Zeitschrift: Rivista militare della Svizzera italiana
Herausgeber: Lugano : Amministrazione RMSI
Band: 32 (1960)
Heft: 3

Artikel: Scienza e militare : i concetti fondamentali della missilistica e dell'astronautica
Autor: F.G.B.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-245211

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: 15.07.2025

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

SCIENZA E MILITARE

I concetti fondamentali della missilistica e dell'astronautica *)

I. La legge fondamentale della missilistica.

La missilistica ha raggiunto ormai, anche negli SUA, un sicuro grado operativo; quanto all'astronautica, essa sta per varcare il limite tra la ricerca teorico-sperimentale e la realizzazione pratica, cosicchè d'ora in poi se ne parlerà sempre di più, soprattutto dal punto di vista militare. Nell'intento di preparare i lettori a ben comprendere i problemi missilistici e astronautici (vedasi anche l'introduzione programmatica pubblicata nell'ultimo fascicolo), una serie di articoli ne esporrà i concetti fondamentali, cercando di renderli tanto chiari che il lettore possa poi usarli in modo sicuro.

Questo primo articolo spiega la legge fondamentale del moto dei missili e le nozioni di **velocità di fine combustione; velocità d'efflusso; rapporto di massa; pluralità degli stadi.**

Un secondo tratterà delle traiettorie e delle orbite; un terzo dei sistemi di propulsione; un quarto dei sistemi di guida; poi dei viaggi interplanetari ecc.... in modo da dare un quadro completo, discusso in profondità, di tutti i problemi principali della missilistica e dell'astronautica.

* * *

La grandezza tipica del missile è la **velocità di fine combustione :** tutto il moto del missile può infatti essere dedotto da essa (supposto che la guida sia corretta). Ma come raggiunge il missile questa velocità

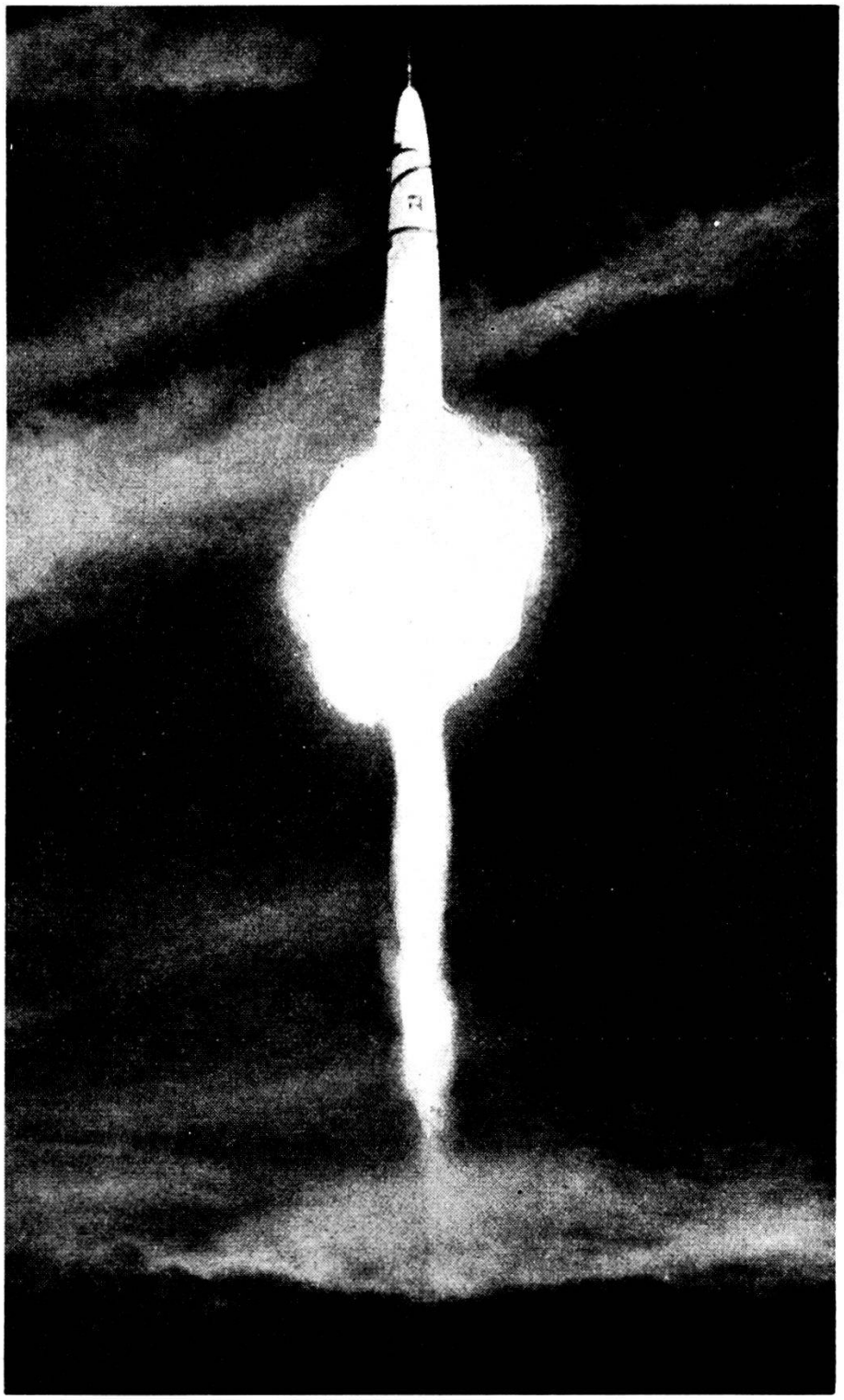
*) Fascicolo prec. pag. 73

e quali sono i fattori che la determinano? Giova rispondere esaurientemente a queste domande, perchè sono fondamentali.

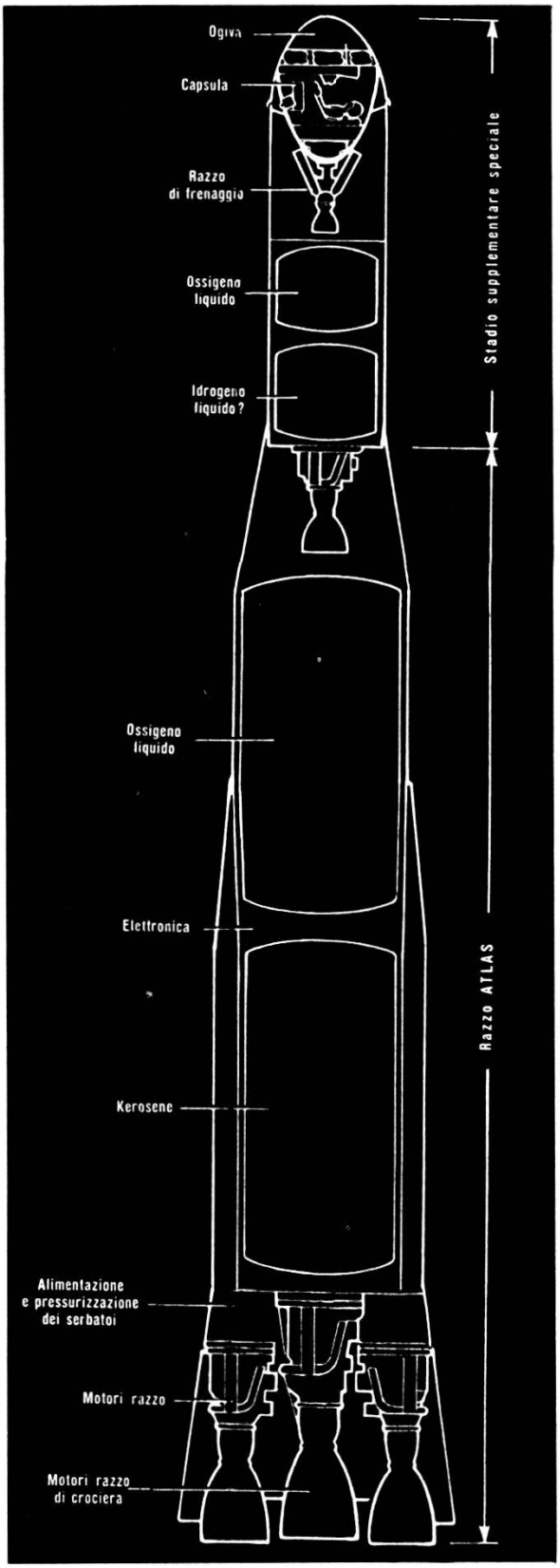
Prima di tutto distinguiamo le parti essenziali del missile, che sono: a) **la struttura** (la quale comprende la cellula, i motori, gli apparati di guida, il carico utile); b) **il propellente** (che è quella materia che il missile porta a bordo e che, accelerata ed espulsa violentemente, lo fa avanzare per reazione); c) **la fonte energetica** (che è appunto la sorgente di energia che consente l'accelerazione del propellente e la sua espulsione ad alta velocità di efflusso).

Notiamo però, preliminarmente, affinchè il lettore non abbia a fuorviarsi, che nei missili attuali l'elemento b) e l'elemento c) si confondono. Infatti i missili attuali portano a bordo propellenti (un combustibile e un comburente — es. cherosene e ossigeno liquido) i quali **contengono in se stessi la fonte energetica** sotto forma di energia chimica. Quando combustibile e comburente si combinano, nella camera di combustione del motore, vien liberata un'energia enorme, la quale, dalla forma dell'ugello del motore, convergente-divergente, è trasformata in un getto esattamente orientato. Per questo si dovrebbe parlare, per i missili attuali, non di propellenti ma, più esattamente di propergoli (cioè propellenti energetici). I razzi nucleari presenteranno invece l'elemento b) e l'elemento c) ben disgiunti : **propellente** sarà infatti, per esempio, l'idrogeno liquido, non destinato a reazioni chimiche, ma unicamente ad essere accelerato ed espulso — **fonte energetica** sarà la reazione nucleare nel reattore, che darà l'energia necessaria ad accelerare ed espellere il propellente. Qui il motore sarà un vero motore, fornitore di energia (e non soltanto un orientatore delle velocità termiche) ed il propellente un mero propellente passivo (e non un propergolo). Analogamente presenteranno ben disgiunti quegli elementi, gli altri razzi allo studio (es. quelli a ioni).

Chiusa questa necessaria parentesi, torniamo, per attenercene rigorosamente, alla suddivisione dei tre elementi: **struttura; propellente; fonte energetica.** Possiamo ora inoltrarci nella spiegazione, ma, per procedere più agevolmente, lasciamo i missili e ricorriamo ad un esempio semplice: immaginiamo un lungo tratto piano e diritto di linea ferroviaria e, su di esso, un vagoncino, fatto unicamente di una piattaforma leggera e delle necessarie ruote, oliatissime tanto



Partenza di un missile di gittata media
E' ben visibile la violenza del getto, indice dell'altissima *velocità di efflusso*.



Schema di un ATLAS modificato per la messa in orbita di una capsula abitata. E' reso evidente qui il principio della *pluralità degli stadi* e quello del *rapporto di massa.*

da non presentare attrito; questo vagoncino sia carico di ginnasti, tutti ottimi atleti nel salto in lungo, i quali si apprestano a saltare, uno dopo l'altro, dal vagoncino a terra, spiccando energici salti da una pedana posta sul bordo posteriore della piattaforma.

Prima di animare la scena, stabiliamo i necessari parallelismi : il vagoncino rappresenta l'elemento **struttura**; l'assieme dei ginnasti, **il propellente**; la loro forza muscolare, **la fonte energetica** che consentirà loro di imprimersi grandi velocità di lancio (**velocità di efflusso**).

Il vagoncino è fermo; però, non appena il primo ginnasta salta, il veicolo si muove in senso opposto **per reazione.** E' intuitivo che il moto per reazione del vagoncino è **direttamente proporzionale al peso del ginnasta e all'energia del suo salto** (alla velocità di lancio che il ginnasta si è impresso), **ed è inversamente proporzionale al peso del vagoncino e dei ginnasti che rimangono su di esso.** Dopo il primo ginnasta, saltano, via via, gli altri; il vagoncino accelera, ad ogni salto, il proprio moto ed anzi, siccome il suo peso decresce per lo scarico progressivo, lo accelera doppiamente. E' chiaro che la velocità del vagoncino alla fine dei salti (quando il vagoncino s'è vuotato dei ginnasti) è direttamente proporzionale al peso di tutti i ginnasti che portava ed alle velocità di salto realizzate da quelli. Possiamo perciò travasare in termini missilistici il nostro esempio e dire, in prima approssimazione, che la **velocità di fine combustione del missile** (del missile svuotatosi dei propellenti) **è uguale alla massa del propellente eiettato per la velocità di efflusso.**

Precisiamo, a mo' di parentesi, che la velocità di fine combustione del missile può superare la velocità di efflusso. Torniamo al nostro esempio : è chiaro che il primo ginnasta andrà, visto da terra, in direzione nettamente opposta a quella assunta dal veicolo. Ma quando questo avrà raggiunto la velocità dei salti, sembrerà, guardando da terra, che i ginnasti cadano verticalmente dal vagoncino senza aver più alcun moto proprio, essi tuttavia avranno spiccato i salti, e dato spinte per reazione, con energia immutata. Così il vagoncino può superare la velocità dei salti; allora lo spettatore vedrà il ginnasta, pur spiccatosi energicamente dalla pedana, seguire, cadendo, la stessa direzione del veicolo. **Analogamente, il missile è spinto quando il propellente va nel senso opposto, è spinto (e al**

massimo del rendimento) quando il propellente è abbandonato immobile ed è spinto anche quando il propellente sembra tuttavia rincorrerlo. Chiusa questa parentesi, cerchiamo d'approssimarci meglio alla legge del moto del missile.

Torniamo al vagoncino: abbiamo detto che il suo moto finale è direttamente proporzionale al peso dei ginnasti. Orbene questo può essere espresso anche dal rapporto di peso tra il vagoncino carico e il vagoncino vuoto: se supponiamo 4 il peso dei ginnasti e 4 il peso del vagoncino vuoto, avremo il rapporto pieno/vuoto uguale a $^{8}/_{4}$ cioè 2. E' questo il celebre **rapporto di massa,** definito in missilistica come il **rapporto tra la massa iniziale del missile e la sua massa finale** (nelle V2 circa 3, ora circa 10). Da quanto abbiamo detto sopra, è agevole inferire che la legge del moto del vagoncino può essere formulata anche usando il concetto di rapporto di massa, cosicchè si può dire che la velocità finale del vagoncino è direttamente proporzionale al rapporto di massa e alla velocità dei salti. **In termini missilistici, e nella formulazione finalmente rigorosa, diremo che la velocità di fine combustione è uguale al prodotto della velocità d'efflusso per il logaritmo naturale** [1]) **del rapporto di massa.** Per esempio un missile di rapporto di massa 10, con velocità d'efflusso di 2500 metri al secondo raggiungerà una velocità di fine combustione di 2500 $\times$ log. 10 = 5750 metri al secondo.

Dobbiamo però fare ancora un passo avanti. Supponiamo che il nostro vagoncino porti all'inizio 40 ginnasti; naturalmente la sua massa a vuoto sarà pur sempre ingente: sarà quella cioè di un veicolo la cui struttura è prevista per 40 persone. Ciò implica che gli ultimi ginnasti che salteranno, pur dovendo accelerare una massa ridotta per la diminuzione del carico, avranno però da spingere una massa ancora notevole. L'ideale sarebbe naturalmente che, via via che i ginnasti si lanciano, anche la struttura del vagoncino si riduca. Ciò è possibile facendo il veicolo smontabile, per esempio, in quattro parti — **è questo il principio degli stadi multipli.** Nell'esempio del vagoncino multiplo, le cose si svolgeranno così: quando il primo gruppo di 10 ginnasti ha lasciato la piattaforma, il primo elemento (stadio)

---

[1] Che è quello decimale, recato nelle tavole, moltiplicato per 2,3.

del vagoncino si stacca ed è abbandonato sulle rotaie; così il secondo gruppo di 10 ginnasti deve accelerare un vagoncino divenuto più leggero sia per lo scarico, sia per l'abbandono di $^1/_4$ del peso di struttura. Quando anche la seconda diecina di ginnasti s'è lanciata dal vagoncino, si stacca e si abbandona anche il secondo elemento, favorendo così il terzo gruppo, e così via, in modo che gli ultimi dieci ginnasti avranno da accelerare una massa ridotta non solo per lo scarico, ma anche per l'abbandono dei $^3/_4$ della struttura, conseguendo perciò risultati maggiori ed imprimendo all'ultimo stadio del vagoncino una velocità ben superiore a quella che esso avrebbe avuto se fosse rimasto intero. Il calcolo conferma il vantaggio del principio della pluralità degli stadi. Possiamo dunque concludere sul moto del missile avvertendo che in un missile di diversi stadi, quello **finale avrà una velocità di fine combustione che sarà uguale alla somma delle velocità finali (date dalla legge succitata) dei singoli stadi.**

Questi concetti e queste leggi spiegano le velocità sviluppate dai missili attuali e le realizzazioni astronautiche dei nostri giorni. Nel prossimo articolo vedremo quali traiettorie e quali orbite possono essere percorse dai missili.

Vogliamo però, chiudendo, avvertire che quanto esposto sopra non ha solo importanza teorica, bensì pratica per la formulazione di giudizi corretti. Prendiamo ad esempio la questione dibattutissima ai nostri giorni del duello missilistico russo-americano. I giornali, in genere, riferiscono gli esperimenti russi, poi, quando gli americani fanno puntualmente l'esperimento analogo, lo riferiscono pure dando dei commenti che suonano, press'a poco: «Ora siamo di nuovo pari». Donde infinite discussioni sulla preminenza dell'una nazione sull'altra ecc.... Conoscendo la legge fondamentale della missilistica, il giudizio invece si presenta ben più chiaro e ben più sicuro.

Se, per esempio, gli Americani mettono in orbita un satellite artificiale di un 10 chili, si può dedurre la potenza del missile usato. La **velocità di fine combustione** è data infatti dalle caratteristiche dell'orbita (ad ogni orbita è legata una velocità definita); **le velocità di efflusso** realizzabili sono note (attorno ai 3000 m/s); la massa finale è data (quella del satellite, aumentata di quella dell'ultimo stadio

messo pure in orbita) ed in genere anche il **numero degli stadi.** Abbiamo così tutti i dati per stabilire il **rapporto di massa** e la massa iniziale e quindi conoscere esattamente il missile usato e la sua potenza (procedimento del resto superfluo quanto agli Americani che pubblicano apertamente tutti i dati).

Orbene, se i Russi mettono in un'orbita analoga un satellite artificiale, sarà possibile e, in questo caso, anche necessario di fare (con qualche incertezza sul numero degli stadi e le velocità di efflusso) un calcolo analogo; ma vediamo subito, dalla traccia del calcolo data sopra, **che il peso del satellite messo in orbita diviene elemento determinante.** Fondandoci quindi sulle notevoli superiorità di peso dei satelliti russi possiamo sicuramente inferire una superiorità proporzionale delle masse iniziali, e quindi delle potenze dei loro missili.

Il paragone tra i missili americani e russi, così esattamente impostato, rivela quindi un grave squilibrio di potenza a danno degli Americani. E' questo modo di procedere che ha consentito le previsioni poco rosee degli specialisti americani della missilistica e i loro incessanti appelli perchè il paese avesse a mettersi al lavoro, con centuplicato coraggio, per risalire la china.

Certo possiamo dire che la situazione va migliorando, almeno quanto **ai missili intercontinentali,** per i quali anche gli Americani hanno toccato ormai i valori sufficienti — vedasi il recente volo di 14 000 chilometri dell'Atlas; il vantaggio che possono tuttavia conservare i Russi sembra così, in questo campo, ormai quasi superfluo. Diversa è però la situazione in **astronautica** ed il peso del **Korabl-Sputnik** sta ad indicare che qui i Russi partono con grande vantaggio. Essi, quasi certamente, giungeranno primi sulla soglia della astronautica umana (astronavi con equipaggio). Resta comunque in dubbio che l'astronautica possa avere interesse militare e, difatti, molti specialisti americani lo negano recisamente. Sono posizioni però sempre pericolose, sol che si pensi ad esempio che Hertz stesso, interrogato sul valore pratico delle onde da lui scoperte, rispose che esse non ne avevano alcuno . . . previsione che noi, viventi ormai in un mare di onde elettromagnetiche usate a tutti gli scopi possibili ed immaginabili, e divenute non solo utili ma assolutamente indispensabili, possiamo ben vedere quanto fosse sicura!

F. G. B.