

Scienza e militare : le armi nucleari : la bomba A [seguito]

Autor(en): **F.G.B.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Rivista militare della Svizzera italiana**

Band (Jahr): **34 (1962)**

Heft 1

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-245555>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

SCIENZA E MILITARE

LE ARMI NUCLEARI

LA BOMBA A

di F. G. B.

VIII. La fissione

Nei paragrafi precedenti abbiamo parlato della fissione dei nuclei in modo ancora generico; occorre ora esaminare la reazione di fissione molto più analiticamente. Ci limiteremo a due temi essenziali: **perchè** i nuclei pesantissimi si fissionano e **come** avviene questa reazione.

a. Coesione e repulsione. Consideriamo un nucleo pesantissimo, quello ad esempio di Uranio 235. Questo nucleo, come gli altri pesantissimi, è una costruzione complessa, di estrema fragilità. Le ragioni della fragilità sono precipuamente le seguenti: 1. L'energia alienata dai nucleoni per formare il nucleo U235 è minore di quella alienata dai nucleoni nella formazione di un nucleo medio (come già spiegato abbondantemente nei paragrafi precedenti). Le forze di coesione interna del nucleo risultano pertanto proporzionatamente minori di quelle che s'esercitano nei nuclei medi. 2. I protoni d'ogni nucleo si respingono mutualmente (fenomeno naturale per le particelle con carica elettrica di stesso segno) e cioè ogni protone respinge tutti gli altri: la forza repulsiva globale che ne risulta cresce dunque come Z^2 . Per contro la forza coesiva globale cresce soltanto come A . Ne viene che mentre la repulsione protonica è agevolmente contrastata dalle forze di coesione fintanto che i protoni sono poco numerosi, per i nuclei pesantissimi, come appunto U235 che ha 92 protoni, il margine di sicurezza dato dal prevalere della coesione sulla repulsione diventa molto esiguo e il nucleo, di conseguenza, molto fragile. 3. Le forze di coesione, a differenza di quelle repulsive, si esercitano solo su distanze

brevissime. Nei nuclei come U235, che hanno forzatamente delle dimensioni considerevoli, mentre la repulsione agisce globalmente in tutto l'ambito nucleare, la coesione agisce solo tra i nucleoni contigui. In questi nuclei v'è pertanto, già per le dimensioni stesse, uno squilibrio a svantaggio della coesione, che viene a cumularsi con quelli segnalati ai due punti precedenti.

b. Condizioni e realizzazione. Il nucleo U235, preso come esempio, risulta dunque tanto fragile che basterebbe un apporto anche non elevato di energia per ottenerne la rottura. Il lavoro che deve essere fatto per portare il nucleo a fissionarsi è detto «energia di attivazione». L'energia di attivazione potrebbe essere apportata al nucleo magari da un'irradiazione intensa: ad esempio si potrebbe certo scindere il nucleo sottoponendolo ad un bombardamento gamma. L'energia di attivazione potrebbe però essere apportata anche da un proiettile meno veloce ma molto più massiccio di un fotone gamma —, a questa funzione potrebbe benissimo prestarsi infatti un nucleone vagante che venisse a colpire il nucleo. Notisi che si tratterà di un neutrone il quale, essendo neutro, è il solo nucleone che, in condizioni normali, possa avvicinarsi al nucleo (carico positivamente) senza essere respinto. Questo dell'impatto del neutrone contro il nucleo è proprio il caso più interessante di attivazione. Se dunque un neutrone in moto urta un nucleo di U235 e vi penetra, cedendogli la propria energia, l'apporto energetico risulta tale che il nucleo non riesce più a stare unito. Dapprima — figuriamoci il nucleo come una goccia d'acqua — si mette a vibrare allungandosi e contraendosi, finisce per assumere la forma di quell'arachide detto usualmente «spagnoletta», poi, la strozzatura mediana accentuandosi vieppiù, si spacca in due pezzi con liberazione istantanea dei 2 a 3 neutroni in eccesso. L'energia di attivazione consta di due elementi: il primo è l'energia di legame liberata dal neutrone quando entra nel nucleo; il secondo è l'energia cinetica propria che il neutrone incidente possiede. Il primo elemento è invariabile per un nuclide determinato ed è dato dalla curva w_d che abbiamo descritto sopra ampiamente; il secondo dipende invece dalla velocità del neutrone incidente. Questo secondo elemento dell'energia di attivazione è detto soglia di fissione. La seguente ta-

bella indica, per le differenti specie (isotopi) di Uranio le energie di attivazione e le soglie di fissione.

	Uranio 1)		
	${}^{233}_{92}\text{U}$	${}^{235}_{92}\text{U}$	${}^{238}_{92}\text{U}$
L'energia di attivazione necessaria (in MeV) è di .	6	6,1	6,2
L'energia di legame (in MeV) liberata è di . . .	6,7	6,5	4,8
Pertanto la soglia di fissione (in MeV) dev'essere di	-0,7	-0,4	1,4

1) Sotto al nome generico dell'elemento sono dati i 3 isotopi col simbolo preceduto da A e Z

La tabella mostra che per U233 e U235 non è nemmeno necessaria una soglia di fissione, vale a dire che ogni neutrone, per lento che sia, basta a produrre la fissione in quanto l'energia di legame che esso libera nel nucleo è già sufficiente, anzi — i numeri sono addirittura negativi — ne avanza. Per questo quei due nucleidi sono detti «immediatamente fissili». E' immediatamente fissile inoltre anche l'elemento artificiale plutonio.

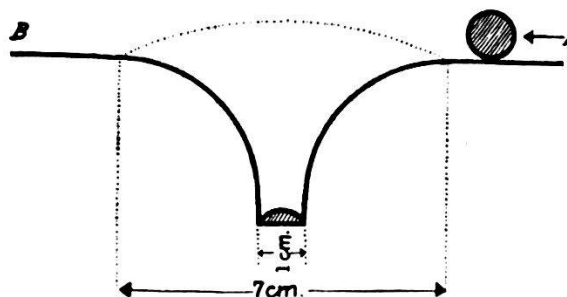
IX. La fissione di una massa d'Uranio

Se il nucleo che fissiona appartiene ad una massa di U235 che accadrà? Dalla fissione avranno origine, con la prima emissione di energia ed i primi frammenti medi, anche, importantissimi, i primi 3 neutroni da fissione. Questi verranno a toccare tre nuclei vicini causando la fissione e dando origine, oltre a nuova energia e a nuovi frammenti medi, alla seconda generazione di neutroni da fissione che saranno stavolta 9. Donde 9 ulteriori fissioni, con nuova energia, nuovi frammenti medi e ben 27 neutroni, e così via. Il numero delle fissioni aumenterà insomma con progressione geometrica, cosicchè il processo di fissione investirà, in un tempo estremamente breve, quasi tutta la massa. L'energia liberata sarà allora enorme e si avrà un'immane esplosione. E' questa la celeberrima reazione a catena.

X. La sezione d'urto

Nei precedenti paragrafi abbiamo parlato di neutroni incidenti i quali, entrando nel nucleo, gli apportano l'energia di attivazione ne-

cessaria a provocarne la fissione. Occorre ora esaminare più da vicino questo incontro del neutrone col nucleo: lo faremo ricorrendo ad un modello esplicativo. Su una superficie piana, ben liscia, si trova una



MODELLO DELLA SEZIONE D'URTO

buca della forma e delle dimensioni indicate a lato e cioè di un centimetro di diametro con una svasatura che si raccorda al piano orizzontale su una circonferenza di sette centimetri di diametro. Lanciamo ora una pallina di un centimetro di diametro da A verso B con l'intento di farla cadere

nella buca. Effettuiamo dei lanci¹¹ successivi imprimendo alla pallina velocità ogni volta minori. E' evidente che con un primo lancio fortissimo, non riusciremo ad imbucare, in quanto la pallina, per l'eccessiva velocità, passerà oltre. Per la nostra pallina il risultato sarà proprio come se la buca avesse un'apertura insufficiente, di diametro inferiore a un centimetro, troppo esiguo dunque per cadervi dentro. Diminuendo adeguatamente la velocità di lancio riusciremo infine a far cadere la pallina nella buca. Per la pallina, in questo caso, le cose staranno come se la buca si fosse allargata ed avesse assunto una sezione di sufficiente diametro. Lanci ancora meno forti ci consentiranno di trar partito anche della svasatura e di infilare la pallina nella buca persino con una mira meno esatta. Per la pallina sarà proprio come se la sezione della buca fosse passata da uno a due, tre, quattro... centimetri di diametro. Lanci di forza ancor più ridotta consentiranno infine di usufruire di tutta la slabbratura e la pallina rotolerà infallibilmente nella buca purchè riesca a varcare il limite della slabbratura. In questo caso, per la pallina, sarà proprio come se la sezione della buca avesse raggiunto la massima superficie possibile, quella dal diametro, segnato in figura, di 7 centimetri. Orbene qualcosa di analogo (astruendo dal particolare fenomeno della risonanza) accade con i neutroni incidenti. Questi entrano nei nuclei e li fissionano con più o meno facilità secondo la velocità con cui si avvicinano ad essi. Questa particolarità si esprime in modo identico a quello adottato nel nostro esempio e si dice pertanto che i nuclei fissionandi (come, nell'esempio

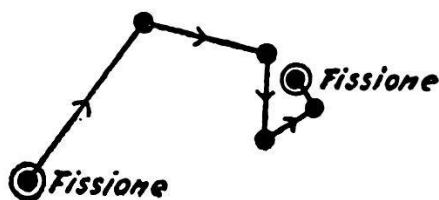
fatto, la buca) presentano una sezione d'urto che varia secondo la velocità del neutrone incidente (rappresentato nell'esempio fatto dalla pallina). Anche il senso della variazione della sezione è identico: la legge che descrive il variare delle sezioni d'urto dice infatti che le sezioni d'urto per fissione (astraiamo dal particolare della cattura senza fissione) sono inversamente proporzionali alla radice quadrata della velocità del neutrone incidente. Per le grandi velocità le sezioni d'urto risultano costanti e assai piccole. Ecco una tabella illustrativa con le differenti sezioni d'urto in barn ($= 10^{-24}\text{cm}^2$)

	Uranio 1)		Plutonio 1)
	$^{233}_{92}\text{U}$	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{239}_{94}\text{Pu}$
Sezione d'urto per neutrone lento (in barn)	524	590	729
Sezione d'urto per neutrone veloce (in barn)	1,59	1,28	2,04

1) Sotto ai nomi degli elementi son dati i simboli preceduti da A e Z

XI. Moderazione dei neutroni

Così stando le cose è logico che occorrerà fare in modo che i neutroni abbiano velocità tali che le sezioni d'urto risultino massime. Nei reattori nucleari si dispongono all'uopo entro il core (e cioè entro la massa fissile) i moderatori, così detti in quanto sono materiali che non assorbono affatto i neutroni ma li rallentano adeguatamente (grafite, acqua pesante ecc.). Nelle bombe nucleari, che devono rimanere compatte e quanto possibile di semplice struttura, si specula sul fatto che il neutrone da fissione, rimbalzando sui nuclei, verrà, di



*Esempio del percorso
di un neutrone da fissione*

urto in urto, a perdere velocità fino a ridursi, dopo un tragitto a zig zag, alla velocità giusta che gli consenta infine di entrare in un nucleo per fissionarlo. Un esempio è dato qui a lato: è tracciato un tragitto, da fissione a fissione, con dei rimbalzi elastici contro nuclei non fissionati. Va da sé

che i tragitti effettivi sono di infinita varietà. E' possibile tuttavia calcolare il tragitto medio dei neutroni.

XII. Purezza del materiale

Il neutrone deve dunque percorrere, da nucleo fissionato a nucleo fissionando, un tragitto discreto entro la massa. Ne consegue che se si vuole mantenere viva la reazione a catena occorre che, durante detto tragitto, il neutrone non abbia ad incontrare nessuna impurità, nessun nuclide estraneo — ad esempio un nuclide medio, avido, come tutti i nuclei di Z medio, di neutroni e capace di digerirli senza alcun danno. La presenza di impurità nella massa di U_{235} significherebbe lo spegnimento della reazione, troppi neutroni da fissione essendo tolti dal circuito per assorbimento. (Questo fenomeno dell'assorbimento è del resto il fenomeno base che consente di passare dalla reazione a catena rapidissima, esplosiva, alla reazione frenata e lenta, in altre parole dalla bomba a fissione al reattore a fissione. Qui non trattiamo i reattori, limitiamoci come sopra, per i moderatori, ad accennare che per frenare la reazione a catena s'usano nei reattori dei potentissimi assorbenti di neutroni — ad esempio delle barre di cadmio — che s'introducono più o meno nel core, in modo da lasciare sì sussistere la reazione a catena ma solo con un indice di moltiplicazione appena appena superiore all'unità, così da evitare che la reazione si scateni in forma esplosiva.)

XIII. La massa critica

Il fatto che i neutroni da fissione debbano percorrere entro la massa fissile un tragitto discreto comporta un'altra conseguenza importantissima: quella cioè che, per ottenere la reazione a catena esplosiva, bisogna disporre di una massa sufficiente. Infatti se la massa di U_{235} che si vuol fissionare fosse esigua, accadrebbe che troppi neutroni da fissione uscirebbero dalla massa prima di aver indotto le fissioni successive. Anche qui, come nel caso delle impurità, troppo pochi neutroni resterebbero in circuito perchè la reazione a catena possa mantenersi. La massa minima necessaria perchè la reazione a catena possa mantenersi è detta massa critica. Di essa parleremo abbondantemente nel descrivere l'evoluzione delle armi nucleari. Dal fatto dell'esistenza della massa critica consegue che la reazione a

catena è un fenomeno nato potentissimo: esso non può essere dosato al di sotto di una potenza minima; o la massa critica è raggiunta, ed allora si ha per forza un'esplosione immane, o la massa critica non è raggiunta ed allora non si ha nulla, dato che la reazione a catena non può nemmeno nascere. A scopo militare la fissione può dunque essere applicata solo per realizzare armi potentissime, armi strategiche. Ciononostante si è riusciti a diminuire la massa critica e a costruire dei mezzi nucleari tattici. I principi scientifici che stanno alla base di questa evoluzione saranno trattati più tardi: abbiamo ormai spiegato tutti i concetti necessari per poterli rendere chiari. Prima però di abordare il tema dell'evoluzione dei mezzi nucleari da strategici a tattici vogliamo parlare brevemente della bomba a fissione e poi, nel prossimo articolo, della fusione nucleare e della bomba H.

XIV. La bomba A

La bomba A — o bomba a fissione classica o bomba nucleare — è formata da una massa purissima in quantità supercritica di U235 (od altro materiale fissile, ad es. Plutonio), divisa in due parti ben separate, ciascuna delle quali è subcritica. Le due parti sono disposte in modo tale, nella bomba, che l'una possa essere sparata da una carica di esplosivo comune contro l'altra, così da realizzare, nel momento prescelto per l'esplosione, un'unione totale pressochè istantanea. E' pure disposta nella bomba una potente sorgente di neutroni che entra in funzione all'atto dell'unione delle due parti subcritiche. Attorno sono montati degli elementi di riflettente, e cioè di materiale che non assorbe i neutroni ma li riflette verso l'interno della massa fissile. Si sceglie di preferenza un riflettente che abbia anche la parafunzione di moderatore, ciò aumenta di molto l'efficacia. Grazie al riflettente i neutroni che volessero uscire dalla massa d'Uranio sono rimandati verso l'interno e mantenuti in circuito. Il tutto poi è contenuto in un involucro metallico molto pesante, la cui resistenza per inerzia serve a far sì che l'esplosione sia completa, evitando una disgregazione troppo rapida già alle prime fissioni e dando il tempo alla reazione a catena di investire tutta la massa. Da questa sua

funzione di tamponare, agli inizi, la reazione, l'involucro è detto appunto «il tampone».

Ecco ora come esplode la bomba.

Giunto il momento scelto per la deflagrazione, la carica di esplosivo, accesa elettricamente, spara una delle due parti subcritiche contro l'altra; si ottiene così un'unione completa delle due parti e vien pertanto superata di colpo la massa critica; nello stesso istante la sorgente neutronica irrorata di neutroni il blocco di Uranio, donde, grazie al riflettente, non può sfuggire nessun neutrone; iniziano allora le fissioni e la reazione a catena s'innescia; il blocco in fissione non può tuttavia disgregarsi subito giacchè il tampone, con la sua inerzia, lo mantiene ancora assieme: solo per una frazione di tempuscolo, certo, ma pure quanto basta perchè la reazione a catena abbia il tempo di investire tutta la massa e la bomba esplode con la massima potenza. Allora il tampone cede volatilizzato e si ha l'immane esplosione.

(segue)
