ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA NAZIONALE

DEI LINCEI

ANNO CCCXX

1923

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXII.

1° SEMESTRE.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1923

Si ha anche:

$$(25^{-ter}) \quad N_1^1 = 2A_1^1\left(\frac{\partial \mu_1^1}{\partial u} + 2A_1 p_1\right) - 2B_1^1\left(\frac{\partial \mu_1^1}{\partial v} + 2B_1^1 q_1\right) + \lambda_1^1 \mu_1^1$$
$$= N_2 + \frac{\omega^2}{N_1} - \frac{\omega}{N_1} N_{12},$$

Perciò in virtù di (25), (25^{-bis}) *il punto* x_{12} *definito da* (24) [confronta le analoghe 8, 10, 11, 12] *descrive la seconda falda focale* S_{12} *di una congruenza* W, *di cui* S_1 *è la prima falda. Altrettanto dicasi della relazione tra* S_{12} *ed* S_2.

Perciò le ∞^1 *superficie* S_{12} [dipendenti dalla costante arbitraria, da cui dipendono le ω, Ω in virtù di (23)] *si ottengono da* S *componendo le due trasformazioni* W *da noi studiate. Esse si ottengono con la quadratura necessaria a determinare* ω. *Per* $\omega = \infty$ *esse tendono alla superficie* S *di partenza.*

Sia la S_1, *che* S_2, *che ognuna delle superficie seconda falda delle congruenze* W *ottenute da* S *ponendo* $A = z_1 A_1 + z_2 A_2$, $B = z_1 A_1 + z_2 B_2$ ($z_i =$ cost.) *formano con ciascuna delle* S_{12} *le falde focali di una congruenza* W.

Otteniamo così quello che potremmo chiamare un sistema di Bianchi di congruenze W, (data la relazione tra tale sistema e i celebri *teoremi di permutabilità del Bianchi*).

Meccanica. — *Sulla possibilità della navigazione extra-atmosferica.* Nota del Corrispondente G. A. Crocco.

La navigazione nel vuoto o in aria molto rarefatta importa la possibilità di un propulsore che non abbia bisogno di appoggiarsi sul mezzo ambiente, quale il propulsore *a reazione*.

Questo tipo di propulsore consiste, come è noto, in un congegno capace di lanciare nello spazio continuamente una massa materiale ad alta velocità; onde si sviluppi in direzione opposta una spinta reattiva.

Se m è la massa consumata nell'unità di tempo, αm la frazione di essa proiettata con velocità v; βv la media proiezione geometrica di v in senso opposto alla forza reattiva F; e se la massa proiettata è tutta preventivamente contenuta nel mobile; avremo per un noto teorema di meccanica:

$$F = \alpha\beta\, m v;$$

cosicchè, se v è costante, anche F sarà costante e la massa residua del mobile potrà assumere velocità dello stesso ordine di v. Il motore a reazione, quindi, può condurre alla realizzazione di alte velocità di traslazione; e si presta in principio alla navigazione extra-atmosferica.

Cerchiamo a quali condizioni.

***

Per uscire dal campo della gravità occorre all'unità di massa un lavoro gR, ove con R indichiamo il raggio terrestre; oltre a quello necessario a comunicare alla massa stessa la velocità di traslazione V.

Se pertanto supponiamo di avere un mobile di massa M_0, spinto dall'azione di una forza F, costante lungo un percorso S, potremo scrivere in generale, trascurando la resistenza dell'aria:

$$FS = M_0 \left(gR + \frac{V^2}{2} \right).$$

Per applicare questa relazione al caso che ci interessa e determinare rapidamente l'ordine di grandezza delle quantità in gioco, noi faremo alcune approssimazioni semplificative.

Anzitutto, nell'ipotesi che la scorta di materia iniziale occorrente al propulsore a reazione sia una piccola frazione della massa totale, e che durante il percorso S se ne consumi solo una parte, trascureremo l'alleggerimento del mobile. In secondo luogo, supporremo che la velocità v di uscita della materia reattiva sia molto grande rispetto a quella di traslazione V.

Infine, poichè il percorso S è supposto molto grande di fronte al raggio terrestre e quindi il moto si può ritenere uniformamente accelerato nella sua quasi totalità, sostituiremo ad S il suo valore approssimato $\frac{VT}{2}$ ove T è la durata del cammino.

Avremo allora la relazione:

$$\alpha\beta m v \frac{VT}{2} = M_0 \left(gR + \frac{V^2}{2} \right).$$

Ponendo in questa relazione $\mu = \frac{mT}{M_0}$, dove mT rappresenta la materia consumata durante il tempo T, cioè durante il percorso S, ricaveremo la finale condizione approssimata:

$$V^2 = \alpha\beta\mu v \,.\, V + 2gR = 0\,; \tag{1}$$

che è risolubile in V ed assegna a v un *valor minimo*, ricavabile dalla relazione discriminante, al quale corrisponde un determinato valore di V.

***

Numericamente potremo porre in un apparecchio ideale $\alpha = \beta = 1$; ma circa il valore di μ dovremo pensare ad assicurare l'arrivo alla meta ed il ritorno; nonchè il mantenimento della traiettoria e le sue eventuali deviazioni. Cosicchè μ dovrà assumersi pari almeno alla quarta parte della

provvista iniziale, tenendo presente che il mobile si alleggerirà nel cammino. Fissando infine questa scorta iniziale eguale, essa stessa, ad un quarto della massa totale dell'apparecchio, cioè $\mu = 1:16$, avremo in cifre tonde:

$$v = 360.000 \text{ m/sec.}$$

$$V = 11.000 \text{ m/sec.};$$

che si possono considerare come valori minimi, almeno nel loro ordine di grandezza.

È facile riconoscere che nessuna delle energie già in possesso dell'uomo è capace di fornire l'elevato valore di v. Esso richiede infatti che dall'unità di massa della materia che, direttamente o indirettamente, provocherà tale risultato, possa *almeno* ricavarsi l'energia $\frac{1}{2} v^2$. Un chilogrammo in peso di questa materia dovrebbe perciò essere capace di fornire un minimo di 15.000.000 grandi calorie, mentre dalle reazioni chimiche più efficaci non si ricava neanco la millesima parte.

Questa cifra si attenua se si pensa soltanto alla navigazione in atmosfera molto rarefatta, con un ordinario aeroplano. In tal caso, supponendo di accrescere la velocità in ragione inversa del quadrato della densità atmosferica, e facendo qualche ipotesi semplificativa sul percorso, si ottengono velocità di traslazione dell'ordine di 5000 metri al secondo, con velocità della materia reattiva dell'ordine di 75000 metri al secondo.

Neanche questi valori sono raggiungibili coi combustibili attuali, il cui potere calorifico è 50 volte minore.

*
* *

La soluzione dell'affascinante problema può invece venir fornito dalla disponibilità di una energia dell'ordine di grandezza di quella sviluppata nei fenomeni della *radioattività*, ove si osservano proiezioni di particelle materiali a velocità molto maggiori di quella indicata come minima; e con spontanea produzione di corrispondente energia [1].

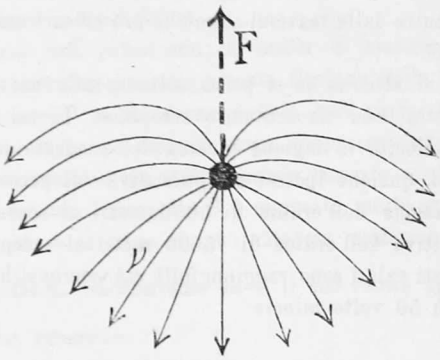
Se ed in qual modo possa venire conquistata e disciplinata questa ancor misteriosa forza della natura non è certo possibile oggi prevedere: ma, ammesso che ciò abbia luogo, possiamo intuire la possibilità di utilizzarla nel senso indicato, sia direttamente, sia indirettamente.

L'utilizzazione *diretta* presuppone che si abbia una emissione continua di particelle α, come nelle sostanze radioattive, a velocità dell'ordine di grandezza da 10 a 20 milioni di metri al secondo, ma senza notevole sviluppo

[1] Facendo depositare una pellicola di radio A sopra un cartoncino e disponendolo in modo che arresti le radiazioni verso l'alto, il cartoncino si alleggerirà, per reazione, di parecchie volte il peso della sostanza radioattiva depositata.

di calore nella massa della sostanza: che si possa ottenere, in altri termini, sotto l'azione delle intense forze elettriche esistenti nei nuclei atomici, produzione di sola energia *cinetica*.

In tal caso, se sarà possibile provocarla in *una sola direzione* come avviene di un getto fluido o nei tubi di Crookes, il problema avrà la soluzione più brillante: se invece si avrà da fare con proiezioni *in ogni senso*, occorrerà allora *deviare quelle di un emispazio*, in modo da ottenere una risultante notevole da quella parte. Se il fenomeno sarà della stessa natura elettrica di quello radioattivo, ciò potrà ottenersi con deviazioni elettromagnetiche che alterino il meno possibile la velocità v sulla traiettoria delle particelle; e riducano a una *minima frazione* la parte di energia che inevitabilmente sarà trasformata in calore.



Una parte di questo calore potrà allora venire utilizzato nella produzione dei campi magneto-elettrici necessarî; una parte verrà trasportato dalla materia sfuggente; ed infine la residua parte potrà venire irradiato nello spazio, con radiatori incandescenti, secondo la legge di Stefan.

L'utilizzazione *indiretta* presuppone invece che l'energia sviluppata sia in tutto od in parte calorifica: ed in questo caso essa non potrà utilizzarsi, in tutto od in parte, se non come energia motrice per generare, attraverso trasformazioni elettromagnetiche ed elettriche, la energia cinetica necessaria al propulsore su masse di materia inerte. Anche in questo caso una parte residua di calore dovrà venire dispersa secondo la legge di Stefan.

La pratica di queste affermazioni di principio non è certamente precisabile nè tanto meno agevole; ma è da prevedere che, supposto risoluto il problema essenziale di disporre della nuova sorgente di energia, tale pratica sia di natura secondaria.

***

Premesse le superiori considerazioni, vediamo quali ne sarebbero i risultati.

Assumeremo, come in alcuni fenomeni radioattivi, $v = 20$ milioni di metri al secondo: e porremo $\beta = 1/10$ (media tra quanto si osserva nell'uranio e nel torio). Così anche supporremo $\alpha = \frac{1}{2}$ come ipotesi media.

Dalla relazione (1) innanzi stabilita si ricava, allora in cifra tonda, $V = 60.000$ metri al secondo; il che corrisponde ad una velocità media di 30 chilometri al secondo.

Potremo pertanto enunciare la proposizione seguente:

Disponendo di propulsori a reazione ove la materia sia lanciata con la velocità osservata nei fenomeni radioattivi, è possibile la traslazione umana nello spazio interplanetario con una velocità media dell'ordine di grandezza di quella della Terra sulla sua orbita.

La traslazione suddetta può essere teoricamente compiuta per qualsiasi distanza, ed è soltanto limitata dalla entità delle provviste necessarie al nutrimento ed alla respirazione.

È da osservare che noi abbiamo supposto un movimento a forza propulsiva costante, e cioè quasi uniformemente accelerato lungo tutta una metà del viaggio; ma che è possibile, invece, mantenere una maggiore accelerazione per un tratto più breve, proseguendo poi *con moto uniforme*. Il limite della velocità media risulta allora *doppio* del valore precedente: e soltanto le restrizioni imposte dagli effetti di una eccessiva accelerazione sul corpo umano impediscono di raggiungerla sensibilmente. Ma la velocità media ottenibile deve nel fatto ritenersi tra una e due volte quella indicata.

***

La direzione di questa velocità può venir in ogni istante modificata orientando opportunamente la media direzione del getto reattivo, supposto ruotante attorno ad un punto fuori del centro di massa del mobile. Si provoca così una rotazione del mobile stesso attorno al suo centro di massa, il che trae seco una diversa orientazione nello spazio del vettore reattivo. Questa nuova orientazione, come del resto la primitiva, potrà essere mantenuta costante, finchè occorra, anche senza alcuna stabilizzazione giroscopica, agendo sulla direzione del getto come su di un sensibilissimo timone e traguardando la meta o un punto fisso. Dalla nuova orientazione nascerà la forza centripeta occorrente al mutamento di direzione del mobile.

Ciò richiede un consumo supplementare di materia attiva che è facile calcolare.

Se V è infatti la velocità del mobile, supposta per semplicità uniforme,

ω l'angolo di deviazione della traiettoria, ϱ il raggio di curvatura, dovrà provocarsi una forza centripeta reattiva tale che sia:

$$\alpha \beta m v = \frac{M_0 V^2}{\varrho}.$$

Introducendovi la relazione

$$V t = \omega \varrho$$

dove t è la durata della deviazione; e indicando con mt il consumo supplementare e con $\frac{mt}{M_0}$ quello relativo all'unità di massa del mobile, avremo semplicemente

$$\mu' = \omega \mu_0,$$

dove μ_0 è dedotto dalla (1) per $R = 0$ e rappresenta il consumo necessario ad ottenere o arrestare la velocità V.

Se $\omega = \pi$, si ha l'*inversione* della direzione, cioè il ritorno senza fermata; ma con un consumo $\pi\mu_0$ invece di $2\mu_0$; quale si avrebbe arrestando V in traiettoria rettilinea e provocandola in senso opposto.

Il raggio di questa evoluzione può essere teoricamente qualsiasi, con *parità di consumo*: ma è limitato dagli effetti della accelerazione sul corpo umano.

*
* *

Il congegno descritto è quindi *dirigibile* nello spazio: e la sua condotta non presenta difficoltà, sopratutto in periodo accelerativo.

In tal caso infatti esso realizza *la scatola di Einstein*, senza la fune, la carrucola, e l'*ubi consistam* ideati dall'illustre matematico: e il viaggiatore si trova a suo agio in un campo fittizio di gravità, che può avere l'ordine di grandezza di quello terrestre.

Ciò non ha luogo nel moto uniforme: ma ha bensì luogo tutte le volte che occorra deviare la traiettoria, cioè tutte le volte che occorra dirigersi.

Si deduce pertanto teoricamente possibile, col mobile descritto, la navigazione extra atmosferica ed interplanetaria: agevolata da una velocità di traslazione dell'ordine di grandezza di quella dei pianeti.

Tale velocità consente il viaggio Terra-Luna in meno di quattro ore: e quello Terra-Venere in poco più di otto giorni.

È da augurarsi che la rosea prospettiva di abbandonare per qualche tempo il pianeta natìo possa spingere l'uomo a ricercare con maggior lena l'interpretazione e la conquista dell'energia radioattiva.