L'EQUILIBRIO UNIVERSALE
dalla meccanica celeste alla fisica nucleare

Cap.3 – Inerzia e gravità

– generalità, effetto Magnus ed equazione fondamentale

Abbiamo visto che gli elementi spaziali, aggregandosi tra loro, danno origine a nuclei capaci di vincere le forze di legame con gli elementi circostanti.

Si genera così uno scorrimento, rispetto allo spazio fisico, che dà origine ad una rotazione estesa fino ad una distanza massima dal centro che dipende dalle caratteristiche del nucleo considerato.

Il più piccolo nucleo, in assoluto, sarà quello costituito da un singolo elemento spaziale S_0, mentre il più grande risulterà quello associato a ciascun polo dell'universo, il cui spazio rotante occupa tutto l'emisfero della sfera cosmica.

Lo scopo di questo capitolo è indagare sulle azioni che vengono esercitate e ricercare le equazioni capaci di descrivere il moto di un elemento spaziale o, più in generale, di un aggregato rotante qualsiasi, immerso in uno di questi spazi rotanti, applicando solo i metodi normalmente utilizzati dalla meccanica razionale.

In generale, studiare il moto di un punto significa ricavare l'equazione della traiettoria se sono note le azioni che vengono esercitate su di esso, oppure, nota l'equazione della traiettoria si ricavano le azioni esercitate.

Quando si tratta il moto di un punto che segue una traiettoria curva, viene ipotizzata l'esistenza di una forza centripeta che, in condizioni di equilibrio, uguaglia quella centrifuga.

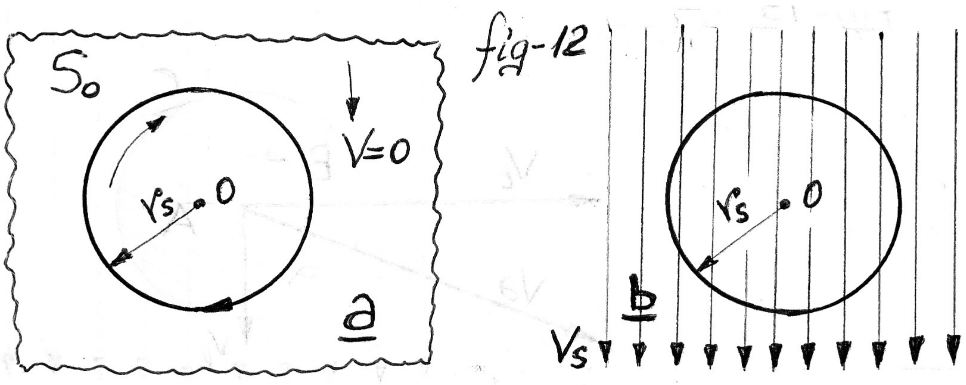
Il procedimento fornisce le equazioni cercate, ma non dice nulla sulla natura della forza centripeta supposta preesistente.

Nel nostro caso e per i nostri scopi, è necessario dimostrare che realmente, negli spazi rotanti, si genera un'accelerazione centripeta, mettendo anche in evidenza quali siano i meccanismi attraverso i quali ciò si verifica.

Dato che nell'universo praticamente tutto è animato di moto rototraslatorio, il quale, notoriamente, produce complessi effetti giroscopici, è ragionevole pensare che essi possano avere un ruolo importante nel definire gli equilibri che si osservano ovunque.

Senza prendere in considerazione la teoria generale del giroscopio, la quale complicherebbe inutilmente la trattazione, ma che comunque verrà trattata in dettaglio in un altro capitolo, richiamiamo brevemente l'effetto giroscopico più semplice, noto come effetto Magnus.

Si tratta, per la precisione, delle forze che si manifestano su una sfera rotante che nello stesso tempo sia dotata di un moto traslatorio rispetto ad un sistema di riferimento fisso, solidale con lo spazio circostante.



Con riferimento alla figura 12, senza modificare la sostanza del problema, per noi risulta più comodo cambiare riferimento e considerare la sfera S_0 rotante su se stessa con il centro fermo e lo spazio fisico circostante dotato invece di moto traslatorio rispetto ad esso.

Consideriamo inizialmente due casi molto semplici separatamente.

a – Sfera rotante su se stessa con velocità periferica $C = \omega \cdot r_s$, immersa in uno spazio immobile.

In questo caso, data la simmetria, la sfera continuerà a ruotare, più o meno frenata in rapporto al valore della densità del mezzo ambiente, e non accade nulla di particolarmente rilevante.

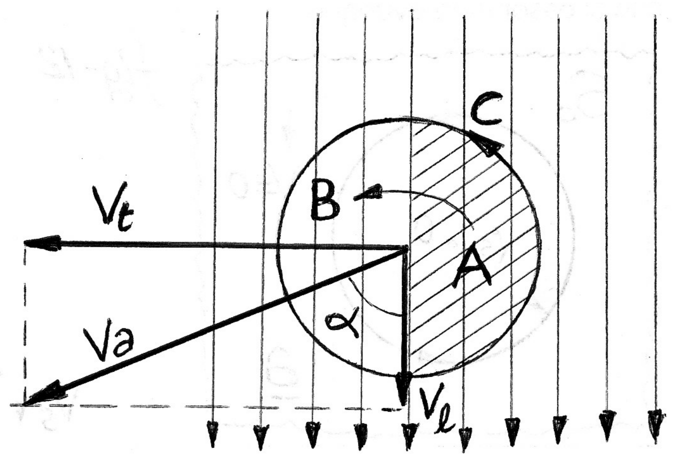
b – Sfera non rotante immersa in uno spazio in moto traslatorio rispetto ad essa con una velocità relativa V_s.

Anche in questo caso, non si produce alcun effetto particolare oltre all'azione di un eventuale trascinamento che gli elementi spaziali in moto esercitano su quelli fissi costituenti la sfera.

Notiamo soltanto che, in ogni caso, l'interazione tra sfera e spazio non sarà superficiale, ma esteso a tutto il volume da essa occupato, in quanto, avendo gli elementi spaziali S_0 raggio $r_0 \to 0$, essi riescono a penetrare all'interno senza difficoltà ed interagiscono così con ogni singolo aggregato elementare di cui la sfera è formata.

L'azione complessiva risulterà dunque proporzionale al numero di aggregati elementari presenti nella sfera.

fig-13



Se ora consideriamo i due casi sovrapposti, contrariamente alle aspettative, la sfera rotante si muove con velocità V_a in una direzione inclinata di un certo angolo α rispetto a V_s , come è schematizzato in figura 13.

Se si scompone la velocità V_a nelle sue due componenti V_l longitudinale e V_t trasversale, possiamo dire che l'effetto nuovo è proprio **il manifestarsi di una velocità V_t perpendicolare alla direzione della velocità V_s , effetto tutt'altro che prevedibile**.

58

Se però si osserva la figura 13, si vede chiaramente che esso si genera per la dissimmetria che la rotazione della sfera genera, rispetto alla direzione del moto di traslazione dello spazio rotante di ordine superiore, tra la parte A e la parte B della sfera.

Nella sezione A si manifesta infatti una velocità relativa più elevata di quella che si misura nella sezione B e questo modifica chiaramente i risultati che si generano dalla interazione tra sfera e spazio circostante.

Se viene invertito il verso di rotazione della sfera, cambia anche quello della componente V_t .

Questo risultato ci dice che, **quando ci troviamo in uno spazio fisico** (**e non nello spazio geometrico**, **che non esiste nella realtà fisica**) **in cui sono presenti degli elementi spaziali**, **o suoi aggregati**, **rotanti attorno ad un loro asse**, **qualsiasi analisi del moto** non può **prescindere dalla rotazione**, **in quanto andrebbero così perduti tutti gli effetti giroscopici ad essa connessi e con essi anche tutte le preziose informazioni sui fenomeni che ne derivano**.

L'astrazione nella quale viene preso in esame un "punto materiale" in moto nello "spazio geometrico" non sempre rappresenta dunque una approssimazione accettabile della realtà fisica.

Benchè gli effetti legati a questo fenomeno vengano normalmente osservati ed impiegati in presenza di aria o fluidi in generale, il fenomeno si manifesta, praticamente senza attenuazione apprezzabile, anche se la sfera è in moto nello spazio vuoto.

I riferimenti ed i termini che vengono usati per questa spiegazione elementare del fenomeno, sono stati scelti unicamente per semplificare l'esposizione.

Se la sfera rotante di figura 13 viene vincolata in modo che venga impedito il moto di traslazione, su di essa si manifesta una forza F_a nella direzione della velocità V_a .

Se si scompone questa forza nelle due componenti F_t ed F_l , il triangolo delle velocità viene sostituito da quello simile delle **forze che nascono dalla interazione** tra la sfera rotante su se stessa e lo spazio fisico in movimento rispetto ad essa con la velocità $\mathbf{V_s}$.

Se non esiste spazio in movimento, **ossia se** $V_s = \mathbf{0}$, **nessuna forza si può manifestare**.

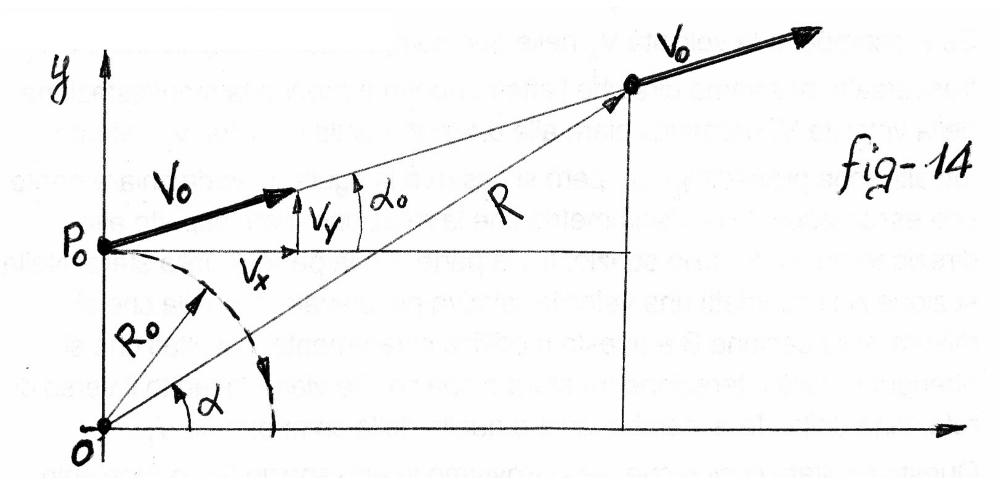
Questo vuol dire che se si vuole studiare il moto di un punto reale, materiale, fisicamente presente in un punto dello spazio, bisogna tenere presente che il moto viene generato e mantenuto dalla interazione continua tra il punto e lo spazio, **che vengono considerati entrambi formati da elementi spaziali con diversi livelli di aggregazione**.

Per uno studio corretto, è necessario prendere in esame tutti gli elementi che intervengono nella definizione del moto.

Nella premessa abbiamo visto che la esistenza dei diversi punti dello spazio fisico può essere rilevata esclusivamente da altri punti in moto relativo e con essi interagenti.

La presenza di un moto relativo tra le parti diventa dunque anche condizione necessaria per poter rilevare l'esitenza di tutto lo spazio fisico.

Con riferimento alla figura 14, prendiamo dunque in considerazione due punti O e P_0 in moto relativo con velocità $V_0 \neq \mathbf{0}$ orientata come in figura.



In assenza di interazioni, l'osservatore posto nell'origine O rileva la distanza :

$$R^2 = \left(V_{0x} \cdot t\right)^2 + \left(V_{0y} \cdot t + R_0\right)^2 = V_0^2 \cdot t^2 + 2 \cdot R_0 \cdot V_{0y} \cdot t + R_0^2$$

differenziando, si ottiene :

$$2 \cdot R \cdot dR = 2 \cdot V_0^2 \cdot t \cdot dt + 2 \cdot R_0 \cdot V_{0y} \cdot dt$$

e quindi la **velocità radiale osservata** risulta :

$$\frac{dR}{dt} = V_0^2 \cdot \frac{t}{R} + \frac{R_0 \cdot V_{0y}}{R}$$

Se, con una rotazione nel verso antiorario uguale a α_0 , assumiamo l'asse delle ascisse parallelo alla direzione della velocità V_0 , si ottiene :

$V_{0y} = 0$; $V_0 = V_{0x}$ e quindi : $$\frac{dR}{dt} = V_{0x}^2 \cdot \frac{t}{R}$$

derivando, si ricava l' **accelerazione radiale osservata** :

$$a = \frac{d^2R}{dt^2} = \frac{V_{0x}^2}{R}\left[1 - \frac{dR}{dt} \cdot \frac{t}{R}\right]$$

con semplici passaggi, si ottiene :

$$a = \frac{V_{0x}^2}{R} \cdot \mathbf{sen}^2\alpha$$

Secondo quest'ultima relazione, **il punto** O vede dunque **il punto** P_0 che si allontana con una accelerazione :

$$a_f = \frac{V_{0x}^2}{R} \cdot \mathbf{sen}^2\alpha.$$

Se siamo in uno spazio geometrico, **i due punti O e P_0 non risultano legati alla realtà fisica e quindi**, **supponendo di poter dare comunque un significato al discorso**, **l'osservazione dell'accelerazione** a_f **non pone particolari interrogativi**.

In uno spazio geometrico, **possiamo infatti fare osservazioni astratte**, **senza prendere in considerare scambi di forze**, **che appartengono allo spazio fisico e solo in esso sono state definite e riescono dunque a manifestare i loro effetti**.

Se ci troviamo invece in uno **spazio fisico**, con le precise caratteristiche dei suoi elementi costituenti, i punti **O** e $\mathbf{P_0}$ si devono intendere come due "**punti materiali**", **i quali devono la loro esistenza fisica alla interazione con lo spazio circostante**, **dovuta alla loro velocità relativa**.

I due punti considerati, per poter esistere devono formare un sistema legato, in una condizione stazionaria o quasi.

Se questo non accade essi si allontanano fino alla definitiva indipendenza e cessano così di esistere, come sistema.

Se consideriamo l'intero universo ed applichiamo a ciascuna coppia di punti questo discorso, dobbiamo concludere che, perchè l'universo possa esistere, è necessario che il punto O annulli l'accelerazione osservata a_f, applicando al punto P_0 un'accelerazione dello stesso valore e di segno contrario, ossia rivolta sempre verso il centro O, tale che sia : $a_r = -a_f$

In queste condizioni, l'accelerazione osservata sarà : $a_f = \dfrac{V_{0x}^2}{R}$

ed il punto $\mathbf{P_0}$ si manterrà sempre alla minima distanza :

$$R = R_0 = \mathbf{costante}$$

62

A questo punto osserviamo però che, mentre l'accelerazione a_f **è fittizia** e quindi incapace di sviluppare lavoro, l'accelerazione radiale a_r **è reale** e ad essa viene opposta dal punto P_0 **la forza reale** :

$$F_r = m \cdot a_r$$

Per uno spostamento $\mathbf{d}R$ il punto centrale O compie il lavoro :

$$\mathbf{d}L = F_r \cdot \mathbf{d}R$$

Se non intervengono processi dissipativi, tale energia si deve ritrovare come incremento dell'energia cinetica del punto P_0 . Dovrà dunque essere :

$$F_r \cdot \mathbf{d}R = - \mathbf{d}E$$

ossia :

$$m \cdot \frac{V_n^2}{R} \cdot \mathbf{d}R = - \mathbf{d}\left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot V_r^2 \right)$$

ricordando che $V_r = \sqrt{2} \cdot V_n$ e semplificando, si ha :

$$V_n^2 \cdot \mathbf{d}R = - R \cdot \mathbf{d}\, V_n^2 \qquad \text{da cui :} \qquad \mathbf{d}\left(V_n^2 \cdot R \right) = 0$$

Integrando, si ricava l'equazione fondamentale, che definisce l'evoluzione di tutto lo spazio fisico, con la sola condizione che venga verificato il principio di conservazione dell'energia.

$$V^2 \cdot R = K^2$$

in cui K^2 è una costante caratteristica associata al punto O.

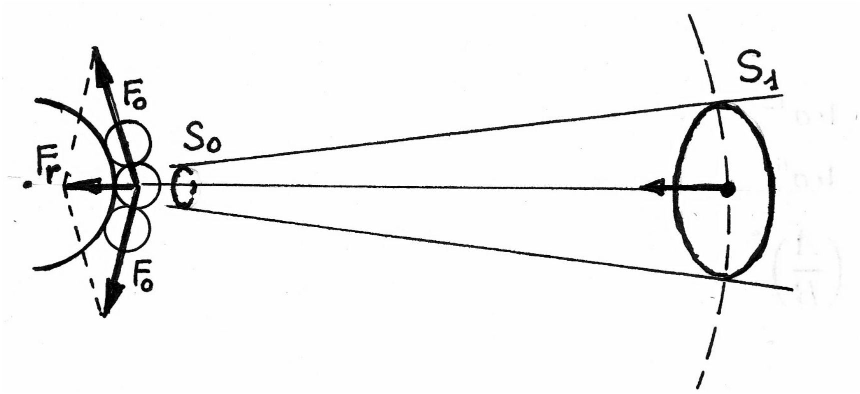
Con questa condizione e l'espressione dell' accelerazione fittizia, possiamo determinare l'espressione dell'accelerazione radiale che il punto centrale O deve applicare a P_0 per avere l'equilibrio :

63

$$\begin{cases} V^2 \cdot R = K^2 \\ a_r = \dfrac{V^2}{R} \end{cases} \quad \text{da cui si ricava :} \qquad a_r = \frac{K^2}{R^2}$$

Si ricava così la nota legge che viene verificata **sperimentalmente** in tutti gli spazi rotanti, dalla quale risulta che l'accelerazione imposta non dipende dal valore della massa in orbita.

Questa relazione coincide con quella dell'accelerazione centripeta che viene esercitata sui punti dello spazio rotante alla distanza R dalla massa centrale generatrice, come depressione, quando si consideri lo spazio fisico continuo ed incomprimibile.



Con riferimento alla figura, considerando il cono di spazio fisico omogeneo, si ricava la forza che agisce sulla massa unitaria :

$$a_r = \frac{F}{m} = \frac{dF}{dm} = \frac{dF}{\delta \cdot dS} = \frac{dF}{\delta \cdot \pi \cdot R^2 \cdot d\alpha}$$

Per avere l'equilibrio, sulle due superficie, dovrà essere : $dF_1 = dF_0$

Sostituendo e ponendo : $\dfrac{1}{\delta_0 \cdot \pi} \cdot \dfrac{dF_0}{d\alpha} = K_0^2$

64

si ottiene : $$a_r = \frac{K_0^2}{R^2}$$

Se un secondo osservatore effettua misurazioni su P_0 da un punto diverso e magari in moto relativo rispetto al punto O, misurerà un diverso valore della accelerazione ed attribuirà quindi un valore diverso alla forza applicata a P_0.

E' chiaro che, non essendo possibile che il valore della forza applicata ad uno stesso punto in movimento nello spazio fisico sia dipendente dall'osservatore (ricordiamo che una forza che si sposta sviluppa lavoro), si deve concludere che tali forze siano da ritenere fittizie , **ossia incapaci di sviluppare una qualsiasi forma di lavoro**.

Nello spazio fisico **la forza viene definita come una "entità" capace di modificare le condizioni di moto di un "punto materiale"**, **secondo la legge–definizione** : $F = m \cdot a$.

Le uniche forze reali che tale la relazione riesce a definire sono quindi quelle che vengono scambiate tra il punto in movimento e quelli dello spazio nel quale esso si muove.

Nella situazione di equilibrio che è stata descritta, **pur essendo reale**, **l'accelerazione centripeta** a_r **è sempre perpendicolare alla direzione del moto e quindi non sviluppa alcun lavoro**.

La relazione che definisce l'equilibrio nello spazio rotante è fondamentale per tutta la teoria, in quanto ci consente di dare una **definizione operativa della materia**, **assolutamente chiara ed inequivocabile**, senza aggiungere altre unità di misura fondamentali a quelle già note, metro e secondo.

La quantità di materia associata al punto O **è data**, **per definizione**, **dal valore** :

$$K^2 = V^2 \cdot R$$

che si ricava con una " massa esploratrice " **posta in equilibrio in un punto qualsiasi dello spazio fisico circostante**.

65