

**Zeitschrift:** Rivista militare della Svizzera italiana  
**Herausgeber:** Lugano : Amministrazione RMSI  
**Band:** 33 (1961)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Scienza e militare : le armi nucleari : introduzione  
**Autor:** F.G.B.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-245386>

#### 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:** 24.02.2026

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

---

SCIENZA E MILITARE

## LE ARMI NUCLEARI

### INTRODUZIONE

---

di F. G. B.

**I**NTERROMPENDO la serie degli articoli sulla missilistica e la cosmonautica — che dovremo del resto riprendere senz'altro tra non molto, sia per seguire e commentare i fatti d'attualità, sia per completare la spiegazione dei concetti fondamentali<sup>1)</sup> — vogliamo passare ad un argomento di primaria importanza: quello delle armi nucleari, con particolare riguardo alla loro evoluzione da mezzi strategici a mezzi tattici. Intendiamo svolgere l'argomento rimanendo nel quadro prefisso ai nostri articoli e cioè limitandoci a spiegare i concetti scientifici essenziali. Però, per adempiere all'assunto, dovremo, in guisa d'introduzione, esporre alcuni principi fondamentali della fisica nucleare senza dei quali la trattazione del nostro argomento risulterebbe inaccessibile al lettore non iniziato. Per somma fortuna questo compito di dare un'introduzione generale ci è enormemente facilitato dagli scritti che l'ing. Mario Sommaruga ha pubblicato in questa rivista e che, con il titolo «L'energia atomica» sono stati raccolti in un elegante volumetto, eccellentemente edito dalla Tipografia Gaggini-Svanascini. Possiamo dunque senz'altro presupporre che l'operetta sia nota ai lettori (e sarebbe davvero peccato se non lo fosse, tanto essa è chiara, misurata, completa anche se concisa e scandita su un ritmo di

---

<sup>1)</sup> Vedere il piano dell'intiera serie di articoli sulla missilistica e l'astronautica a pag. 255 dell'annata 1960.

progressione concettuale pienamente rispondente alle necessità della divulgazione) e pertanto dare inizio alle nostre spiegazioni introduttive press'a poco nel punto in cui il discorso dell'ing. Sommaruga si chiude.

\* \* \*

### I. La massa è energia e l'energia è massa

Il concetto basilare che deve essere ben fermo nella mente è quello dell'equivalenza tra massa ed energia: **la massa è energia concentratissima, l'energia è massa diluitissima**. Questo concetto urta le abitudini mentali; l'uomo infatti tende istintivamente a considerare massa ed energia come due entità antitetiche e irriducibili. Ciò avviene perchè la sua struttura sensoriale è tale ch'egli percepisce energie anche minime, mentre invece percepisce la massa solo quando tocca valori già ingentissimi. L'apparato dei sensi usa proprio «due pesi e due misure»: favorevolissimo all'energia è estremamente ottuso alla massa. Se non vi fosse questa «ingiustizia» noi, facendo, ad esempio, un bagno di sole, sentiremmo tambureggiare sulla pelle gli infiniti corpuscoli associati alle onde luminose, oppure sollevando un pezzo di ferro, avvertiremmo immediatamente che tanto più pesa quanto più è caldo. Mettiamoci dunque bene in mente (ed invitiamo il lettore ad un atto di fede, in quanto la spiegazione sarebbe troppo lunga ed ardua) che massa ed energia non sono per nulla irriducibili, ma bensì convertibili l'una nell'altra; più esattamente, **che sono due aspetti complementari del reale e, come tali, intimamente correlati**. La legge che stabilisce tale correlazione fu ritrovata da Einstein ed è così formulata  $E = m c^2$ , dove E indica l'energia, m la massa e c la costante universale e cioè la velocità della luce nel vuoto.

\* \* \*

### II. La massa è fonte inesauribile d'energia

La legge dell'equivalenza tra la massa e l'energia ci scopre un mondo assolutamente nuovo; per esprimerci con un'immagine efficace, ci rivela in ogni sassolino una fonte incommensurabile di energia. Infatti se consideriamo l'enorme valore di c ( $= 3 \cdot 10^{10}$  cm/sec) che,

per di più, nella formula figura al quadrato, vediamo immediatamente che l'energia E, corrispondente ad una massa m, magari anche minima, risulta estremamente grande. Facciamo un solo esempio:

Prendiamo una massa di un grammo. Se potessimo trasformarla interamente in energia, essa darebbe, in virtù della legge d'equivalenza summenzionata:  $E = m c^2 = 1.9 \cdot 10^{20}$  erg e cioè 25 milioni di kilowattore! Questo esempio basta senz'altro a dare un'idea di quanto strabiliante sia il fenomeno che ci avviamo a studiare e quanto sia giustificato fare iniziare da esso un'epoca nuova della storia umana: l'era atomica.

L'equivalenza tra massa ed energia vale, naturalmente, sempre, cosicchè ognqualvolta si vuol produrre energia bisogna distruggere della massa. Però nel mondo macroscopico <sup>2)</sup> — quello, per intenderci, al nostro livello — la trasformazione è diluita, in quanto avviene tramite delle masse minime (quelle degli elettroni), cosicchè le modificazioni massiche, correlative alla produzione di energie anche ingenti, sono difficilissime da rilevare. Invece nel mondo submicroscopico — quello al livello delle particelle atomiche — la trasformazione è concentratissima, in quanto avviene tramite masse ben maggiori (quelle dei nucleoni), cosicchè le modificazioni massiche risultano rilevanti.

\* \* \*

### III. Massa ed energia nella formazione del nucleo

Vediamo ora come l'equivalenza massa, energia si attua sul piano dei nuclei atomici. I diversi nuclei atomici <sup>3)</sup> sono formati da due sole

---

<sup>2)</sup> Praticamente l'unico accessibile all'uomo dell'era preatomica.

<sup>3)</sup> Ricordiamo sinotticamente che l'essere materiale, ancorchè appaia d'infinita varietà, è riducibile ad una novantina di elementi (92, fino all'uranio). Ogni elemento è costituito da una sola specie di atomi, cosicchè in natura esistono solo una novantina di specie atomiche. Tralasciando le scorse elettroniche e considerando solo i nuclei, possiamo dire che questa novantina di atomi risulta dall'unione, sempre più numerosa, di protoni e neutroni soltanto: da un protone (idrogeno), a un protone e un neutrone, via via, aggiungendo protoni e neutroni, fino all'uranio (92 p e 143 n).

**specie di particelle elementari: protoni e neutroni; le differenze tra i nuclei risultano unicamente dalla diversità di numero degli uni e degli altri. I protoni e i neutroni sono detti pertanto, collettivamente, nucleoni.** Immaginiamo ora di avere quattro nucleoni (ad es. 2 protoni e 2 neutroni) separati tra loro e in quiete: ciascuno di essi possiede una propria massa  $m$  (cui, per la stabilità equivalenza, corrisponde un'energia  $e$ ) e la somma delle masse è dunque  $4m$  (delle energie, rispettivamente,  $4e$ ). Per formare un nucleo noi uniamo naturalmente i nostri quattro nucleoni, ma col far ciò non arriviamo ad una semplice giustapposizione bensì diamo l'avvio ad un fenomeno particolarissimo ed impressionante, e cioè i 4 nucleoni (vinte certe difficoltà iniziali di cui parleremo più tardi) si gettano violentemente, sprigionando una notevole energia, nelle braccia l'uno dell'altro a formare, strettamente allacciati, un gruppo solidissimo: il nucleo. L'energia sprigionata essi l'hanno prodotta trasformando parte della loro massa in energia e la saldezza del nucleo formato è corrispondente alla quantità di detta energia dissipata all'atto dell'unione. Questo fenomeno ci rivela che è «più naturale», per le particelle, esistere associate in nuclei che non isolate, quasi come per dei sassi è «più naturale» convergere nel fondo valle che non stare isolati sul ripido pendio, cosicchè appena possono rotolano in giù dissipando energia. Notiamo che i nucleoni, avendo convertito parte della propria massa in energia, sono diventati, per l'equivalenza massa energia, più leggeri: ogni nucleone, nel nucleo, pesa meno ( $e$ , rispettivamente, ha meno  $e$ ) che da libero e il nucleo intero, pertanto, pesa meno di  $4m$  (e risp. ha come energia propria meno di  $4e$ ). Immaginiamo ora di prendere il nucleo appena formato e di staccare di nuovo i nucleoni, onde ricuperarli, come all'inizio, separati, lontani e in quiete. Per far ciò dovremo fornire al nucleo l'uguale quantità di energia che, nel processo d'unione, s'era dissipata; fornendo energia si ridà nel contempo ai nucleoni la loro massa primitiva. Solo con un tale apporto energetico potremo disfare il nucleo. Riassumendo: dai nucleoni separati e in quiete si passa al nucleo con una caduta del livello energetico e massico dei nucleoni stessi, ma con guadagno di stabilità del sistema; dal nucleo si ritorna ai nucleoni separati risalendo al primitivo livello energetico e massico ma con la perdita di stabilità del sistema. Questo fenomeno può essere

reso più evidente mediante un modello. Ne diamo lo schema qui a lato. I nucleoni sono rappresentati dalle quattro palline. Essi nello stato iniziale sono separati e si trovano sul livello massico-energetico indicato con  $m, e$ . Formare il nucleo equivale a spingere le palline entro il pozzetto. Le palline cadono così al fondo, sul minor livello massico-energetico segnato con  $m_1, e_1$ . La differenza tra i due livelli è indicata con  $w, d$  che rappresenta l'energia (rispettivamente, stante l'equivalenza, la massa) dissipata, da ogni nucleone<sup>4)</sup>, nella caduta. Sul fondo le palline si ritrovano saldamente serrate insieme dalle pareti del pozzetto e ciò rappresenta il guadagno di stabilità del sistema, la coerenza del nucleo. Quanto più il pozzetto è profondo tanto maggiore è  $w, d$  e tanto maggiore la coerenza del nucleo. Scomporre il nucleo significa far risalire le palline dal livello massico-energetico  $m_1, e_1$  a quello  $m, e$ . Ciò è possibile fornendo l'energia  $w$  (il che aumenta correlativamente la massa della quantità  $d$ ). L'energia  $w$  è detta **energia di legame** ed il nome è scelto bene in quanto essa è la misura della coerenza nucleare, è l'energia che bisogna fornire per slegare i nucleoni. Per l'equivalenza massa energia,  $w$  ha il proprio correlativo in  $d$ , detto **difetto di massa** ed anche qui la denominazione è perfetta in quanto  $d$  rappresenta la massa persa dal nucleone nell'unirsi agli altri componenti del nucleo.

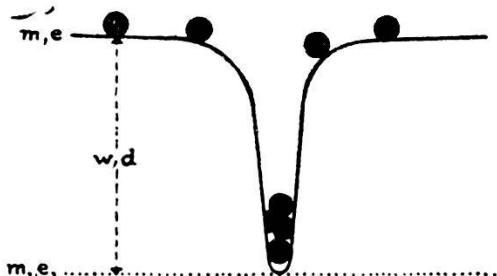
\* \* \*

#### IV. Andamento di $w, d$

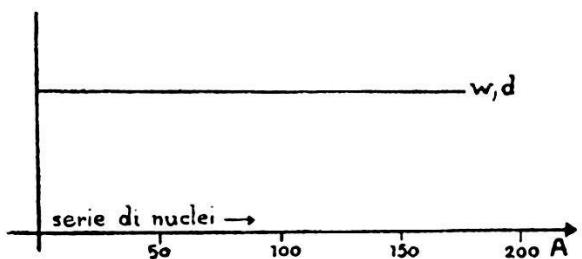
E' evidente che quanto maggiore è  $w, e$  cioè l'energia dissipata nel formarsi del nucleo, tanto minore sarà  $e_1$ , l'energia residua propria

---

<sup>4)</sup> Generalmente l'energia (risp. la massa) dissipata nella formazione del nucleo è calcolata non per nucleone ma per l'insieme dei nucleoni che partecipano al processo. Per chiarezza noi ci atteniamo invece ad un'esposizione riferita sempre al nucleone individuale.



della particella o, per esprimerci in termini di massa, quanto maggiore sarà  $d$ , e cioè la massa perduta nel formarsi del nucleo, tanto minore sarà  $m_1$ , la massa residua propria del nucleone. Quindi ad ogni valore di  $w$ ,  $d$  corrisponderà un valore opposto di  $m_1$ , e cioè crescendo quello questo diminuirà e viceversa. La formazione di tutti i diversi nuclei (da quello di 4 nucleoni preso come esempio — elio — a quello di 235 nucleoni — uranio <sup>5</sup>) potrebbe anche comportare sempre un uguale  $w$ ,  $d$ . In questo caso se noi considerassimo la serie dei differenti nuclei in ordine crescente di complessità <sup>6</sup>) l'andamento di  $w$ ,  $d$



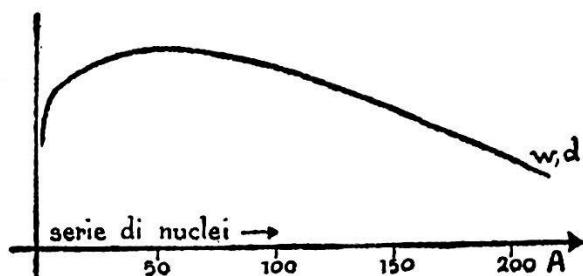
sarebbe descritto da una retta come è indicato qui a lato. I nuclei sarebbero cioè tutti ugualmente «legati» e l'instabilità dei nuclei pesantissimi (ben nota per il fenomeno della radioattività) risulterebbe solo dall'aumento eccessivo delle dimensioni stesse del nucleo.

Se la serie dei nuclei presentasse detta costanza di  $w$ ,  $d$ , il passaggio, per frantumazione, dai nuclei pesanti a quelli medi (la celebre fissione) e il reciproco passaggio, per unione, da quelli leggeri a quelli medi (la celebre fusione) non sarebbero fonte di così mostruosa energia quale è rivelata dalle bombe atomiche e termonucleari. Il solo modo per ottenere energia nucleare sarebbe, in un tale caso, quello descritto sopra, ossia quello di prendere dei nucleoni, separati e liberi, per formarne dei nuclei. In realtà  $w$ ,  $d$  non è costante ma presenta un andamento molto particolare. Esso cresce rapidamente lungo le serie degli atomi leggeri, culmina negli atomi medi e poi decresce continuamente nella zona degli atomi pesanti e pesantissimi. In rappresentazione grafica, co-

<sup>5</sup>) Citiamo in genere l'isotopo raro 235 che è quello immediatamente fissibile.

<sup>6</sup>) E cioè secondo il numero di massa ( $A$ ) che indica la quantità dei nucleoni costituenti il nucleo — vale a dire la somma dei protoni e dei neutroni. (Il numero dei soli protoni, che determina quella delle scorrze elettroniche e quindi il comportamento chimico dell'atomo, è detto numero atomico ed è indicato con  $Z$ .)

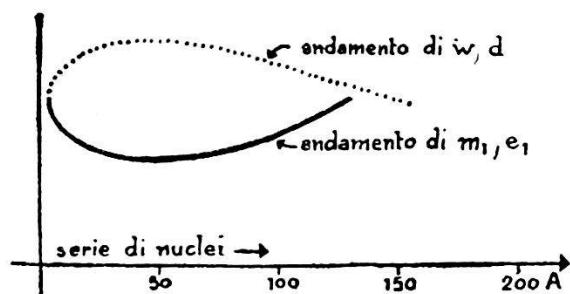
struita come sopra, avremo la curva tracciata qui a lato. Ne risulta che i nuclei non sono tutti ugualmente «legati» e che i più legati sono i nuclei medi. I nuclei pesantissimi sono pertanto instabili non solo per le dimensioni ma anche perchè, nel formarli, i nucleoni hanno alienato, ai fini della loro «vita di relazione», una energia (rispettivamente una massa) molto minore.



\* \* \*

## V. Andamento di $m_1$ , $e_1$

Abbiamo detto sopra che, ad ogni valore di  $w$ ,  $d$  deve, per forza, corrispondere un valore opposto di  $m_1$ ,  $e_1$  (massa ed energia intrinseca, residua nel nucleone che s'è unito a formare il nucleo) e che quando  $w$ ,  $d$  aumenta,  $m_1$ ,  $e_1$  diminuisce, e viceversa. Partendo dalla curva qui sopra disegnata possiamo trarre immediatamente l'andamento di  $m_1$ ,  $e_1$  che è segnato, nel grafico accanto, con la linea grossa, mentre l'andamento di  $w$ ,  $d$  è ripetuto in punteggiato. Questa curva, a forma di valle, di  $m_1$ ,  $e_1$  ci richiama ancora una volta violentemente l'esempio della vallata e dei massi che ne cospargono le fiancate, esempio che abbiamo fatto sopra, con quella loro «naturale tendenza» a cadere sul fondo liberando l'energia eccessiva che vien loro dall'essere posti in alto sui ripidi pendii. Ed è giusto questo immediato richiamo, in quanto, alla tendenza dei massi sparsi sui pendii ad accumularsi sul fondo valle corrisponde effettivamente una analoga tendenza dei nuclei leggeri e dei nuclei pesanti a «cadere» verso la zona dei nuclei medi, liberando immensa energia. I paralleli risulteranno ancora più chiari quando, sulla scorta delle due ultime rappresentazioni grafiche date qui sopra, passeremo a spiegare



andamento di  $w$ ,  $d$   
andamento di  $m_1$ ,  $e_1$

fiancate, esempio che abbiamo fatto sopra, con quella loro «naturale tendenza» a cadere sul fondo liberando l'energia eccessiva che vien loro dall'essere posti in alto sui ripidi pendii. Ed è giusto questo immediato richiamo, in quanto, alla tendenza dei massi sparsi sui pendii ad accumularsi sul fondo valle corrisponde effettivamente una analoga tendenza dei nuclei leggeri e dei nuclei pesanti a «cadere» verso la zona dei nuclei medi, liberando immensa energia. I paralleli risulteranno ancora più chiari quando, sulla scorta delle due ultime rappresentazioni grafiche date qui sopra, passeremo a spiegare

appunto quei due fenomeni di «caduta», che hanno nomi ormai terrificanti, e cioè, la  **fusione** (caduta dei nuclei leggeri verso i medi), e la **fissione** (caduta dai pesanti verso i medi).

Faremo ciò in un prossimo articolo, attenendoci, come sinora del resto, ad una spiegazione il più possibile piana e spoglia, attenta proprio solo a rendere evidenti i concetti fondamentali.

(Segue)

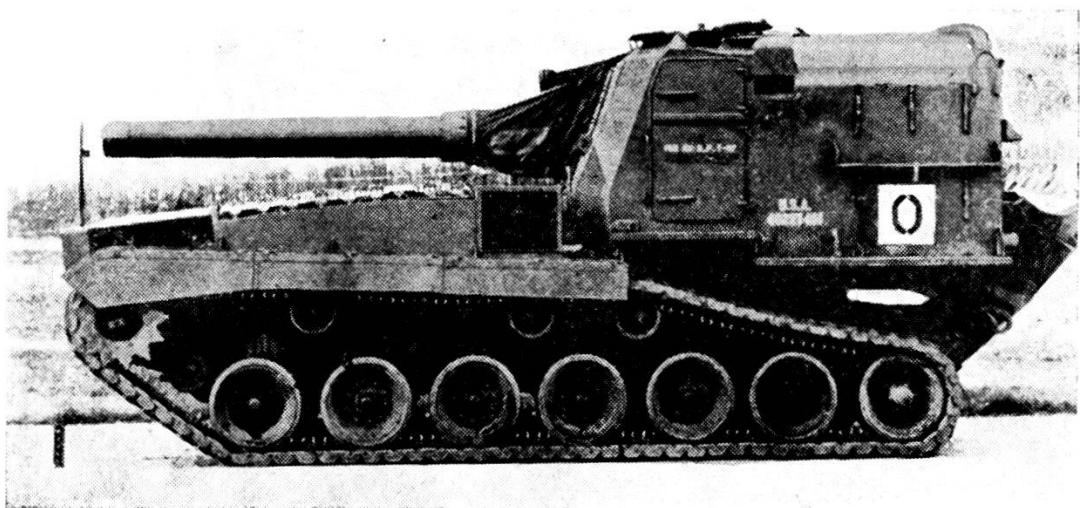
---



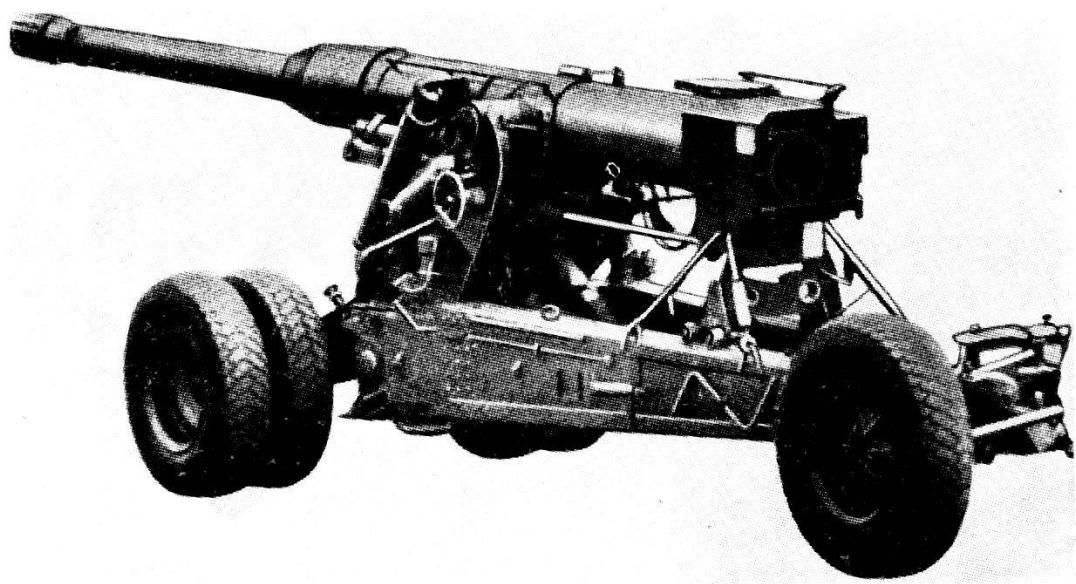
STATI UNITI D'AMERICA: lanciagranate pesante senza rinculo «Davy Crockett» a munizione nucleare di piccolo calibro (0,1 — 1 KT) e gittata sugli 8 km.; montato su mezzo leggero di fanteria; peso del lanciagranate 180 kg.



STATI UNITI D'AMERICA: esecuzione leggera del «Davy Crockett». a due serventi; peso sui 100 kg.



Semovente M 55 in dotazione presso le Divisioni Statunitensi: obice cal. 203 mm. a munizione nucleare di 2 — 5 KT; gittata sui 17 km.; peso 47 t.



RUSSIA: cannone per proiettili atomici; cal. 203 mm.; M - 1955; gittata  
25 km.; peso 22 t.