

Zeitschrift: Rivista Militare Ticinese

Herausgeber: Amministrazione RMSI

Band: 15 (1943)

Heft: 4

Artikel: Teorica degli esplosivi

Autor: Merlini, Mario

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-242586>

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>

RIVISTA MILITARE TICINESE

(Esce ogni due mesi)

Direzione e Redazione: Col. A. BOLZANI

Collaboratori: Col. MARCO ANTONINI, Ten. Col. ALDO CAMPONOVO, Magg. SMG. WALDO RIVA, Magg. EMILIO LUCCHINI, Magg. DEMETRIO BALESTRA, Magg. PIERO BALESTRA, Cap. BRENNO GALLI, Cap. FRITZ GANSER, I. Ten. GILBERTO BULLA, I. Ten. VIRGILIO MARTINELLI, ITen. RODOLFO SCHMIDHAUSER, ITen. RENZO GILARDONI.

Amministrazione: Cap. GUIDO BUSTELLI — I^o Ten. TULLIO BERNASCONI

ABBONAMENTI: Per un anno: nella Svizzera Fr. 3.50 / Conto Chèque postale XIa 53 - Lugano

Teorica degli esplosivi

Gli esplosivi hanno oggi assunto un'importanza tale nel campo militare, non solo quale coefficiente balistico necessario alla propulsione dei proiettili nelle armi da fuoco, ma anche come mezzo di distruzione, per il soldato in genere e per il geniere-granatiere in particolare, che mi sembra opportuno portare a conoscenza dei camerati qualche nozione fondamentale sulle caratteristiche che intervengono a determinare il carattere più o meno esplosivo di una data sostanza e chiarire quale sia il meccanismo di istantanea trasformazione della materia stessa.

La conoscenza degli esplosivi, che sono per definizione miscele di sostanze o composti chimici di formula determinata, capaci di trasformarsi generando una grande quantità di gas ad alta temperatura, risale al XIV secolo: il primato di avere adoperato la polvere nera è contestato dai portoghesi alla Germania, mentre sta come certo che i cannoni inglesi furono la causa del successo alla battaglia di Crécy nel 1346.

Per quanto questa innovazione nell'arte della guerra sollevasse l'indignazione dei soldati del tempo, abituati a dar prova di valore nel corpo a corpo e nel duello, tanto che Montaigne si augurasse una prossima scomparsa della artiglieria e che Blaise de Montluc nei suoi commentari così si esprimesse:

„Sans cette invention maudite, tant de braves et vaillants hommes ne seraient pas morts, le plus souvent de la main de „poltrons qui n'oseraient regarder au visage celui que de loin „ils renversent par terre de leurs balles”, ciò nonostante la pirotecnica, coadiuvata dalle scienze esatte, ha fatto progressi enormi ed è arrivata oggi ad un livello tale che sembra il più alto raggiungibile per gli esplosivi, costituiti da sostanze conosciute, facilmente fabbricabili ed aventi un grado di sicurezza compatibile con l’impiego su grande scala. Chimica, chimica-fisica, fisica e matematiche hanno contribuito in modo meraviglioso a questi progressi creando innanzitutto sostanze nuove ed industrializzandone la produzione, migliorando lo studio delle varie reazioni e l’interpretazione degli effetti, stabilendo infine le leggi che reggono i fenomeni di decomposizione, deflagrazione e di esplosione.

Termodinamica e termochimica sono alle basi dello studio della teorica e della pratica degli esplosivi e sarebbe utile richiamarne i principi fondamentali per chi volesse possedere a fondo il problema delle materie esplodenti: non è possibile ciò in una breve pubblicazione ed esula, per ragioni ovvie, dal nostro desiderio per cui rimandiamo i lettori desiderosi di migliorare le loro conoscenze ad un testo di fisica superiore.

Per avere un quadro completo del complesso dei fenomeni pirotecnicci non basta considerare l’equilibrio chimico della reazione prima e dopo l’esplosione, ma bisogna anche, ed in ispecial modo, conoscere le condizioni che determinano la evoluzione di questo equilibrio, non solo la statica quindi ma anche la dinamica della reazione.

Due sono le leggi della meccanica chimica sulle quali si impernia lo studio teorico che abbiamo intrappreso: la legge delle reazioni isotermiche che si esprime nel modo seguente: „la velocità della reazione in un sistema mantenuto a temperatura e a pressione costante, diminuisce quando aumenta la massa dei composti generati dalla reazione”,

e l’altra che dice, secondo Van t’Hoff che „per una reazione tutte le condizioni essendo equivalenti (ed in particolare la composizione momentanea del sistema), se si considera una modificazione che venga prodotta da un aumento di temperatura, la velocità di trasformazione cresce con l’aumentare di quest’ultima”.

I due enunciati sono intuitivi e la veridicità di questi asserti appare anche al profano; meno patente, invece, è il nesso che esiste tra le leggi stesse e lo studio delle costanti caratteristiche che servono a determinare un sistema in falso equilibrio instabile quale è dato dalle sostanze esplosive, tuttavia nesso c’è e possiamo affermare che da esse leggi si possono

appunto ricavare i concetti di **temperatura critica** e di **punto di accensione**.

Oltre a ciò, basandosi sui due precedenti enunciati, ci si rende conto soprattutto del fatto che alcune decomposizioni lente possono accelerarsi e diventare pericolose se si è in presenza di una massa considerevole, mentre resterebbero moderate se lo stato di aggregazione o di suddivisione della materia fosse tale da permettere una facile dispersione del calore prodotto dalla reazione stessa.

Le materie esplosive devono essere considerate dal lato chimico-fisico quali sistemi in **falso equilibrio instabile** e basta quindi una leggera modifica per farle uscire da questo stato.

Il primo studio interessante è quindi quello della ricerca del **lavoro minimo** che si deve fornire al sistema per provocare la reazione violenta. Dal punto di vista pratico questo lavoro eccitante definisce la **sensibilità** dell'esplosivo, dal punto di vista puramente teorico definisce la **stabilità relativa** del sistema. Questo lavoro può essere fornito al sistema sotto due forme:

1. forma calorica (fiamma),
2. forma meccanica (urto o sfregamento).

Facilmente si concepisce che il lavoro minimo che si deve fornire alla sostanza esplosiva per determinarne la decomposizione sia, se fornito sotto forma di aumento di temperatura, l'equivalente calorico dell'urto o dello sfregamento, ma è difficile calcolare la quantità di materia sulla quale si deve supporre localizzata questa quantità di calore per poterne determinare la temperatura corrispondente. Non solo, ma l'equivalenza dell'urto e del calore non è completa perchè nella maggior parte dei casi l'uno o l'altro mezzo possono provocare due modi di decomposizione ben diversi: l'esplosione (o detonazione) e la combustione.

Nelle precedenti considerazioni si è ammesso che per tutto il sistema le influenze esterne ed interne (temperatura, pressione, ecc.) fossero uniformi per tutti gli elementi del sistema, che cioè la reazione fosse simultanea in tutte le sue parti: in pratica ciò non avviene, la reazione deve propagarsi ed il fenomeno dinamico presenta una nuova caratteristica, la **velocità di propagazione della reazione**.

Quando il lavoro è fornito alla massa considerata sotto forma di energia calorica, il che si traduce nella materia con un semplice aumento di temperatura, il propagarsi della reazione dipende dal riscaldamento progressivo della sostanza e si osserva una accensione della stessa anche se non c'è diretto contatto con la fiamma: l'evoluzione dell'equilibrio è una **combustione progressiva**.

Possono ora presentarsi tre casi:

1. La sostanza della quale noi abbiamo favorito la decomposizione, iniziandola mediante riscaldamento diretto od indiretto, disperde il calore, irraggiandolo e per conduttilità, più rapidamente di quello che non lo generi: la sostanza si raffredda fino al suo punto di accensione, al di sotto del quale non è più possibile il decomporsi nelle condizioni normali di pressione, e si spegne.
2. Nella sostanza si stabilisce un equilibrio tra la quantità di calore disperso e la quantità di calore generato, la velocità di combustione diventa allora costante per le determinate condizioni in cui si opera.
3. La reazione dà origine ad una maggiore quantità di calore di quella che irraggiamento, interposizione di corpi inerti, conduttilità possano disperdere: la temperatura aumenta ed il riscaldamento essendo preponderante la velocità di combustione si accelera. Questa combustione molto viva presentando particolarità ben determinate è designata con il nome di **deflagrazione**.

Il calore è in generale il fattore più importante capace di diminuire, stabilizzare od accelerare una combustione; altri fattori però, esterni od interni, quali la pressione e le affinità chimiche, possono avere i medesimi effetti sulle reazioni di decomposizione.

Sfregamento ed urto hanno molte volte il potere di determinare nelle sostanze un modo di decomposizione ben diverso da quello che non sappia farlo l'energia calorica: **la detonazione od esplosione**.

L'origine della reazione sembra essere, in questo caso, la compressione collegata ad un aumento di temperatura che risulta dalla localizzazione dell'urto; seguendo la legge generale, l'aumento iniziale di pressione eleva la velocità della reazione e determina la produzione molto brusca dei gas ad alta temperatura. Se l'urto è stato abbastanza intenso la compressione dei fluidi che si origina può essere capace, con certi esplosivi, di agire quale urto iniziale per la materia circostante e la reazione si propaga per effetto di queste compressioni rapidissime.

Queste compressioni che si spostano rigenerandosi costituiscono un'onda continua che Berthelot chiama **onda esplosiva**.

La propagazione dell'onda esplosiva è stata considerata equivalente a quella che si ha per un'onda sonora nel medesimo mezzo; siccome però la velocità di propagazione di una onda è molto piccola in un mezzo elastico e non può superare la velocità del suono mentre l'esperienza permette di misurare

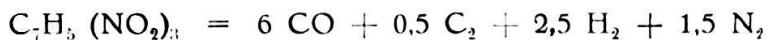
velocità ben superiori a quella delle onde sonore nel mezzo iniziale, si è stati condotti a considerare il valore che essa velocità avrebbe nei gas prodotti dopo la reazione quale velocità teorica di propagazione.

L'onda esplosiva nasce soltanto per determinate condizioni e non in tutti gli esplosivi; è legata ad un urto iniziale, variabile secondo la sensibilità della sostanza, e ad una grande capacità di reazione.

La polvere nera non dà, ad esempio, anche se sottoposta ad un urto violentissimo, detonazione. Il fulminato di mercurio, molto più sensibile, esplode invece se riscaldato leggermente od anche se un leggero urto lo sollecita.

Altri composti più instabili detonano per sfregamento.

È molto interessante notare che i gas prodotti durante la degradazione dell'esplosivo sono diversi a seconda che si produca combustione, deflagrazione o detonazione. Così, ad esempio, l'equazione che rappresenta la deflagrazione del trinitrotoluene (trotyl) è:



mentre la medesima sostanza riscaldata in tubo chiuso a 230° si decomponne in azoto ed anidride carbonica lasciando un residuo nero ed oleoso. A 260° il residuo è soltanto carbonio, i gas si formano in quantità superiore e si ottiene il 50% circa di ossido di carbonio.

Riassumendo possiamo dire che le decomposizioni esplosive si manifestano essenzialmente sotto due forme: combustione e detonazione, e può avvenire, per speciali contingenze, che una forma degeneri nell'altra.

Di particolare rilievo è, per gli esplosivi detonanti, il fenomeno che va sotto il nome di **esplosione per influenza o di esplosione simpatica**. Questa proprietà che si manifesta con il potere di determinare la detonazione di un esplosivo posto ad una certa distanza, deve essere collegato con la presenza di un'**onda d'urto**. Sulla natura di quest'onda non ci si può attardare, notiamo però che il suo studio fa risaltare in modo eccellente l'azione brusca che essa ha sul mezzo attraverso il quale si propaga. L'esistenza di questa onda è stata provata sperimentalmente e si è notato che la sua velocità è di molto superiore a quella del suono nell'aria, e che, contrariamente a ciò che avviene per le onde sonore, non è costante, decresce invece in modo rapido con la distanza ed i cambiamenti di direzione ne frenano l'impeto.

La misura esatta dell'**effetto utile**, del **rendimento pratico in lavoro** dell'esplosivo e del suo **potere dirompente**, non si può fare in ultima analisi che sperimentandoli direttamente nelle esatte condizioni d'impiego.

Il lavoro dipende da fattori molto diversi ma essenzialmente dalla pressione prodotta dai gas e dalla velocità di sviluppo della pressione stessa. Il primo fattore dipende dalla forza e dal potenziale dell'esplosivo, il secondo dalla velocità di combustione o detonazione. La pressione massima dei gas è funzione inoltre della temperatura. Un esplosivo non può essere di conseguenza caratterizzato da un semplice coefficiente dal punto di vista rendimento perchè le influenze variabili dei fattori a cui abbiamo rapidamente accennato si modificano in modo reciproco.

Lontani dalla pretesa di avere offerto un quadro completo della teorica degli esplosivi, ma consci di averne soltanto abbozzato i problemi, chiudiamo questo studio con un elenco di opere che i più volonterosi potranno consultare con profitto e ripromettendoci di tornare su problemi analoghi, o di svolgere in modo più ampio i capitoli del presente studio, se avremo sentore che esso ha saputo svegliare qualche interesse.

Ten. Merlini Mario, Bat. 95

Bibliografia:

- GIUIA: Chimica delle sostanze esplosive. Milano, 1919.
GIUIA: Lezioni di esplosivi. Torino, 1932.
PEPIN: Traité des poudres et explosifs. Paris, 1935.
VENNIN et CHESNEAU: Les poudres et explosifs. Paris, 1914.
SARRAU: Introduction à la théorie des explosifs. Paris, 1893.
PATRY: Combustion et détonation des substances explosives. Paris, 1933.
KAST: Spreng und Zundstoffe. 1919.
MACHE: Die Physik des Verbrennungserscheinungen. 1918.
MARSHALL: Explosives. Philadelphie, 1933.
WEAVER: Notes on military explosives. 1912.
MAJENDIE and THOMSON: Guide book to the Explosives. Act, 1906.
URENA: Estudio teorico de los explosivos. 1909.
CARNEIRO: Materias explosivas e artificios chimicos de guerra. Rio de Janeiro, 1921.