto che in una sfera piccola — dal rapporto «volume/superficie» molto sfavorevole al volume — anche il rapporto «produzione di nuovi neutroni da fissione/perdita  $v$ » risulterà sfavorevole alla produzione. Crescendo la sfera, il rapporto «volume/superficie» migliora e, conseguentemente, migliora il rapporto «produzione/perdita  $v$ ». Ne diamo qui a lato una rappresentazione in piano (nella figura assumiamo per semplicità  $y = 3$  e  $z = 0$ ). Cominciamo col disegnare una sfera piccola assai. Vediamo in questo disegno che, dei neutroni prodotti dalla fissione iniziale (dipartentesi da  $O$  in direzioni casuali e



215

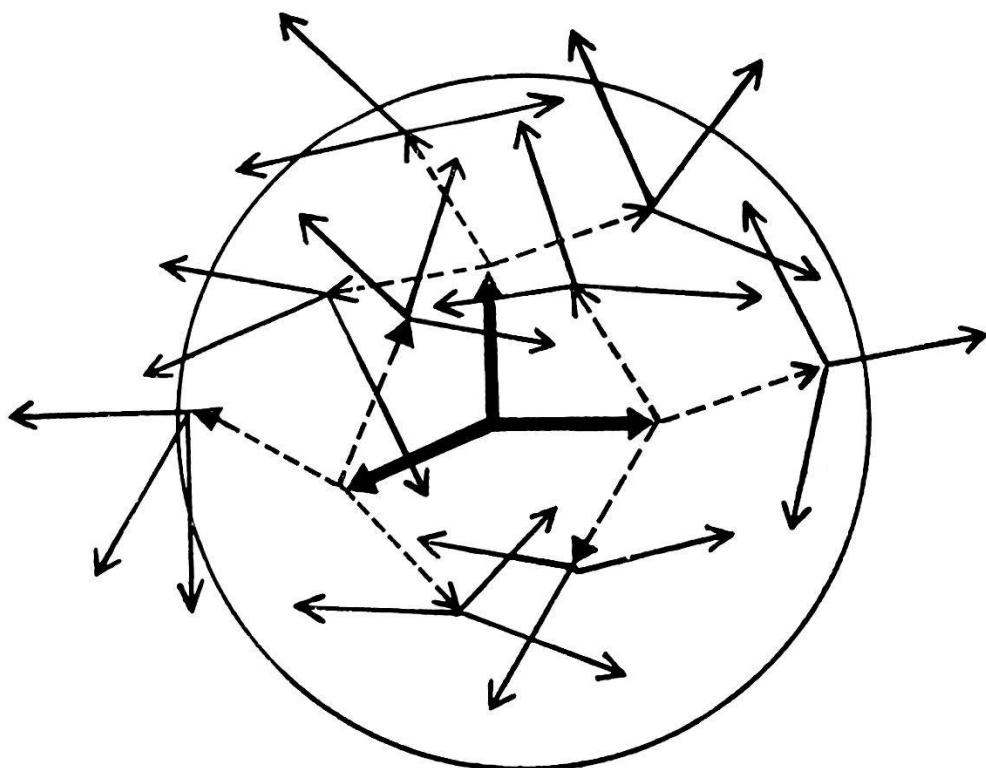
rappresentati da frecce a tratto pieno grosso), 2 fuoriescono senza indurre altre fissioni (perdita «v», dunque), mentre uno solo riesce a provocare una fissione. Dei neutroni di questa seconda generazione (frecce tratteggiate) ancora 2 si perdono oltre la superficie (v) mentre uno resta nella massa e riesce a collidere. I neutroni di questa terza generazione (frecce a tratto pieno sottile) infine fuoriescono tutti (perdita «v» totale). In questa prima sferetta sono stati quindi prodotti: 3 neutroni della I generazione + 3 n della II + 3 n della III = 9 n, e ne sono stati persi per «v»: 2 n della I generazione + 2 n della II + 3 n della III = 7 n. Il rapporto «prodotti/persi» (e cioè in simboli il rapporto  $y/v$ ) vale  $9/7 = 1,28$ . Nel secondo disegno che diamo qui

a lato abbiamo rappresentato una sfera più grande. Vediamo subito che la situazione è già migliore. Infatti dei neutroni della prima generazione tutti rimangono entro la massa ( $v = 0$ ). Dei neutroni della seconda (che pertanto risultano essere 9) 5 fuoriescono per perdita «v», ma 4 restano entro la sfera. Dei neutroni della terza generazione (che risultano essere 12) 5 rimangono e 7 vanno in perdita «v». In questa sfera sono stati pertanto prodotti: 3 n della I + 9 n della II + 12 n della III = 24 n, e ne sono usciti senza collidere per perdita «v»: 0 n della I + 5 n della II + 7 n della III = 12 n. Il rapporto  $y/v$  risulta essere in questo caso già assai migliore di quello della sfera piccola, in quanto vale già  $24/12 = 2$ . Prendiamo ora una sfera ancora più grande: la situazione continua a migliorare e di molto. Consideriamo il disegno riprodotto alla pagina seguente e allestito in modo analogo agli altri due recati sopra. Vediamo che, come nella sfera media, tutti i neutroni della prima generazione restano entro la massa fissile e riescono ad indurre ulteriori fissioni; pure rimangono entro la massa e vengono così impiegati in nuove fissioni i neutroni (ovviamente 9) della seconda generazione. Per le



+ 9 n della II + 12 n della III = 24 n, e ne sono usciti senza collidere per perdita «v»: 0 n della I + 5 n della II + 7 n della III = 12 n. Il rapporto  $y/v$  risulta essere in questo caso già assai migliore di quello della sfera media, in quanto vale già  $24/12 = 2$ . Prendiamo ora una sfera ancora più grande: la situazione continua a migliorare e di molto. Consideriamo il disegno riprodotto alla pagina seguente e allestito in modo analogo agli altri due recati sopra. Vediamo che, come nella sfera media, tutti i neutroni della prima generazione restano entro la massa fissile e riescono ad indurre ulteriori fissioni; pure rimangono entro la massa e vengono così impiegati in nuove fissioni i neutroni (ovviamente 9) della seconda generazione. Per le

due generazioni «v» è dunque rimasto uguale a zero. Infine, aguzzando lo sguardo, constatiamo che nella terza generazione, sui 27 neutroni prodotti, ben 17 rimangono e solo 10 vanno in perdita «v» e sono persi per la reazione. In questa terza sfera sono stati prodotti: 3 n della I gen. + 9 n della II + 27 n della III = 39 n, e ne sono stati persi per «v»: 0 della I + 0 della II + 10 della III = 10. Il rapporto y/v diviene ancora più favorevole alla produzione in quanto risulta



essere di ben 39/10 e cioè di 3,9. Appare dunque chiaro, anche dalla rappresentazione grafica, che la proporzione dei neutroni da fissione persi (come «v») per la reazione a catena si riduce costantemente col crescere del volume della sfera di materiale fissile di cui si dispone: «v» rispetto a «y» passa infatti dallo 0,77, per la sfera piccola, alla metà, per la media, e al quarto (arrotondando) per la maggiore.

### XXIX Espressione completa di «x»

Possiamo ora considerare la formula piena di x che già abbiamo dato e cioè:  $x = y - z - v - 1$  e mettere al posto dei simboli i valori

(notiamo però che i valori per  $y$  e  $z$  saranno quelli veri mentre per  $v$  saranno quelli degli esempi grafici qui sopra, il che evidentemente non pregiudica il ragionamento). Otterremo così

**Per la sfera piccola:**

$x = 2,5 - 0,5 - 3,2 - 1 = -2,2$  (« $v$ » vale 3,2, cioè lo 0,77 di  $y$ , come visto). Pertanto se noi immaginiamo di iniettare 10 neutroni entro detta sfera per avviare la reazione, avremo la brutta sorpresa di constatare che l'accrescimento (cf. § XXVI) sarà di  $10 \times -2,2$ , sarà cioè fortemente negativo, ciò che significa paleamente che la reazione non riesce nemmeno ad innescarsi.

**Per la sfera media:**

$x = 2,5 - 0,5 - 1,25 - 1 = -0,25$  (« $v$ » vale 1,25, in quanto, come abbiamo detto sopra, risulta essere in questo caso la metà di  $y$ ). Pertanto se noi immaginiamo di iniettare 10 neutroni entro questa sfera per avviare la reazione a catena avremo un accrescimento di  $10 \times -0,25 = -2,5$ . La generazione successiva ai nostri 10 neutroni conserverà di  $10 - 2,5 = 7,5$  neutroni. La catena cioè si avvia ma è convergente, di conseguenza destinata a spegnersi. Di fatti la seconda generazione avrà  $7,50 \times -0,25 = -1,8$  d'accrescimento e darà così una popolazione di neutroni di solo  $7,5 - 1,8 = 5,70$  neutroni. La terza generazione avrà  $5,70 \times -0,25 = -1,42$  d'accrescimento e potrà dare così una popolazione di neutroni di solo 4,28 n. ecc.

**Per la sfera grande:**

$x = 2,5 - 0,5 - 0,6 - 1 = 0,4$  ( $v$  vale 0,6 poichè, come abbiamo detto sopra, risulta essere in questo caso il quarto di  $y$ ). Pertanto, immaginando di iniettare sempre i dieci neutroni per avviare la reazione, constateremo con piacere che l'accrescimento sarà positivo e cioè esattamente di  $10 \times 0,4 = 4$ .

La generazione successiva ai nostri 10 neutroni sarà pertanto di  $10 + 4 = 14$  neutroni. La reazione a catena si avvia bene. La seconda generazione avrà un accrescimento di  $14 \times 0,4 = 5,6$  e darà così una popolazione neutronica di 19,6. La catena è pertanto ben avviata e resta divergente.

### **XXX La soglia critica**

Dal ragionamento fatto sin qui e dagli esempi dati risulta che, aumentando la massa fissile, ad un certo punto la massa stessa diviene critica e la reazione che sino allora era rimasta convergente, diviene di colpo divergente, cosicchè, invece di spegnersi si esaspera portando all'esplosione della massa. Potremo dunque disporre di masse subcritiche di materiale fissile sempre più grandi senza che nulla accada ma non potremo mai superare la soglia di criticità senza che l'esplosione si produca. Naturalmente quando abbiamo raggiunto la massa critica ed abbiamo l'esplosione, ciò non significa che fissioniamo tutti gli atomi del nostro uranio: la stragrande maggioranza degli atomi non sarà fissionata. La massa critica significa solo ch'è raggiunta quella massa sufficientemente ingente affinchè il rapporto  $v/y$  diventi tale che  $x$  risulti idoneo a far divergere la reazione. In una massa anche solo leggermente supercritica avremo un'immane emissione d'energia che porterà all'esplosione prima che la quantità dei nuclei effettivamente fissionati possa divenire più d'un infima frazione di detta massa supercritica; però se avessimo solo quella frazione (in forma di una sfera di materiale fissile) la reazione non si innescherebbe, stante lo sfavorevole rapporto  $v/y$ . Dobbiamo dunque tener ben presenti due cose: primo, che è necessario avere una sfera di materiale fissile superiore alla criticità; secondo, che anche in una massa appena appena supercritica, solo un'infima parte dei nuclei partecipa alla reazione esplosiva, tutti gli altri sono necessari ma restano estranei al processo, necessari ma inutilizzati. La reazione di fissione in una sfera d'uranio supercritica è dunque molto dispendiosa, è un processo che esige lo sperpero ed uno sperpero costosissimo, sol che si pensi quanto lavoro e quanto danaro si richiede per ottenere dell'uranio fissile dalla purezza sufficiente affinchè rimanga nei limiti tollerabili. Vedremo nei prossimi articoli quali conseguenze si debbano trarre da queste considerazioni, aggiungiamo qui soltanto che si è ovviato a questo stato sfavorevole di cose coll'avviluppare la sfera d'uranio in un mantello di materiale detto tampone il quale, con la sua inerzia, impedisce che la sfera supercritica scoppi già alle prime emissioni d'energia da fissione e dà così tempo alla reazione di investire un numero maggiore

di nuclei. Ciò ovviamente diminuisce lo sperpero che s'è detto — aumenta dunque il rendimento — ma fa sì che l'esplosione diventi, anche in una sfera di poco supercritica, estremamente violenta. Per queste ragioni non si può ottenere un'esplosione di tipo tattico solo rimanendo di pochissimo al di sopra della criticità: o la massa critica è raggiunta ed allora l'esplosione è immane (escludiamo ovviamente la rinuncia al tampone) o la massa critica non è raggiunta ed allora non si ha nulla. Occorre dunque assolutamente ricorrere a degli artifici, onde ottenere bombe di massa critica minore, in cui la frazione di nuclei fissionati dia un'esplosione tattica, nonostante che il rendimento sia buono. Di tutti questi concetti parleremo nei due prossimi articoli che chiuderanno questa serie dedicata alle armi nucleari.

(continua)

---