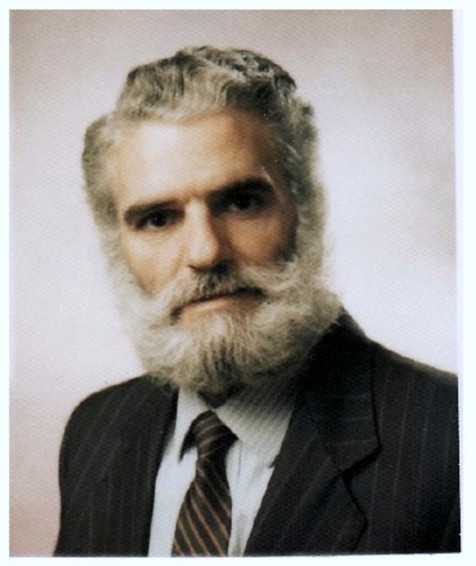
CIRCOLO DI PSICOBIOFISICA
AMICI DI MARCO TODESCHINI

presenta:

ANTONIO DIRITA

Ingegnere nucleare



Autore di:

" L'EQUILIBRIO UNIVERSALE "

DALLA MECCANICA CELESTE ALLA FISICA NUCLEARE

Che comprende concetti fisici analoghi a quelli della "Teoria delle Apparenze" di M. Todeschini

a cura di
Fiorenzo Zampieri
Circolo di Psicobiofisica
"Amici di Marco Todeschini"

PREMESSA

Verso la fine dell'ormai lontano 2016, nella mia consueta ricerca in Internet di studiosi "non ortodossi", mi imbattei nel "blog" dell'ing. Antonio Dirita, nel quale esponeva una sua originale "Teoria del Tutto", dal titolo: «L'EQUILIBRIO UNIVERSALE – Dalla meccanica celeste alla fisica nucleare».

Un'opera davvero notevole, non solo per l'alto livello del contenuto ma anche per la sua poderosa consistenza.

Scorrendo quelle pagine immediatamente m'accorsi della considerevole somiglianza dei concetti scientifici esposti con quelli basilari contenuti nella "Teoria delle Apparenze" dell'ing. Marco Todeschini.

Ovviamente il fatto mi incuriosì molto sollecitandomi a prendere contatto, con una mail, l'Autore stesso.

Molto gentilmente, Egli, mi confessò che anche altri suoi lettori, conoscitori delle teorie del Todeschini, gli avevano posto la medesima domanda e che per questo fu indotto a leggere qualche capitolo dell'opera dello scienziato bergamasco, rendendosi conto delle molte analogie e corrispondenze delle due teorie, esprimendo per quella del Todeschini un giudizio complessivamente positivo.

L'ing. Dirita mise anche in evidenza che essendo la sua formazione di tipo fisco/teorico non si permetteva di giudicare la parte biopsichica della teoria todeschiniana in quanto a Lui sconosciuta, esprimendo nel contempo la sua grande considerazione per il coraggio e la perseveranza con cui Todeschini portò avanti le sue tesi così lontane dalle teorie correnti.

L'ing. Antonio Dirita, noto ingegnere nucleare e per lungo tempo ricercatore presso il Politecnico di Torino, il 23 ottobre 2019, purtroppo è mancato a soli 71 anni, a causa di un incidente stradale.

In quell'occasione presi contatto anche con i suoi famigliari per esprimere loro le mie condoglianze, ed essi, assi cortesemente, mi autorizzarono alla divulgazione del suo lavoro affinché non venga perso.

Fortunatamente, già prima di scoprire quel triste avvenimento, ero riuscito a salvare nel mio PC molta parte del materiale che aveva pubblicato nel suo "blog" e che ora, purtroppo, sembra essere scomparso dalla rete.

In questo fascicolo pubblichiamo alcuni capitoli di quell'opera nei quali risultano evidentissime le identità dei concetti che accumunano le teorie dei due scienziati.

Mi permetto anche di invitare i lettori all'approfondimento della Teoria dell'ing. Dirita in quanto ritengo che con essa prenda ancora più forza quella dell'ing. Todeschini.

In merito, il Circolo di PsicoBioFisica resta senz'altro a disposizione.

Fiorenzo Zampieri

INTRODUZIONE

Questa ricerca trae spunto dalla convinzione che **l'universo non debba essere intrinsecamente complesso,** ma che possa diventarlo più o meno in rapporto alla complessità delle espressioni matematiche che vengono utilizzate per descriverlo.

Risulta alquanto difficile immaginare **una particella primordiale, di dimensioni infinitesime,** che, aggregandosi per realizzare l'universo che ci circonda, possa avere la capacità di **" ideare "** principi e meccanismi tanto complessi da dover richiedere, per essere descritti, tutta la " sofisticata " analisi matematica di cui disponiamo.

Una particella molto semplice, avente dimensioni infinitesime, priva di una struttura interna, non potrà che presentare proprietà semplici.

Quindi altrettanto semplici dovranno essere le relazioni che vengono richieste per descrivere il suo comportamento.

Penso, piuttosto, che alla base dell'universo debba esistere un solo principio elementare che, quando viene applicato ripetutamente, riesce a dare origine a tutta la apparente complessità che lo caratterizza.

Scopo di questo lavoro è la ricerca di poche e semplici espressioni capaci di descrivere tutta l'organizzazione della materia presente nel cosmo, dalle particelle elementari agli ammassi galattici, senza alcuna ipotesi restrittiva circa il livello di aggregazione.

Come tutti coloro che si dedicano allo studio di questo problema, ho iniziato questa ricerca con l'intendo di cercare un'espressione capace di descrivere l'unica forza ritenuta attiva **nell'universo primordiale** e non più presente in quello attuale, nel quale tutte le forze agenti si manifestano come componenti di diversa natura.

Ho lavorato per molti anni, utilizzando tutti gli strumenti matematici che avevo a disposizione, senza alcun risultato degno di nota. **Tutto deponeva a favore della divisione in diversi tipi delle forze della natura come realtà fisica e sembrava assolutamente impossibile poterle descrivere utilizzando una sola espressione, anche se complessa.**

Se ci accingiamo ad elaborare una **" teoria del tutto "**, siamo però costretti, inevitabilmente, a riflessioni che hanno carattere più filosofico che scientifico, le quali sono spesso addirittura banali ed **apparentemente** fuori dal contesto degli argomenti che vengono trattati.

Mi sono reso conto, ad un certo punto, che la soluzione del problema poteva arrivare proprio dalle **risposte a queste semplici domande** e non aveva alcun senso continuare ad elaborare complesse relazioni tra grandezze fisiche di cui **non si conosce** a fondo il significato come, per esempio, **materia, massa, forza, gravità, inerzia, carica elettrica, universo, tempo, spazio, ecc..**

Prima di abbandonare l'impresa, mi sono quindi posto molte domande sul significato e sulla natura del tempo e dello spazio, cercando di dare un senso all'esistenza dell'universo.

Proprio attraverso questi tentativi sono arrivato alla conclusione che la forza unica, che reggeva l'universo primordiale, può non essersi divisa e dunque essa **può essere ancora attiva nell'universo attuale.**

L'apparente divisione della forza primordiale nelle sue diverse componenti può dunque avere origine dalle nostre stesse teorie.

In questi termini, il problema da risolvere risulta completamente differente.
Si tratta di scoprire quali sono le ipotesi teoriche che danno origine alla forza divisa nelle componenti che conosciamo in un universo nel quale, per ipotesi, deve essere verificata **una teoria del tutto**, ossia : **una teoria nella quale le leggi fisiche debbono essere soddisfatte dalla materia organizzata, in qualsiasi configurazione ed indipendentemente dal suo livello di aggregazione. La nuova teoria dovrà dunque essere impostata eliminando da quelle attualmente note "tutte le ipotesi restrittive" che limitano la loro validità a particolari circostanze.**

Secondo questa impostazione, dalle teorie note, **si hanno dei grandi esclusi, primi fra tutti, la carica elettrica e la meccanica quantistica,** che si applicano esclusivamente al microcosmo. Le applicazioni di queste due importanti ipotesi sono tali e tante da rendere però assolutamente improponibile una loro esclusione. **Per poter essere inserite in una teoria del tutto, esse, invece di essere escluse, si debbono poter applicare a tutta la materia organizzata, dal singolo punto dello spazio fisico all'intero universo.**

Per togliere qualche elemento di confusione, definiamo **spazio geometrico** quello illimitato, **descritto teoricamente**, nella maniera più semplice, con le tre dimensioni.

Esso rappresenta un concetto astratto e, come tale, non può essere sede di trasformazioni reali o fenomeni fisici.

Si definisce invece **spazio fisico** quello nel quale si realizzano tutti i processi naturali. Nella nostra teoria, l'universo si sviluppa quindi tutto e solo nello **spazio fisico** e **quindi si identifica con esso. Solo nello spazio fisico potranno dunque assumere un significato inequivocabile le grandezze che vengono utilizzate per descrivere le trasformazioni che si**

verificano nell'universo.
Esiste quindi una notevole differenza tra spazio geometrico e spazio fisico e lo studio di una trasformazione fisica nello spazio geometrico, assolutamente incapace di trasmettere qualsiasi azione, non corrisponde a nessuna realtà fisica, **nemmeno in prima approssimazione.**
Lo studio di qualsiasi processo assume significato solo se viene condotto in uno spazio reale, attivo, **capace di trasmettere energia.**

Antonio Dirita

INERZIA E GRAVITA’
Equazione fondamentale

– 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.

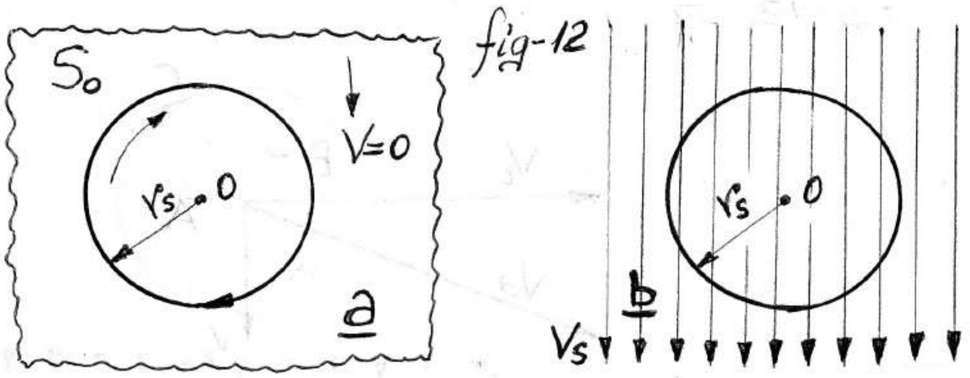
Il procedimento fornisce le equazioni cercate, ma non dice nulla sulla natura della forza centripeta supposta preesistente.

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.

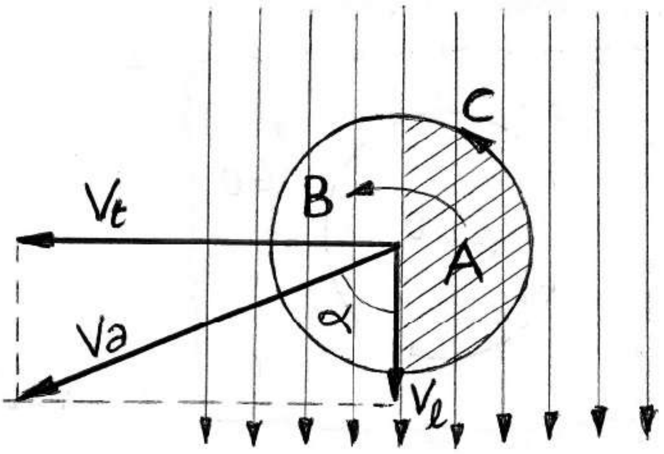
b – Sfera non rotante immersa in uno spazio in moto traslatorio rispetto ad essa con una velocità relativa V_s.

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**.

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 $V_s = 0$, 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 $V_0 \neq 0$ orientata come in figura.

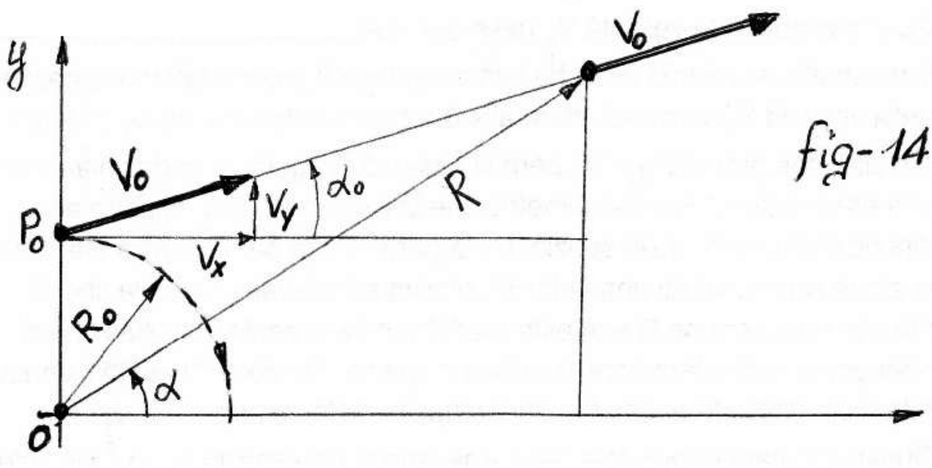


fig-14

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 :

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

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 : $a_f = \frac{V_{0x}^2}{R}$

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

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

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.

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

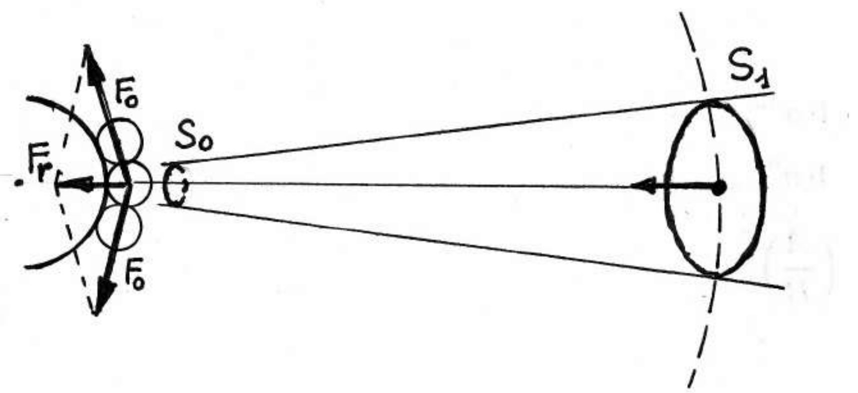
in cui K^2 è una costante caratteristica associata al punto O.

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 :

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

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

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**.

Antonio Dirita

SPAZIO FISICO
Inerzia e massa inerziale

– inerzia e massa inerziale come caratteristiche dello spazio fisico

E' importante tenere presente che la velocità V non viene imposta alla sfera esploratrice dall'esterno, ma si ottiene come risultato del lavoro che l'accelerazione radiale, a_r, agente in ogni punto dello spazio fisico considerato, compie portando la sfera da una distanza $R_0 \to \infty$ al valore di equilibrio R .

Essa rappresenta dunque la velocità di equilibrio di ogni punto dello spazio fisico rotante considerato, anche se in esso non sono presenti aggregati di materia organizzata.

Rilevato dunque il valore K^2 , per esempio, per $R = 1\,\text{m}$, tutto lo spazio che si trova in condizione di equilibrio stazionario, verrà descritto dalla relazione :

$$V_{eq}^2(R) = \frac{K^2}{R}$$

Sostituendo, si ricava il valore dell'accelerazione radiale a_r che il centro O deve imporre allo spazio fisico circostante per mantenere i suoi punti ad una distanza costante e quindi in equilibrio su orbite circolari.
Si hanno dunque le relazioni fondamentali :

$$a_r = -\frac{V_{eq}^2}{R} \quad \text{e quindi :} \quad a_r = -\frac{K^2}{R^2}$$

Questa relazione ci dice che, affinchè nello spazio geometrico circostante la materia possa esistere uno spazio fisico in equilibrio, è necessario che su ciascun punto dello spazio agisca una pressione radiale, espressa da a_r , **che viene indicata come gravità**.

Per una corretta interpretazione dei risultati, è importante ricordare che nello spazio che abbiamo considerato non esistono altre azioni oltre a quella della materia centrale.

Se dunque si considera uno spazio fisico imperturbato, la simmetria sferica porta ad una velocità risultante :

$$\overrightarrow{V} = \sum \overrightarrow{V_{eq}} = 0$$

In queste condizioni, ciascun punto rimane dunque in equilibrio, fermo nello spazio, sottoposto all'azione di tutti gli altri punti circostanti.

Se ora alla distanza R dalla materia (in figura sulla superficie S_1), poniamo un aggregato spaziale avente densità $\delta_1 > \delta_0$, su di esso agisce una forza F_1 maggiore di quella che agiva prima sullo spazio fisico puro e quindi non si ha più equilibrio.

L'aggregato materiale viene così sollecitato a spostarsi verso il centro e, per ripristinare l'equilibrio, dovrà acquistare una velocità tangenziale pari a V_{eq} ,

in modo che si verifichi : $\dfrac{V_{eq}^2}{R} = \dfrac{K_0^2}{R^2}$.

La gravità si presenta apparentemente come un'azione " misteriosa " , ma nella realtà è molto semplice e comprensibile e non esiste una vera necessità di introdurre delle costanti universali.

L'azione che si verifica in un punto qualsiasi dello spazio fisico dipende esclusivamente dalle caratteristiche che lo spazio in quel punto ha già acquisito, senza intervento di azioni a distanza.

Se la quantità di materia posta nel punto centrale O non viene cambiata e con un'azione esterna si produce nel punto P una variazione della velocità, portandola da V_{eq} a V, l'accelerazione radiale che si manifestata sul punto perturbato diventa :

$$a_r = \left(\frac{V^2}{R} - \frac{K^2}{R^2} \right) = \frac{1}{R^2} \cdot \left(V^2 \cdot R - K^2 \right) =$$

$$= \frac{1}{R^2} \cdot \left(V^2 \cdot R - V_{eq}^2 \cdot R_0 \right)$$

Più in generale, se nell'equilibrio di un punto nello spazio fisico viene prodotta una perturbazione $\Delta\left(V^2 \cdot R\right)$, differenziando l'equazione fondamentale che governa l'equilibrio , si ricava la variazione dello spazio rotante richiesta per rigenerare l'equilibrio :

$$\Delta\left(K^2\right) = \Delta\left(V^2 \cdot R\right).$$

Se la quantità di materia posta nel punto O non viene cambiata, il valore di K^2 non può variare e quindi lo spazio rotante centrale produce sul punto P una **accelerazione**, **che chiamiamo inerziale** : $a_i = -\,a_r$ che tende a ripristinare l'equilibrio con il valore di K^2 invariato.
Si ha dunque :

$$a_i = -\,a_r = -\,\frac{1}{R^2} \cdot \left(V^2 \cdot R - V_{eq}^2 \cdot R_0\right) =$$

$$= -\,\frac{\Delta\left(V^2 \cdot R\right)}{R^2} = -\,\frac{\Delta\left(K^2\right)}{R^2}$$

In definitiva, possiamo dire che " **gravità e inerzia** " rappresentano le uniche due caratteristiche che si rendono teoricamente necessarie perchè si possa produrre l'esistenza di uno spazio fisico capace di generare e conservare il suo equilibrio.

Gravità ed inerzia **sono dunque due caratteristiche associate allo spazio fisico e non alla materia organizzata**.

Essendo l'argomento di grande importanza per tutta la teoria, è necessario un ulteriore approfondimento, per una migliore comprensione del significato profondo di queste due caratteristiche.

Innanzitutto osserviamo che tutti i discorsi sono stati fatti senza prendere in considerazione situazioni specifiche o particolari ipotesi restrittive, per cui le relazioni e le conclusioni alle quali siamo giunti sono applicabili a qualsiasi punto di uno spazio rotante, indipendentemente dal fatto che sia presente o meno materia organizzata.

E' solo **per l'equilibrio dello spazio fisico** che si richiede l'esistenza di queste due caratteristiche.

Se si considera un cono con vertice nel centro dello spazio rotante, essendo lo spazio fisico, per definizione, continuo ed incomprimibile, per l'equilibrio è richiesto che sulla superficie di raggio R agisca una forza uguale a quella che viene applicata dalla materia posta al centro.

Se ora nel raggio d'azione dello spazio rotante, alla distanza R dal centro si ha una sfera di materia organizzata in equilibrio, su ciascuno dei suoi punti si manifesteranno le azioni che abbiamo visto.

La gravità **è dunque l'espressione dello spazio fisico considerato nel suo ruolo attivo**.
Essa viene esercitata dallo spazio rotante, si manifesta imponendo alla sfera planetaria la condizione di equilibrio definita dalla relazione :

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

Per quanto riguarda l'inerzia, abbiamo visto che essa si manifesta quando il moto del punto viene perturbato e non è rilevabile in condizione di equilibrio.

L'INERZIA è quindi una manifestazione della tendenza che presenta lo spazio fisico a conservare l'equilibrio di tutti i suoi punti e si rileva con l'accelerazione :

$$a_i = -\frac{\Delta\left(V^2 \cdot R\right)}{R^2} = -\frac{\Delta\left(K^2\right)}{R^2}$$

L'INERZIA è una risposta dello spazio fisico ad un'azione imposta dall'esterno e dunque rappresenta una manifestazione del suo ruolo passivo.

Queste considerazioni si applicano a ciascun punto dello spazio rotante, per cui, per un'analisi quantitativa, è necessario prendere in considerazione tutti i punti che vengono interessati dai fenomeni.

Per quanto riguarda l'inerzia, essendo la risposta ad una perturbazione dello spazio fisico in equilibrio, essa sarà più o meno intensa in rapporto al volume di spazio perturbato.

E' chiaro che una sfera di materia organizzata avente un preciso volume, per poter occupare un punto dello spazio, deve necessariamente rimuovere un volume reale di spazio fisico pari al suo.

Qualsiasi perturbazione indotta sulla sfera si trasferirà a tutto il volume da essa occupato.
Il volume di spazio perturbato coinciderà quindi con quello della sfera planetaria.

Possiamo dunque concludere che :

La reazione inerziale che complessivamente lo spazio rotante esercita contro la sfera planetaria perturbatrice dell'equilibrio, è proporzionale al volume da essa occupato.

A questo punto notiamo che, se applichiamo una forza esterna F_e ad una sfera in equilibrio in uno spazio rotante, la velocità orbitale cambia rispetto al valore corrispondente all'equilibrio.
Si produce così un'accelerazione rispetto allo spazio circostante che oppone una resistenza a questa perturbazione.

In definitiva, è lo spazio fisico che oppone la forza d'inerzia F_i contro la sfera che lo sposta, la quale, a sua volta la trasferisce all'operatore esterno che produce lo spostamento.

Essendo il volume che viene interessato dalla perturbazione una costante caratteristica della sfera planetaria, per noi, operatori esterni, è possibile non considerare tutti questi passaggi e ritenere che sia direttamente la sfera ad opporre la forza d'inerzia F_i all'azione esterna F_e in modo che si abbia $F_i = - F_e$.

In questo caso, si associa alla sfera planetaria una caratteristica che

viene chiamata "MASSA INERZIALE", indicata con " m ", proporzionale al volume di spazio fisico occupato, il cui valore si ottiene applicando

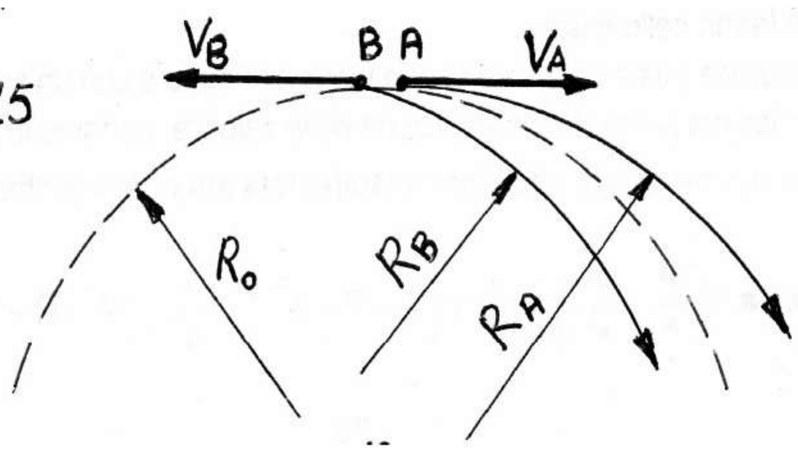
la "definizione operativa" : $m = \dfrac{F}{a}$

in cui F è la forza applicata ed a l'accelerazione che la sfera acquista.

Se è nota la massa inerziale m di un aggregato materiale, la definizione può essere utilizzata, nella forma $F = m \cdot a$, per ricavare la forza d'inerzia che bisogna vincere per imprimere alla massa m l'accelerazione a, ovvero la forza F che la massa m esercita contro lo spazio fisico quando si sposta con l'accelerazione a.

Per chiarire meglio la natura dell'inerzia dello spazio, consideriamo come perturbazione una improvvisa esplosione del punto materiale che si muove sull'orbita circolare di raggio R_0 alla velocità di equilibrio V_{0eq} (figura 15).

fig-15



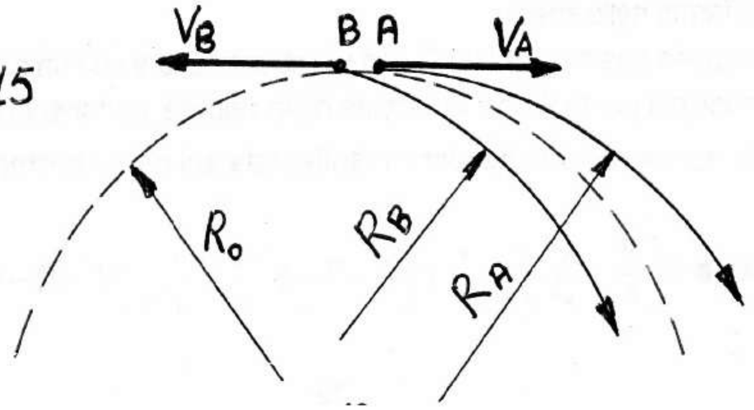
Per semplicità, supponiamo che durante l'esplosione siano stati prodotti solo i due frammenti A e B con le velocità finali

$$V_A = V_{0eq} + \Delta V \quad e \quad V_B = V_{0eq} - \Delta V \,.$$

L'aumento della velocità imposto al punto A produce un aumento del valore dell'accelerazione fittizia $a_f = \dfrac{V^2}{R}$ con un conseguente spostamento

verso l'esterno ed aumento del raggio R che passa dal valore R_0 a R_A.

fig-15



Durante questo passaggio, lo spazio fisico, che non ha subito delle modifiche,

riduce la velocità di equilibrio, che passa da $V_{0eq} = \left(\dfrac{K^2}{R_0} \right)^{\frac{1}{2}}$

al valore $V_A = \left(\dfrac{K^2}{R_A} \right)^{\frac{1}{2}} < V_{0eq}$.

In definitiva, quando inizialmente viene impresso al frammento A un aumento di velocità, l'agente che lo produce deve vincere questa azione frenante che tende a ristabilire l'equilibrio.

Un discorso perfettamente analogo si può fare per il frammento B, al quale viene imposta una riduzione della velocità e dunque la reazione dello spazio sarà tale da portarlo in equilibrio su un'orbita avente raggio minore con una velocità più elevata.

Dato che l'orbita circolare rappresenta la condizione di massima stabilità dell'equilibrio, come qualsiasi altro sistema, anche un punto dello spazio fisico in equilibrio su un'orbita circolare si opporrà a qualsiasi perturbazione esterna.

Essendo tutti i punti dello spazio che formano l'universo interagenti con lo spazio rotante locale, il comportamento che abbiamo descritto si manifesta in tutto l'universo come inerzia della materia.
In realtà, per quanto abbiamo visto, possiamo affermare che :

GRAVITA' ed INERZIA non sono caratteristiche proprie della materia organizzata, bensì del punto dello spazio fisico da essa occupato ed esprimono la sua capacità di produrre e mantenere una condizione di equilibrio opponendosi a qualunque perturbazione.
Analiticamente si possono esprimere le condizioni di moto del punto considerato :

$$V = \left(\frac{K^2}{R} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{in equilibrio su orbita circolare}$$

$$a_i = - \frac{\Delta \left(V^2 \cdot R \right)}{R^2} \qquad \text{in presenza di orbite perturbate}$$

In definitiva, qualunque sia il livello di aggregazione nello spazio, la materia si manifesta sempre attraverso un ruolo attivo, che si esplica imponendo ad ogni punto dello spazio circostante il rispetto della condizione $K^2 = V^2 \cdot R$ ed un ruolo passivo che essa esercita opponendo una forza F_i a qualunque azione esterna che le imponga una variazione delle condizioni di moto.

Queste due caratteristiche sono sufficienti per definire completamente ed in maniera inequivocabile la materia.

Il valore "K^2" associato alla materia Q si assume come massa attiva ed esprime, quantitativamente, la sua capacità di esercitare un ruolo attivo nel definire un equilibrio stazionario con lo spazio circostante.

Il valore m viene assunto invece come massa passiva o inerziale della

materia Q **ed esprime**, **quantitativamente**, **la sua capacità di opporsi a qualsiasi perturbazione venga imposta all'equilibrio**.

In base a questa interpretazione, **la** materia è spazio fisico **in moto relativo rispetto allo spazio circostante**.

Per concludere, osserviamo che abbiamo ricavato il significato della gravità e l'espressione che la descrive attraverso diverse vie indipendenti. Naturalmente, si tratta sempre della stessa realtà, ma cambia il metodo che viene scelto per descriverla.

Antonio Dirita

TEORIA DELL'ETERE
Esperimento di Michelson e Morley

–Teoria dell'etere, analisi critica dell'esperimento di Michelson e Morley

La relazione che definisce l'equilibrio dello spazio rotante ci consente di dare una **definizione operativa della materia**, **chiara ed inequivocabile**, senza aggiungere altre unità di misura fondamentali a quelle già note.

La quantità di materia associata al punto O **è data**, **per definizione**, **dal valore della costante** : $K^2 = V^2 \cdot R$

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

E' importante tenere presente che la velocità V **non viene imposta alla sfera esploratrice dall'esterno**, **ma si ottiene come risultato del lavoro che l'accelerazione radiale** a_r, **agente in ogni punto dello spazio fisico considerato**, **compie portando la sfera da una distanza** $R_0 \rightarrow \infty$ **al valore di equilibrio** R .

Essa rappresenta dunque la velocità di equilibrio di ogni punto dello spazio fisico rotante considerato, **anche se in esso non sono presenti aggregati di materia organizzata**.

Rilevato dunque il valore K^2, per esempio, per $R = 1\,\text{m}$, tutto lo spazio che si trova in condizione di equilibrio stazionario, verrà descritto dalla relazione :

$$V_{eq}^2(R) = \frac{K^2}{R}$$

Sostituendo, si ricava il valore dell'accelerazione radiale a_r che il centro O deve imporre allo spazio fisico circostante per mantenere i suoi punti ad una distanza costante e quindi in equilibrio su orbite circolari.

Si hanno dunque le relazioni fondamentali :

$$a_f = \frac{V_{eq}^2}{R} \qquad \text{e quindi :} \qquad a_r = -\frac{K^2}{R^2}$$

Questa relazione ci dice che, affinchè nello spazio geometrico circostante la materia possa esistere uno spazio fisico in equilibrio, è necessario che su ciascun punto dello spazio agisca una pressione radiale, espressa da a_r, **che viene indicata come gravità**.

Per una corretta interpretazione dei risultati, è importante ricordare che nello spazio che abbiamo considerato non esistono altre azioni oltre a quella della materia centrale.

Se dunque si considera uno spazio fisico imperturbato, la simmetria sferica porta ad una velocità di equilibrio con lo stesso valore in tutte le direzioni.

$$\overrightarrow{V} = \sum \overrightarrow{V_{eq}} = 0$$

In queste condizioni, ciascun punto rimane dunque in equilibrio, **fermo nello spazio**, sottoposto all'azione di tutti gli altri punti circostanti.

Essendo l'accelerazione centrifuga a_f dipendente da V^2, il suo segno risulta indipendente dalla direzione della velocità. Se abbiamo quindi un punto che compie un'oscillazione attorno alla posizione di equilibrio con una velocità V, anche se l'oscillazione ha un'ampiezza infinitamente piccola, in modo tale da poter considerare il punto fermo, si ottiene sempre un valore diverso da zero dell'accelerazione gravitazionale.

In definitiva, un punto dello spazio fisico, indipendentemente dalla sua massa, **viene sottoposto all'azione gravitazionale della materia solo per il fatto che " si trova in equilibrio " in un punto del suo spazio rotante, anche se è fermo**.

Se, a questo punto, in un punto qualsiasi dello spazio, " **caratterizzato dalla costante** K^2 ", lo spazio fisico puro viene sostituito da una massa in moto, " **lo spazio esercita sulla massa un'accelerazione radiale, che impone una velocità tangenziale di equilibrio tale che sia** " :

$$V_{eq}^2 \cdot R = K^2$$

In definitiva, se in un punto dello spazio fisico si pone un aggregato materiale, **tutto lo spazio circostante viene attivato e diventa capace di esercitare direttamente azioni sulla materia presente**.

La funzione della materia nella definizione dell'azione gravitazionale **termina con l'attivazione dello spazio**.
E' poi quest'ultimo che **fisicamente esercita l'azione gravitazionale** sulla materia in esso presente.

Non è dunque corretto dire che una massa m_1 esercita la sua azione su una massa m_2 posta alla distanza R.
Essendo infatti l'azione su m_2 istantanea, con questa interpretazione si dice che m_1 trasmette a m_2 **istantaneamente il messaggio che indica la sua presenza alla distanza** R.

Dato che è provato dall'esperienza che nessun segnale **può essere trasferito con velocità infinita e tuttavia l'accelerazione gravitazionale si presenta istantaneamente**, " questa interpretazione non può essere considerata corretta ".

Per poter soddisfare entrambe le osservazioni sperimentali, in accordo con quanto abbiamo ricavato teoricamente, **diciamo che**, **se una massa viene posta in uno spazio fisico di valore** K^2 , **viene** " immediatamente " **assoggettata "dallo spazio" ad un'azione tale da consentire l'equilibrio solo su un'orbita circolare di raggio** R , **percorsa con una velocità** V, **tale da soddisfare la condizione** :

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

Se la materia che ha attivato lo spazio si sposta, la massa, che si trova in un punto dello spazio circostante, **riceve istantaneamente l'informazione del movimento avvenuto e**, **con** K^2 **invariato**, **l'equilibrio si realizzerà con gli stessi valori della velocità e del raggio dell'orbita**.

Quest'ultima osservazione ci dice che la materia si circonda di **una sfera di spazio attivo di raggio** r_p, **che indichiamo come** spazio rotante, **che la segue in ogni suo spostamento e ne individua il raggio d'azione**.

E' chiaro che, se **lo spazio rotante è solidale** con la materia che lo genera, la consuetudine di considerare materia solo la massa centrale generatrice, è solo una scelta arbitraria, in quanto non esiste fisicamente alcuna possibilità di separare la massa centrale dalla sua sfera planetaria.

In seguito verrà dimostrato infatti che, **per attivare lo spazio circostante**, la materia trasferisce allo spazio un preciso valore di energia, opportunamente

distribuita, che produce una riduzione della massa centrale.
Dunque è come se una parte della materia centrale venisse diluita in tutto lo spazio rotante generato.

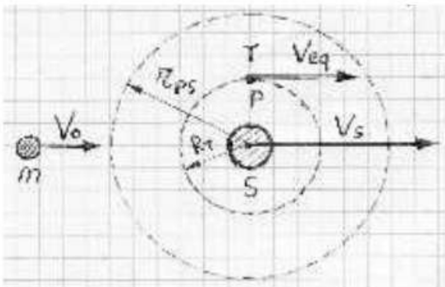
Quando parliamo, per esempio, del Sole, ci riferiamo alla sfera di idrogeno avente tutte le caratteristiche associate all'osservazione della sua superficie visibile di raggio r_s.

In realtà abbiamo visto (pag. 408) che il Sole ha una sfera planetaria avente un raggio uguale a **1385** UA alla quale è associata una energia, e quindi una massa che è da intendersi come massa solare, in quanto, quando spostiamo il Sole, **contemporaneamente** spostiamo un volume di spazio fisico uguale a quello della sua sfera planetaria.
Tale sarà quindi anche lo spazio che si perturba con lo spostamento.

E' più corretto intendere come Sole l'intera sfera planetaria, con tutte le caratteristiche associate.
Con questa nuova interpretazione, quando si parla di azione del Sole su una massa posta alla distanza R , non s'intende l'azione diretta del Sole, bensì quella **istantanea**, che produce direttamente lo spazio rotante solare ad una distanza R dal centro, che porta ad un equilibrio su un'orbita circolare avente appunto raggio R e velocità longitudinale V tale da verificare la condizione :

$$V_{eq}^2 \cdot R = K_s^2$$

Per maggiore chiarezza, con riferimento alla figura seguente, consideriamo il Sole in equilibrio con il pianeta Terra e la sfera planetaria (di spazio fisico) di raggio r_{ps}.



Nelle normali condizioni di equilibrio la sfera di spazio, solidale il Sole posto nel centro, si muove nello spazio rotante del sistema stellare locale con una velocità V_s (ricaveremo in seguito il valore $V_s = 988,7$ K_m/sec) , trascinando in questo moto tutte le masse in essa presenti.

La Terra, rappresentata in figura, sarà quindi animata dal moto di rivoluzione con velocità V_{eq} più quello di traslazione dell'intero sistema Solare.

Nelle condizioni indicate la velocità relativa tra Sole e Terra è uguale a quella di equilibrio V_{eq} e quindi l'accelerazione gravitazionale uguaglia la centrifuga e **nessuna forza** agisce sulla Terra, che continua così a percorrere la orbita circolare di raggio R_T , in perfetto equilibrio con lo spazio rotante.

Se a questo punto una massa m di valore trascurabile rispetto a quella solare, avente una velocità iniziale V_0 molto elevata, colpisce il Sole, la sua velocità orbitale V_s subisce un aumento ΔV_s , trascinando con se tutta la sua sfera planetaria con esso solidale (**ma non le masse in essa presenti**).

Essendo trascurabile la materia aggiunta al Sole, la sua azione gravitazionale è rimasta invariata in tutta la sfera planetaria e dunque, con riferimento alla Terra, la velocità di equilibrio dello spazio rotante nel punto P è ancora V_{eq} mentre la velocità relativa tra Terra e Sole è diventata:

$$V_T = \left(V_{eq} - \Delta V_s\right) < V_{eq}$$

L'equilibrio del pianeta viene quindi perturbato **istantaneamente**, **in quanto il punto P segue il Sole in tutti i movimenti**.

La velocità orbitale di equilibrio V_{eq} "è indipendente dal valore della massa" **e quindi coincide anche con la velocità di equilibrio di tutti i punti dello spazio fisico presenti sull'orbita di raggio** R.

Se dunque una massa m si muove in perfetto equilibrio sulla stessa orbita, presenta una velocità relativa uguale a zero, rispetto allo spazio rotante nel quale si muove, e dunque " non potrà scambiare con esso alcuna forma di energia ".

Questo vuol dire che:

Se non intervengono forze esterne, la massa m conserva il suo stato di moto equilibrato sull'orbita circolare per un tempo indefinito.

Come si può vedere, si tratta esattamente dell'**enunciato della prima legge della dinamica**, formulata da Newton, con la sola differenza che abbiamo, in questo caso, una traiettoria curva.

Con una diversa formulazione, è questa la curvatura dello spazio alla quale si rifersce Einstein nella teoria della relatività generale.

La massa in moto nelle condizioni indicate non è soggetta a nessuna forza. Essa non avverte quindi alcun effetto gravitazionale e non manifesta neppure la forza d'inerzia, in quanto il moto appare accelerato nel nostro spazio, fuori dall'orbita, ma risulta in perfetto equilibrio (**moto a velocità costante su una linea equipotenziale**) nello spazio in cui la massa realmente si muove.
In definitiva essa interagisce con lo spazio rotante nel punto occupato e non con il nostro spazio.

Ricordiamo ora che Einstein, trattando il problema della gravità, **nella teoria della relatività generale**, per rendere compatibile il limite della velocità della luce, previsto dalla teoria della relatività ristretta, con la legge di Newton della gravitazione universale, che invece prevede il **trasferimento istantaneo** dei segnali nello spazio da una massa all'altra, ipotizza per la materia la capacità di "**deformare lo spazio circostante**", creando così delle traiettorie curve.

Secondo Einstein, tale "**curvatura dello spazio**" fa deviare i corpi dalla loro traiettoria rettilinea, provocando così quello che noi chiamiamo " **attrazione gravitazionale** ".

La gravità viene quindi interpretata come un effetto puramente geometrico e le equazioni di Einstein esprimono proprio la relazione che esiste fra materia e curvatura prodotta.

Secondo la teoria della relatività generale, tutte le traiettorie, **ellittiche, circolari o iperboliche**, vengono imposte dalla deformazione dello spazio e risultano indipendenti dalla massa che le percorre.

Nella teoria degli spazi rotanti **è solo l'orbita circolare minima** (quantizzata) che viene imposta dallo spazio per poter verificare i principi di conservazione in qualsiasi punto, indipendentemente dalla massa presente.

La deviazione dall'orbita circolare **imposta** dipende invece **dall'eccesso di energia della massa presente**, rispetto al valore associato all'equilibrio (il calcolo dettagliato verrà eseguito in altro capitolo).

E' da notare che la deformazione dello spazio da parte della materia è stata proposta da Einstein sostanzialmente **"per giustificare il fatto che l'azione gravitazionale si presenta istantaneamente"** e dunque non necessita del trasferimento di un segnale.

La proposta fatta risolve però il problema solo per una massa che s'inserisce in uno spazio con deformazione già definita.

Se, riprendendo l'esempio che abbiamo riportato, si sposta il Sole, secondo questa proposta, esso **dovrà deformare** lo spazio circostante il nuovo punto occupato, comunicando la sua presenza, e questo richiede tempo, che ritarda l'azione gravitazionale.

Il problema si risolve solo considerando lo spazio fisico attivo solidale con la massa generatrice.

Per meglio confrontare i risultati teorici che abbiamo ottenuto con quelli che vengono proposti dalle teorie correnti, richiamiamo brevemente le basi della relatività di einstein.

Fino al XIX secolo nello studio di qualsiasi processo fisico si faceva ricorso ad un modello meccanico secondo il quale tutti i fenomeni naturali venivano interpretati come interazione tra particelle materiali.

In particolare, qualsiasi movimento ondulatorio doveva propagarsi in qualche elemento, così come suggerivano le onde del mare oppure di uno stagno, che si propagano attraverso l'acqua e le onde sonore che si muovono nell'aria.

In base a queste osservazioni, le onde elettromagnetiche non avevano alcuna possibilità di propagarsi nel vuoto e quindi si doveva teorizzare l'esistenza di una sostanza **materiale** che permettesse il loro trasferimento nello spazio. Questa sostanza, alla quale venivano richieste molte caratteristiche, spesso in contrasto fra loro, venne indicata come Etere.

L'esistenza di questa sostanza, ferma nello spazio, dava la possibilità di assumere **un riferimento privilegiato** rispetto al quale misurare qualsiasi movimento.

Dato che si sapeva, dall'esperienza, che **la luce si muoveva nello spazio con una velocità elevata ma finita** e, secondo la meccanica classica, il suo valore doveva risultare dipendente dalla velocità relativa dell'osservatore, la presenza di un riferimento privilegiato, fermo in qualsiasi punto dello spazio, consentiva di assegnare alla luce un valore della **velocità di propagazione avente la caratteristica di costante universale**.

Da questi brevi richiami si capisce l'importanza che assumeva per la fisica la presenza di un etere immobile che riempie tutto lo spazio.
E' per questa ragione che nel 1887 Michelson Morley si decisero di verificare la sua esistenza.

L'esperimento si fondava sulla semplice osservazione che, se esiste un etere immobile in tutto lo spazio, " **qualsiasi corpo fermo nello spazio risulterà fermo rispetto all'etere**, **mentre un corpo in movimento risulta in moto relativo rispetto all'etere nella direzione del moto e fermo in direzione perpendicolare al moto** ".

L'esperimento era stato concepito per dimostrare che la luce può assumere velocità diverse per diversi osservatori in moto relativo rispetto all'etere e con questo si provava l'esistenza stessa dell'etere immobile nello spazio.

Michelson pensò che se lo spazio è un oceano immobile di etere ed il Sole è fermo rispetto ad esso, la velocità della terra attraverso l'etere (**30** K_m / sec) poteva essere rilevata lanciando nello spazio diversi raggi di luce con diverso orientamento rispetto alla direzione del moto.

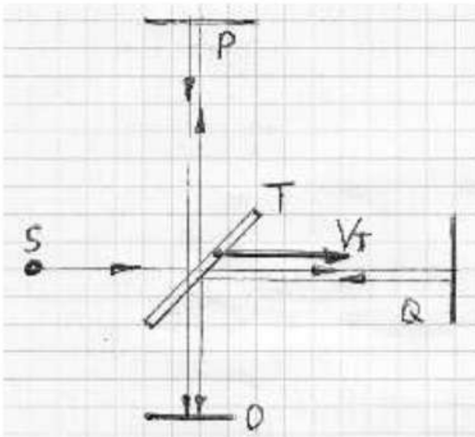
Se la luce si propaga veramente attraverso l'etere, la sua velocità si sarebbe rivelata dipendente dal flusso di etere suscitato dal moto della terra.

Michelson e Morley pensarono dunque di utilizzare due raggi di luce coerente inviando uno nella direzione del moto e l'altro in senso normale, confrontando poi il tempo da essi impiegato a percorrere la stessa distanza.

A bordo del sistema mobile Terra, uno osservatore O (schermo) riceve e confronta i due raggi dopo che hanno realizzato il loro percorso.

Trascurando i raffinati accorgimenti tecnici necessari in considerazione del fatto che la differenza di velocità è veramente esigua (30 su 300000), nella sua schematicità l'apparecchio utilizzato da Michelson e Morley è costituito da due regoli TP e TQ , perpendicolari tra loro e aventi uguale lunghezza L.

Nel punto T si trova uno specchio semiargentato, che divide il raggio inviato dalla sorgente S. I due raggi prodotti vengono deviati lungo i regoli alle cui estremità si trovano due specchi, che li riflettano nuovamete verso il punto T e vanno a interferire sullo schermo posto nel punto O, formandovi una figura di interferenza.



Un eventuale " vento d'etere " avrebbe comportato una diversa velocità della luce nelle diverse direzioni e di conseguenza uno scorrimento delle frange di interferenza con la rotazione di tutto lo strumento rispetto alla direzione del moto della Terra. Questo è quello che ci si aspettava di osservare.

E' naturale che, trattandosi di valutare il moto relativo tra Terra in movimento ed etere in quiete assoluta, il calcolo venne eseguito utilizzando la relatività di Galileo.

Ipotizzando che la terra si muova con velocità V_T verso destra, relativamente allo schema tracciato, e la luce con velocità C_l rispetto all'etere immobile, si calcolano i risultati previsti con le seguenti considerazioni.

Il tempo necessario a percorrere il braccio parallelo al moto terrestre durante l'andata, essendo per ipotesi il vento d'etere opposto, la velocità osservata della luce sarà $\left(C_I - V_T\right)$, mentre al ritorno si avrà ovviamente $\left(C_I + V_T\right)$.

Considerando il percorso di andata e ritorno identici, si calcola il tempo totale con la somma dei tempi richiesti dai due percorsi ; si avrà quindi :

$$t_1 = \frac{L}{\left(C_I - V_T\right)} + \frac{L}{\left(C_I + V_T\right)} = \frac{2 \cdot L}{C_I} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{V_T^2}{C_I^2}\right)}$$

In maniera analoga si calcola il tempo impiegato dalla luce per percorrere il braccio perpendicolare alla direzione al moto della terra. In questo caso però si sommano vettorialmente due velocità perpendicolari fra loro e quindi si ha la velocità osservata : $V = \sqrt{C_I^2 - V_T^2}$

che, per la simmetria dei percorsi risulta la stessa per il tragitto di andata e di ritorno, per cui il tempo richiesto per l'intero percorso risulta :

$$t_2 = 2 \cdot \frac{L}{\sqrt{C_I^2 - V_T^2}} = \frac{2 \cdot L}{C_I} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_T^2}{C_I^2}}}$$

t_1 e t_2 sono i tempi che l'osservatore in moto con la Terra misura, **secondo la trasformazione di Galileo**.

Trovato il tempo impiegato per percorrere ciascun braccio, si può procedere alla valutazione della figura intereferenza che si ottiene sullo schermo quando le due onde, aventi stessa fase iniziale, andranno nuovamente a sovrapporsi dopo una differenza di percorso data da :

$$\Delta L = C_I \cdot \left(t_2 - t_1\right)$$

Se il sistema viene fatto ruotare, man mano che l'angolo di rotazione aumenta ΔL diminuisce, riducendosi a zero con $\alpha = 45°$ per cambiare segno a $90°$, quando si verifica lo scambio tra i bracci e dunque dei tempi t_1 e t_2.

Se si ha l'etere immobile, con la rotazione si produce uno spostamento delle frange di interferenza. Viceversa, se l'etere non esiste, tutte le posizioni dello strumento, denominato interferometro, sono equivalenti e quindi **la rotazione non produrrà alcun effetto**.

La variazione di fase prevista dagli autori dell'esperimento non si presentò e questo dimostrava che la luce si propaga nello spazio senza alcun effetto di " trascinamento " da parte di un mezzo fisico.

Il fallimento dell'esperienza di Michelson e Morley nel dimostrare l'esistenza dell'etere può avere le seguenti giustificazioni :

– **La velocità della luce è indipendente dalla direzione del moto, quindi l'etere non esiste**.

– **La Terra è ferma rispetto all'etere e quindi, se esso esiste, si deve ammettere che in prossimità della superficie terrestre venga trascinato in rotazione**.

– **Il braccio dell'interferometro si accorcia nella direzione del moto**.

Secondo Einstein il risultato ottenuto poteva essere giustificato ammettendo l'inesistenza dell'etere e dunque ipotizzando che la velocità della luce fosse indipendente dal moto della sorgente e dell'osservatore.
Queste sono le ipotesi dalle quali egli derivò " i postulati " sui quali fondò la teoria della relatività ristretta :

– **le leggi fisiche sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento inerziali**

– **la velocità della luce è costante in tutti i sistemi di riferimento inerziali**

Normalmente si dice che con l'esperimento di Michelson e Morley si verifica "**l'indipendenza della velocità della luce**" da quella della sorgente rispetto all'osservatore.

In realtà nell'interferometro sorgente e osservatore durante moto sono solidali fra loro e quindi la loro velocità relativa è sempre uguale a zero, qualunque sia l'orientamento dei bracci.
Lo strumento non è dunque in grado di produrre uno scorrimento delle frange di interferenza con la rotazione.

Antonio Dirita

POSTULATI DI EINSTEIN
Velocità della luce

– Verifica dei postulati di Einstein sulla velocità della luce, osservazioni sull'esperimento di Michelson e Morley

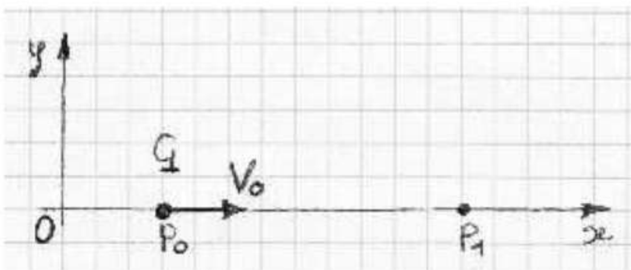
Abbiamo visto che la necessità di introdurre un mezzo come l'etere nasceva dalle evidenze sperimentali di un'analogia di comportamento tra la luce e una qualsiasi altra perturbazione prodotta nel vuoto oppure in un mezzo materiale qualsiasi.

Ricordiamo infatti che anche il suono, che rappresenta una perturbazione del mezzo, si trasmette con una velocità **caratteristica del mezzo**, indipendente dalla velocità della sorgente.

Lo stesso accade, per esempio, per la perturbazione prodotta in uno stagno dal lancio di un sasso, oppure da quella prodotta da un'antenna trasmittente o dalla perturbazione di un qualsiasi sitema legato, per esempio astronomico, in equilibrio.

A questo punto ci chiediamo " che cosa accomuna i casi citati ", che li rende tanto speciali e capaci di invalidare il principio di additività delle velocità, che è alla base delle trasformazioni di Galileo.

Per dare una risposta al quesito che abbiamo posto, consideriamo il sistema schematizzato in figura.



Abbiamo un sistema di riferimento solidale con il mezzo nel quale, nel punto P_1, si trova un osservatore fermo, mentre in P_0 abbiamo un fucile in moto con velocità V_0.

All'interno del fucile, il proiettile riceve una spinta **rispetto al fucile**, e dunque un'energia E_s, che dipende solo dalla carica esplosiva e non dalla velocità dell'insieme fucile-proiettile.

Se m_0 è la massa del proiettile, la sua energia cinetica prima dell'esplosione aveva il valore : $E_0 = \frac{1}{2} \cdot m_0 \cdot V_0^2$

Dopo lo sparo, all'uscita dal fucile, l'energia del prioiettile sarà: $E = E_0 + E_s$

Se V_1 è la velocità associata all'energia E_s , valutata con il fucile fermo, la velocità con la quale l'osservatore P_1 vede giungere il proiettile sarà :

$$V = V_0 + V_1$$

Si applica in questo caso la trasformazione di Galileo.

Supponiamo ora di otturare la canna del fucile con una membrana elastica e molto resistente.

Ripetendo l'esperimento, **nelle stesse condizioni**, il proiettile dopo lo sparo cede l'energia E_s alla membrana e si ferma nel fucile, conservando l'energia iniziale E_0 .

L'energia E_s , ceduta alla membrana, passa da quest'ultima al mezzo esterno sottoforma di impulso di pressione, che perturba l'equilibrio, senza alcun trasferimento di massa.

A questa perturbazione è associata l'energia E_s, che si trasmette nello spazio esterno e giunge all'osservatore con una velocità che non dipende dal tipo di sorgente, dalle sue condizioni di moto **e "risulta un valore caratteristico dello spazio in cui il trasferimento si verifica"**.

Se indichiamo con P la "entità" alla quale è associata l'energia E_s, che viene trasferita dal fucile all'osservatore, nel primo caso il proiettile si comporta nel rispetto delle trasformazioni di Galileo, mentre nel secondo caso la velocità di propagazione dell'energia **risulta una costante**, indipendente dalla velocità relativa del fucile rispetto all'osservatore.

Il comportamento, **apparentemente strano**, si giustifica perfettamente se si considera che nel primo caso l'entità emessa dal fucile è una parte materiale, già presente nel sistema iniziale in movimento, che viene espulsa dopo aver subito una forte accelerazione.

Nel momento in cui si separa dal fucile ha acquisito una velocità data dalla somma di quella iniziale più il valore prodotto dall'accelerazione impressa.

Nel secondo caso, l'entità che viene emessa, anche se è stata generata dal fucile in movimento, non era presente nel sistema iniziale, ma viene generata direttamente nel mezzo esterno in un punto **staccato** dal fucile, indipendente quindi dal suo moto.

Essa nasce inoltre come perturbazione immateriale e dunque **priva di energia cinetica iniziale**.

E' quindi facilmente comprensibile che il trasferimento di **una perturbazione delle caratteristiche del mezzo** (entità priva di massa) debba dipendere solo dal mezzo stesso.

Supponiamo ora di sostituire il fucile con un atomo in moto con velocità V_0.
Se l'atomo espelle un elettrone, inizialmente in moto anch'esso con velocità V_0, la situazione si presenta analoga al primo caso esaminato e la velocità dell'elettrone osservata è quella che si ottiene con le trasformate di Galileo.

Se l'elettrone **non viene emesso** dall'atomo in movimento, ma subisce solo una transizione verso un'orbita più interna, si crea una situazione analoga a quella del secondo caso, in cui l'atomo iniziale non emette nulla di materiale, ma genera nel mezzo esterno (fuori dall'atomo in moto) **una perturbazione non materiale**, che si propaga con una velocità dipendente unicamente dalle caratteristiche del mezzo " **e trasferisce nello spazio un'energia legata solo alla transizione avvenuta nell'atomo** ".

L'indipendenza dalla velocità della sorgente è una tipica caratteristica della propagazione di una perturbazione che si genera nello spazio circostante la sorgente.

I fenomeni associati a questo tipo di trasferimento dell'energia, sono

diversi a seconda che la sorgente abbia funzionamento ondulatorio o impulsivo.

In tutti questi casi, l'energia trasferita dipende solo dal tipo di sorgente ed è espressa da una relazione del tipo : $E_s = \alpha \cdot \nu$
dove α è una costante caratteristica del tipo di sorgente e ν la frequenza con la quale si produce la perturbazione.

Mentre la velocità di propagazione è una costante caratteristica del mezzo .
L'indipendenza della velocità di propagazione di una perturbazione dal moto della sorgente, rispetto all'osservatore, può essere messa in evidenza con la **formula di Einstein**, **ricavata con riferimento alla luce**, interpretata come una perturbazione del mezzo a carattere impulsivo :

$$V = \frac{V_s + V_o}{1 + \dfrac{V_o \cdot V_s}{V_m^2}}$$

dove V indica la velocità con la quale l'osservatore vede il trasferimento della energia E_s ; V_s la velocità della sorgente ; V_o la velocità dell'osservatore e V_m la velocità di propagazione di una perturbazione delle caratteristiche del mezzo.

E' facile verificare che, **se** V_s e/o V_0 **assume il valore** V_m, **la velocità** V , **con la quale l'osservatore vede l'energia trasferirsi**, **è sempre** V_m.

Nel caso in cui la sorgente, in moto con velocità V_s , **emette una particella materiale** con velocità V_1, con la trasformazione di Galileo si ha il valore :

$$V = V_s + V_1$$

diverso dal risultato che si ricava applicando la formula di Einstein. I risultati sono entrambi validi con un significato diverso.

Per esempio, se si pone $V_s = V_o = \frac{1}{2} \cdot V_m$, si ricava $V = \frac{4}{5} \cdot V_m$

mentre con la trasformazione di Galileo il valore risulta $V = V_m$.

Se il tipo di perturbazione generato dalla sorgente coincide con quello che si utilizza per effettuare le osservazioni, è chiaro che una velocità della sorgente $V_s \geq V_m$ non permette alla perturbazione generata di uscire dalla sorgente per propagarsi nel mezzo con la velocità V_m , e quindi di fatto non viene proprio generata.

Ne deriva che V_m diventa, in questo caso, anche il valore massimo che può assumere la velocità della sorgente per poter essere osservata.

Se anche si volesse utilizzare un segnale riflesso (per esempio un suono) per osservare un oggetto in moto con una velocità maggiore di V_m , il rilievo non sarebbe possibile, in quanto il segnale verrebbe assorbito e non riflesso.

Nel senso che è stato indicato, la velocità caratteristica del mezzo V_m , **con la quale si propaga una perturbazione**, qualora lo stesso tipo di perturbazione venga utilizzato come strumento per l'osservazione, **rappresenta anche il valore massimo della velocità raggiungibile in quel mezzo da un** qualsiasi punto osservabile.

Generalmente le osservazioni vengono fatte usando onde elettromagnetiche, che sono perturbazioni dello spazio a carattere sinusoidale, **oppure la luce, che è invece una perturbazione direzionale di tipo impulsivo** (con forma d'onda sinusoidale).

In questo caso, **nella formula di Einstein** a V_m si sostituisce la velocità della luce C_l ed ha inizio l'elaborazione della relatività speciale, assumendo come postulato fondamentale il fatto che :

– **la velocità della luce è indipendente da quella della sorgente che la emette** (come quella di qualsiasi perturbazione immateriale)

– **la velocità della luce nello spazio vuoto** (spazio fisico) **è una costante indipendente dalla velocità dell'osservatore rispetto al mezzo in cui si propaga**.

– **la velocità della luce rappresenta il valore massimo raggiungibile** (da qualsiasi punto osservabile con un segnale luminoso) **nell'universo da noi osservabile con la luce**.
Il valore della velocità della luce viene assunto dunque come **limite naturale insuperabile**.

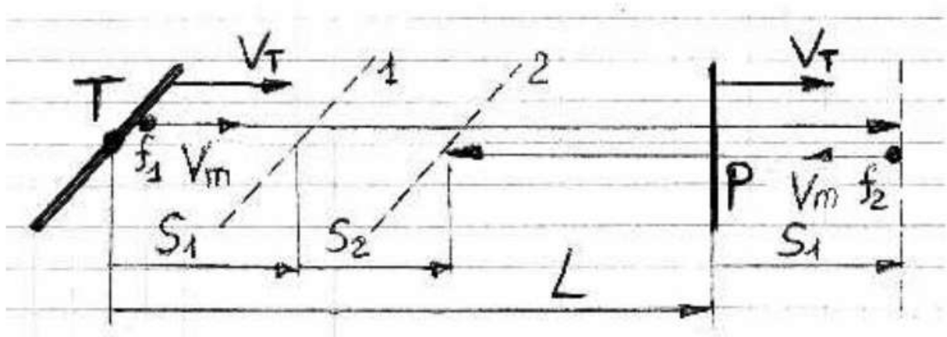
Mentre il primo ed il terzo punto vengono verificati, con le condizioni che sono state indicate, il secondo punto non è verificato ed è frutto di una non corretta interpretazione dei risultati forniti dall'esperimento di Michelson e Morley.

Nel calcolo classico relativo all'esperimento di Michelson e Morley, i bracci vengono considerati di lunghezza costante, uguale a L , qualunque sia il loro orientamento nello spazio e vengono assunti coincidenti con il percorso della luce che l'osservatore mobile rispetto al mezzo, vede con velocità diverse nel tragitto di andata e ritorno.

Un osservatore in quiete rispetto al mezzo vedrà invece la luce muoversi, nel mezzo, con la stessa velocità durante il tragitto di andata e ritorno, mentre la lunghezza del braccio apparirà "**aumentata durante il percorso di andata**" e "**diminuita durante quello di ritorno**".

Sempre lo stesso osservatore in quiete, rispetto al mezzo attraverso il quale si trasmette il segnale, conoscendo la velocità di propagazione, potrà valutare i tempi di percorrenza del braccio e constaterà che " **il tempo di andata si è dilatato rispetto a quello rilevato con il braccio in quiete**, **mentre quello di ritorno si è contratto**".

Si tenga presente che queste variazioni di lunghezze e tempi non hanno nulla in comune con quelle che si ricavano nella teoria della relatività ristretta, che utilizza le trasformazioni di Lorentz, mentre ora si stanno utilizzando quelle di Galileo.



Ricalcoliamo dunque i percorsi prendendo in considerazione le osservazioni che sono state fatte.

In figura è riportato il braccio orizzontale dell'interferometro, che si sposta con la Terra con velocità relativa V_T, rispetto al mezzo in cui si muovono i segnali f_1 ed f_2 , i quali si spostano con una velocità V_m , rispetto al mezzo nel quale si propagano, che supponiamo fermo e solidale con l'osservatore.

Nell'istante $t = 0$ viene emesso il segnale f_1 , che si muove con velocità V_m nella direzione indicata e raggiunge, dopo un tempo t_{f1} , lo specchio P che, nello stesso tempo, ha percorso lo spazio S_1 insieme allo specchio centrale semiriflettente T.

Lo spazio percorso da f_1 risulta quindi : $L_1 = L + S_1$

$$S_1 = V_T \cdot t_{f1} = V_T \cdot \frac{L + S_1}{V_m} \quad \text{da cui si ottiene :} \quad S_1 = L \cdot \frac{\frac{V_T}{V_m}}{1 - \frac{V_T}{V_m}}$$

Lo specchio P riflette il segnale f_1 emettendo il segnale f_2 che si muove nel verso opposto sempre con velocità V_m rispetto al mezzo e all'osservatore. Dopo un tempo t_{f2} esso raggiunge lo specchio T che, nello stesso tempo, ha percorso l'ulteriore spazio S_2 .

Lo spazio percorso da f_2 risulta quindi : $L_2 = L - S_2$ con S_2 dato da :

$$S_2 = V_T \cdot t_{f2} = V_T \cdot \frac{L - S_2}{V_m} \quad \text{da cui si ottiene :} \quad S_2 = L \cdot \frac{\frac{V_T}{V_m}}{1 + \frac{V_T}{V_m}}$$

L'intero percorso effettuato nel mezzo, con velocità V_m , dal segnale inviato nella direzione del moto della Terra, risulta :

$$L_{01} = L_1 + L_2 = 2 \cdot L + \left(S_1 - S_2\right)$$

$$\left(S_1 - S_2\right) = L \cdot \frac{V_T}{V_m} \cdot \left(\frac{1}{1 - \frac{V_T}{V_m}} - \frac{1}{1 + \frac{V_T}{V_m}} \right)$$

con semplici passaggi si ricava :

$$\left(S_1 - S_2\right) = 2 \cdot L \cdot \frac{V_T^2}{V_m^2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{V_T^2}{V_m^2}} = 2 \cdot L \cdot \frac{V_T^2}{V_m^2 - V_T^2}$$

e quindi, sostituendo :

$$L_{01} = 2 \cdot L + \left(S_1 - S_2\right) = 2 \cdot L \cdot \frac{1}{1 - \frac{V_T^2}{V_m^2}}$$

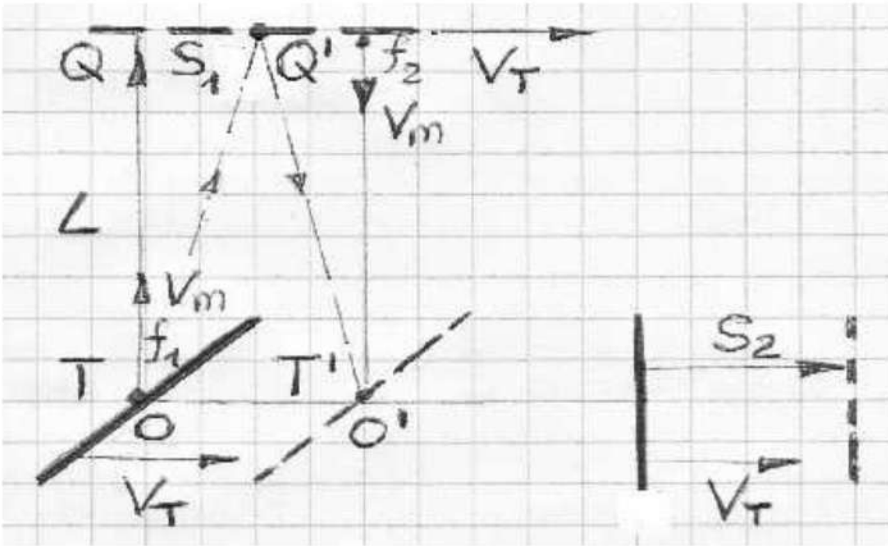
I tempi che lo stesso osservatore rileva risultano :

$$t_{f1} = \frac{L_1}{V_m} = \frac{L}{V_m} \cdot \frac{1}{1 - \frac{V_T}{V_m}} = \frac{t_0}{1 - \frac{V_T}{V_m}}$$

$$t_{f2} = \frac{L_2}{V_m} = \frac{L}{V_m} \cdot \frac{1}{1 + \frac{V_T}{V_m}} = \frac{t_0}{1 + \frac{V_T}{V_m}}$$

e quindi : $$t_1 = t_{f1} + t_{f2} = 2 \cdot t_0 \cdot \frac{1}{1 - \frac{V_T^2}{V_m^2}}$$

Consideriamo ora il braccio verticale dell'interferometro.



Dovendosi verificare la riflessione del segnale sullo specchio Q in moto con velocità V_T rispetto al mezzo, se t_f è il tempo impiegato dal segnale emesso dalla sorgente nel punto O per raggiungere lo specchio, bisogna tener conto che nello stesso tempo quest'ultimo si sarà spostato in Q', con $\overline{QQ'} = V_T \cdot t_f$.

Il segnale f_1 verrà quindi emesso nella direzione OQ' e si sposterà nel mezzo con la velocità caratteristica V_m, percorrendo la traiettoria $\overline{OQ'}$ **in assoluta autonomia ed indipendenza** sia dalla sorgente O che dallo specchio Q.
Il percorso di andata del segnale emesso risulta quindi :

$$L_s^2 = L^2 + \left(V_T \cdot t_f\right)^2$$

Il tempo impiegato :
$$t_f^2 = \frac{L^2 + \left(V_T \cdot t_f\right)^2}{V_m^2}$$

da cui :
$$t_f = t_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_T^2}{V_m^2}}} \qquad \text{con} \quad t_0 = \frac{L}{V_m}$$

quindi anche : $$L_s = L \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_T^2}{V_m^2}}}$$

e l'intero percorso sul braccio verticale : $L_{02} = 2 \cdot L_s$

Essendo per il segnale riflesso il discorso assolutamente identico, il tempo richiesto per il percorso del braccio verticale sarà :

$$t_2 = 2 \cdot t_f = 2 \cdot t_0 \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_T^2}{V_m^2}}}$$

La differenza di percorso tra i due bracci sarà :

$$\Delta L = L_{01} - L_{02} = 2 \cdot L \cdot \frac{1}{1 - \frac{V_T^2}{V_m^2}} - 2 \cdot L \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V_T^2}{V_m^2}}}$$

A questo punto notiamo che, sia nel sistema mobile che in quello fisso,

dopo
l'emissione, **il segnale si muove nello spazio in assoluta autonomia e quindi la traiettoria seguita risulta indipendente dalle condizioni di moto della sorgente e dell'osservatore**, **quindi di tutto lo strumento**.

Questo si verifica indipendentemente dal fatto che lo spazio sia vuoto (**e immobile**) **oppure** "occupato da un mezzo immobile". L'orientamento della traiettoria è perciò definita solo dall'orientamento degli specchi, che viene calcolata considerando solo la velocità V dello strumento **rispetto al riferimento solidale con lo spazio immobile**.

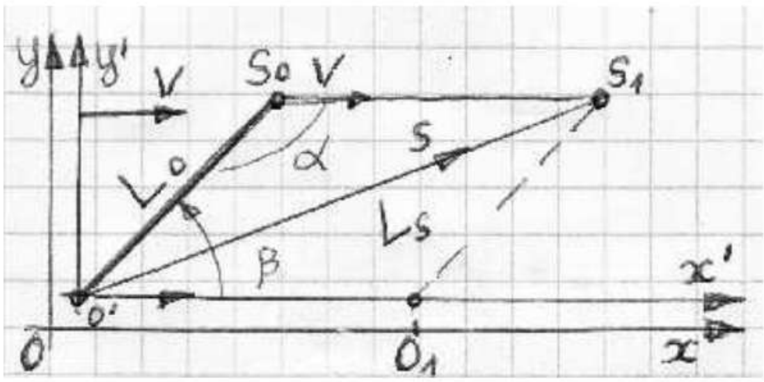
L'esperimento di Michelson non è in grado di rivelare o di negare la presenza di un **mezzo immobile** in uno spazio vuoto (puro spazio geometrico) anch'esso immobile.

L'analisi che abbiamo fatto, e quindi i **risultati ottenuti**, **conservano la loro validità qualunque sia lo spazio in cui ci muoviamo**.
I rilievi fatti nel sistema mobile con l'esperimento di Michelson e Morley hanno evidenziato la formazione di frange d'interferenza, ma non uno spostamento con la rotazione dell'interferometro di $90°$.

Si deve ancora osservare che nel calcolo si fa sempre riferimento al percorso completo di andata e ritorno del segnale, considerando infine il valore medio del tempo impiegato.

Dato che sui due bracci dell'interferometro i due segnali, diretto e riflesso, non si trovano nelle stesse condizioni (sul braccio verticale i percorsi sono uguali su quello orizzontale no), per il tipo di problema che si sta trattando **si deve fare riferimento a una situazione ben definita e non a quella media**. **Si deve cioè considerare un solo percorso e non due**.

Abbiamo finora considerato le due posizioni estreme, del braccio, parallelo o perpendicolare al moto.
Se si considera una posizione generica del braccio, rispetto alla direzione del moto, si ha la disposizione indicata in figura.



Applicando il teorema di Carnot, il percorso del segnale **s** risulta :

$$L_s^2 = L_0^2 + (V \cdot t)^2 - 2 \cdot L_0 \cdot (V \cdot t) \cdot \cos\alpha =$$
$$= L_0^2 + (V \cdot t)^2 + 2 \cdot L_0 \cdot (V \cdot t) \cdot \cos\beta$$

Per $\beta = 0$ si ottiene : $L_s = L_0 + (V \cdot t)$

Per $\beta = \frac{\pi}{2}$ si ottiene : $\quad L_s = \sqrt{L_0^2 + (V \cdot t)^2}$

Con i due bracci perpendicolari tra loro si ha una differenza di percorso :

$$\Delta L_s^2 = 2 \cdot L_0 \cdot (V \cdot t) \cdot \left[\cos\beta - \cos\left(\beta + \frac{\pi}{2} \right) \right]$$

da cui, con semplici passaggi algebrici, si ottiene :

$$\Delta L_s^2 = \sqrt{2} \cdot L_0 \cdot (V \cdot t) \cdot \mathrm{sen}\left(\beta + \frac{\pi}{4} \right)$$

che si può scrivere:

$$\Delta L_s = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{L_0 \cdot (V \cdot t)}{L_s} \cdot \mathrm{sen}\left(\beta + \frac{\pi}{4} \right)$$

sostituendo per : $\quad L_s = L_0 + (V \cdot t) \quad$ si ha :

$$\Delta L_s(\beta = 0) = \frac{1}{2} \cdot \frac{L_0 \cdot (V \cdot t)}{L_0 + (V \cdot t)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{L_0 \cdot (V \cdot t)}{L_0 \cdot (1 + V \cdot t)} =$$

$$= \frac{L_0}{2} \cdot \frac{V}{V_m} \cdot \frac{1}{1 + \frac{V}{V_m}}$$

analogamente, si ricava :

$$\Delta L_s\left(\beta = \frac{\pi}{2} \right) = \frac{L_0}{2} \cdot \frac{V}{V_m} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V^2}{V_m^2}}}$$

per $\beta = \frac{\pi}{4}$ si ottiene : $\Delta L_s \left(\beta = \frac{\pi}{4} \right) = 0$

In base a questi risultati, possiamo affermare che :

In presenza di uno spazio vuoto immobile oppure un mezzo immobile, rispetto allo strumento, una rotazione dell'interferometro di Michelson da $\beta = 0$ a $\beta = \frac{\pi}{2}$ produce uno sfasamento tra i due segnali, che passa da un valore massimo a zero in corrispondenza di $\beta = \frac{\pi}{4}$, dando origine così ad uno scorrimento delle frange d'interferenza.

Se non è stato rilevato nessuno scorrimento, si deve necessariamente escludere sia l'esistenza del mezzo immobile che dello spazio vuoto.

Il fatto che l'esperimento abbia messo in evidenza delle frange d'interferenza "in una posizione indipendente dalla rotazione dei bracci", rappresenta, per la nostra teoria degli spazi rotanti, un'ottima conferma dell'esistenza della sfera planetaria di spazio fisico solidale con la Terra.

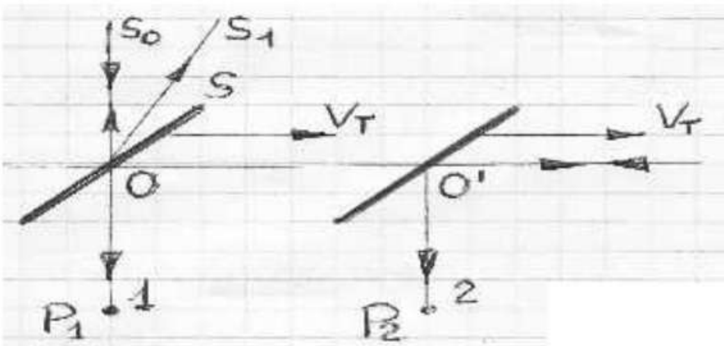
Solo in questo caso **il percorso dei segnali sui due bracci risulta uguale a $2 \cdot L_0$, indipendentemente dalla rotazione.**

Antonio Dirita

ESPERIMENTO MICHELSON E MORLEY smentisce Einstein

– L’esperimento di Michelson e Morley smentisce Einstein e i postulati sulla velocità della luce e verifica la teoria degli spazi rotanti

Ricordiamo sinteticamente che il cuore dell’esperimento di Michelson risiede nello specchio semirifrangente posto al centro dello strumento, come in figura



Se la Terra si muove con la velocità V_T in un " **etere immobile oppure nel vuoto assoluto** ", dopo l’emissione il segnale si muove indipendentemente dalla sorgente e quindi, se osserviamo dal riferimento immobile, solidale con lo spazio o il mezzo, lo vedremo quindi continuare **indisturbato** la sua corsa nella direzione di partenza, mentre gli specchi riflettente e semiriflettente, che si muovono solidali con la Terra, si spostano verso destra, come è indicato in figura.
Se il segnale viene inviato nella direzione di S_0 , inizia e termina la sua corsa sulla verticale passante per il punto O e dunque giunge sullo schermo in P_1 .

Il raggio **2** inizia anch’esso la sua corsa nel punto O insieme al raggio **1** , ma, durante il tragitto di ritorno, viene riflesso dallo specchio semiriflettente S nel punto O’, dopo aver percorso la distanza, che, con bracci di lunghezza uguale a **11** m , vale circa **2.2** mm.

Esso arriverà dunque sullo schermo collettore nel punto P_2 , ad una distanza da P_1 molto elevata e quindi i due raggi non potranno in alcun modo produrre fenomeni di interferenza.

Naturalmente, in fase di messa a punto dello strumento, si orienta lo specchio semiriflettente in modo che il segnale diretto vada ad intercettare lo specchio riflettente nella nuova posizione, spostata di circa **1.1** mm, in modo che quello riflesso vada ad incidere sullo specchio semiriflettente **nel punto** O', dando origine alle frange d'interferenza.

Nella fase di messa a punto non abbiamo però alcuna possibilità di realizzare meccanicamente spostamenti dell'ordine di una lunghezza d'onda, per cui in realtà si orienta lo specchio fino alla comparsa delle frange.
Si è così certi che l'orientamento è quello giusto.

Questo vuol dire che, qualunque cosa abbiamo nello spazio che il segnale deve attraversare, il segnale viene inviato nella direzione S_1.

Se lo spazio è vuoto ed immobile, il segnale continua la sua corsa su questa traiettoria fino allo specchio nel punto S_1.
Se nello spazio abbiamo un mezzo immobile, nulla cambia e il segnale andrà ad incidere sullo specchio sempre nel punto S_1.
L'interferometro non riesce dunque a distinguere le due situazioni e quindi non raggiunge lo scopo.

Dato che l'esperimento ha messo in evidenza che **le frange d'interferenza si formano e non subiscono alcuno scorrimento con la rotazione dello strumento**, si deve dedurre che la Terra è in quiete rispetto allo spazio che la circonda, nel quale si muovono i due raggi durante l'esperimento.
Solo in queste condizioni è possibile la formazione di frange immobili con la rotazione.

Normalmente l'analisi che abbiamo riportato non viene fatta e con una errata interpretazione, si cerca di interpretare il risultato.

Trascurando l'improponibile soluzione di "**un etere trascinato in rotazione dalla Terra**" in prossimità della sua superficie, come avviene per l'atmosfera, secondo le teorie correnti non rimane che **la proposta di Einstein**, secondo la quale :

– Non esiste nessun etere, nè mobile nè immobile.
La velocità della luce è una costante fisica indipendente dalla velocità della sorgente e dal sistema di riferimento.

Questo postulato, come abbiamo detto, mette però in disaccordo la relatività ristretta con la legge della gravitazione universale di Newton e, per rendere le due teorie compatibili, Einstein elabora la teoria della relatività generale.

Dunque, per giustificare i risultati forniti dall'esperimento di Michelson, senza considerare lo spostamento dello specchio semiriflettente, Einstein **assegna alla velocità della luce il ruolo di costante fisica universale**, obbligando così a cercare trasformazioni alternative a quelle di Galileo, capaci di rendere la velocità della luce costante, **in accordo con il postulato imposto**.

Questo risultato è stato ottenuto con la trasformazione di Lorentz, pagandolo con una variabilità dello spazio e del tempo in rapporto al riferimento scelto.

Questo argomento verrà ampiamente discusso in un altro capitolo. In ogni caso, è da notare come questa scelta rimanga comunque in disaccordo con l'osservazione sperimentale di **un'azione gravitazionale che si manifesta istantaneamente**.

"Nella teoria degli spazi rotanti" si dimostra invece che qualsiasi corpo materiale è solidale con una sfera di spazio fisico che lo accompagna in ogni spostamento.

Nel caso della Terra questa sfera ha un raggio $r_{PT} = 2.1586 \cdot 10^6\,K_m$ e quindi giustifica perfettamente il risultato fornito dall'esperimento di Michelson oltre al fatto che l'azione gravitazionale sia istantanea.

L'esperimento di Michelson, posto alla base del postulato di Einstein, **lo smentisce** e nello stesso tempo conferma la teoria degli spazi rotanti.

L'indipendenza della velocità della luce dal sistema di riferimento **invalida la additività delle velocità e dunque implica che essa sia anche il valore limite della velocità raggiungibile da qualsiasi massa nell'universo da noi osservabile**.

Fu Lorentz che trovò, come artificio matematico, le leggi di trasformazione da un sistema inerziale all'altro, per sostituire le trasformazioni di Galileo.

Einstein ricavò a sua volta le trasformazioni di Lorentz, **imponendo la**

costanza della velocità della luce in tutti i sistemi di riferimento inerziali e la validità della relatività galileiana.

Considerando il moto solo lungo l'asse x, le trasformazioni risultano :

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c_l^2} \cdot x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c_l^2}}} \quad ; \quad x' = \frac{x - v \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c_l^2}}} \quad ; \quad Y' = Y \quad ; \quad Z' = Z$$

dividendo le prime due, si ottiene la formula di Einstein della trasformazione delle velocità :

$$V' = \frac{V_0 - V}{\sqrt{1 - \frac{V \cdot V_0}{c_l^2}}}$$

Si noti che nell'espressione C_l rappresenta la velocità V_m di propagazione del segnale, caratteristica del mezzo considerato e la relazione **si applica a qualsiasi tipo di segnale**.

Se il tipo di perturbazione generato dalla sorgente coincide con quello che si utilizza per effettuare le osservazioni, è chiaro che una velocità della sorgente $V_s \geq V_m$ non permette alla perturbazione generata di uscire dalla sorgente per propagarsi nel mezzo con la velocità V_m , e quindi di fatto non viene proprio generata.

Ne deriva che V_m diventa, in questo caso, anche il valore massimo che può assumere la velocità della sorgente per poter essere osservata.

Se anche si volesse utilizzare un segnale (per esempio un suono) riflesso per osservare un oggetto in moto con una velocità maggiore di V_m , il rilievo non sarebbe possibile, in quanto il segnale verrebbe assorbito e non riflesso.

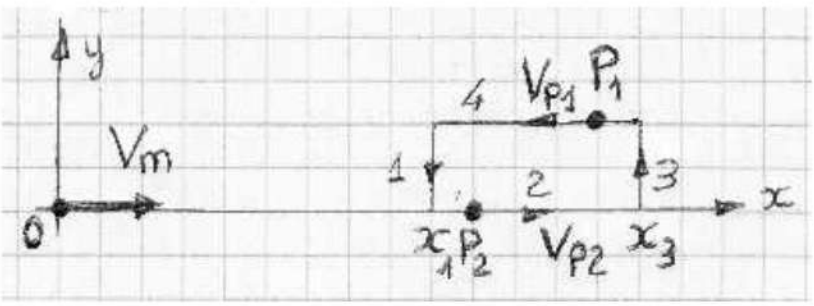
Nel senso che è stato indicato, la velocità caratteristica del mezzo V_m, con la quale si propaga una perturbazione, qualora lo stesso tipo di perturbazione venga utilizzato come mezzo d'indagine, rappresenta anche il valore massimo della velocità raggiungibile in quel mezzo da un qualsiasi punto osservabile.

Si deve tener presente che questo non vuol dire che la velocità V_m non potrà essere superata in assoluto da nessun punto presente in quel mezzo, ma che i punti che superano quella velocità non sono osservabili e quindi, per l'osservatore che ha scelto di utilizzare il segnale con velocità V_m come strumento di osservazione, di fatto non esistono.

La velocità V_m , per sua natura non ha nessuna particolare proprietà oppure privilegi, ma siamo noi osservatori che, con la nostra scelta, le attribuiamo un ruolo particolare.

E' chiaro che la scelta di V_m definisce anche il tipo di universo che siamo in grado di osservare e di descrivere.

L'universo osservato da un animale che utilizza la luce non ha nulla o quasi in comune con quello visto da uno che invece usa il suono, come, per esempio, i pipistrelli.



Per chiarire quanto è stato detto, consideriamo il sistema schematizzato in figura, in cui abbiamo un osservatore O che utilizza un segnale, che si sposta in quel mezzo con la velocità V_m , per osservare l'universo in direzione dello asse x , dove si hanno due punti P_1 e P_2 in moto sulla traiettoria indicata.

Vediamo quali potranno essere i rilievi effettuati dall'osservatore nelle diverse circostanze, supponendo che i tratti 1-3 siano molto distanti tra loro ($x_3 >> x_1$).

– $V_m < V_{P1}$; V_{P2} : può essere, per esempio, il caso in cui l'osservatore usa il suono per osservare due aerei supersonici che percorrono la traiettoria che abbiamo indicato.
In questo caso lungo i percorsi 2 e 4 gli aerei non sono visibili, in quanto sul 2 l'aereo non viene raggiunto dal segnale, mentre sul tratto 4 esso non viene riflesso, ma assorbito.

In definitiva quindi l'osservatore non ha alcuna possibilità di conoscere l'intero percorso e vedrà due aerei che passano in successione lungo il percorso **1** e, a notevole distanza, forse in contesto completamente diverso, altri due aerei che percorrono il tratto **3** seguendo le stesse leggi del moto, come se fossero in comunicazione fra loro.

– $V_{P1} < V_m < V_{P2}$: l'universo è rimasto invariato, ma l'osservatote guarda con un segnale che si sposta nel mezzo con una velocità più elevata di quella del primo aereo, per cui vedrà quest'ultimo percorrere regolarmente tutta la traiettoria, mentre l'aereo P_2 verrà interpretato come due aerei distinti che si presentano con regolarità sui tratti 1 e 3.

– $V_m > V_{P1}$; V_{P2} : in questo caso entrambi gli aerei sono visibili lungo tutta la traiettoria.

Con questo esempio vediamo che i punti che un segnale consente di osservare sono solo quelli che si muovono con una velocità minore di di quella di propagazione V_m , mentre quelli che superano tale velocità non sono osservabili e dunque, per l'osservatore, non esistono.

Per questa ragione l'osservatore dirà che " la velocità di propagazione V_m rappresenta un limite insuperabile ".

Generalmente le osservazioni vengono fatte usando onde elettromagnetiche, che sono perturbazioni dello spazio a carattere sinusoidale, **oppure la luce, che è invece una perturbazione direzionale di tipo impulsivo**.

In questo caso, nella formula di Einstein a V_m si sostituisce la velocità della luce C_l e ha inizio l'elaborazione della relatività speciale, che assume come **postulati fondamentali la costanza e l'insuperabilità della velocità della luce**.
La velocità della luce assume così il ruolo di " costante universale ".
In realtà questo valore non ha nulla di universale ed è importante solo per gli osservatori che hanno scelto la luce come strumento per le loro osservazioni.

Tutti gli effetti che sono legati alla luce in questo suo ruolo, **come per esempio la contrazione delle lunghezze e la dilatazione del tempo**, **si verificano comunque**, **anche con altri segnali**.
Gli animali che utilizzano il suono come unico mezzo d'indagine osservano le stesse cose.

Per quanto sappiamo dal processo di emissione, **la luce nasce come perturbazione** (**non materiale**) **dell'equilibrio dello spazio in un punto**, **che acquista così energia rispetto allo spazio circostante in equilibrio**, (analogamente a tutte le perturbazioni che si producono nei mezzi materiali).

L'energia associata a questa perturbazione " si propaga per onde " ai punti vicini con una velocità che dipende unicamente dal livello di aggregazione della materia nello spazio considerato, **e quindi dalle caratteristiche del mezzo**.

Dello spazio fisico **che noi consideriamo vuoto**, nella realtà possiamo solo affermare che in esso **non sono presenti elettroni o aggregati materiali a un livello superiore**, ma è certamente presente materia aggregata su livelli inferiori a quello elettronico.

Sono proprio le caratteristiche fisiche e la densità di questi aggregati che definiscono la velocità di propagazione di una perturbazione del loro equilibrio.
La velocità della luce è dunque una caratteristica del mezzo nel quale essa si propaga.

A questo punto notiamo che nella trattazione dell'esperimento di Michelson e Morley , nel calcolo, non esiste nessun riferimento specifico alla velocità della luce, ma solo alla velocità di propagazione, nel mezzo, di due segnali (ovvero perturbazioni dell'equilibrio del mezzo) generati da una sorgente ipotizzata in

moto rispetto al mezzo, immaginato immobile, inviati in direzioni ortogonali tra loro e raccolti da un osservatore solidale con la sorgente e dunque in moto, rispetto al mezzo.
Generalmente le osservazioni vengono fatte usando onde elettromagnetiche, che sono perturbazioni dello spazio a carattere sinusoidale, **oppure la luce**, **che è invece una perturbazione direzionale di tipo impulsivo**.

In questo caso, nella formula di Einstein a V_m si sostituisce la velocità della luce C_l e ha inizio l'elaborazione della relatività speciale, che assume come **postulati fondamentali la costanza e l'insuperabilità della velocità della luce**.
La velocità della luce assume così il ruolo di " costante universale ".

In realtà questo valore **non ha nulla di universale** ed è importante "**solo**" per gli osservatori che hanno scelto la luce come strumento per le loro osservazioni.

Tutti gli effetti che sono legati alla luce in questo suo ruolo, **come per esempio la contrazione delle lunghezze e la dilatazione del tempo**, **si verificano comunque**, **anche con altri segnali**.
Gli animali che utilizzano il suono come unico mezzo d'indagine osservano le stesse cose.

Per quanto sappiamo dal processo di emissione, **la luce nasce come perturbazione** (**non materiale**) **dell'equilibrio dello spazio in un punto**, **che acquista così energia rispetto allo spazio circostante in equilibrio**, (analogamente a tutte le perturbazioni che si producono nei mezzi materiali).

L'energia associata a questa perturbazione " si propaga per onde " ai punti vicini con una velocità che dipende unicamente dal livello di aggregazione della materia nello spazio considerato, **e quindi dalle caratteristiche del mezzo**.

Dello spazio fisico **che noi consideriamo vuoto**, nella realtà possiamo solo affermare che in esso **non sono presenti elettroni o aggregati materiali a un livello superiore**, ma è certamente presente materia aggregata su livelli inferiori a quello elettronico, dunque non rilevabile.

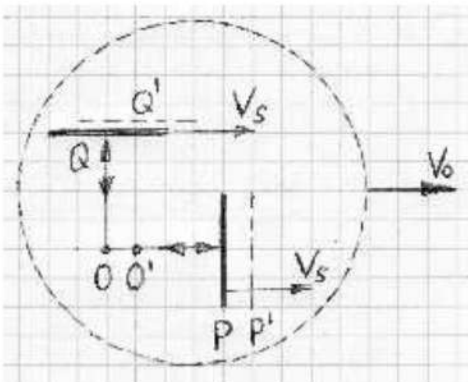
Sono proprio le caratteristiche fisiche e la densità di questi aggregati che definiscono la velocità di propagazione di una perturbazione del loro equilibrio.
La velocità della luce è dunque una caratteristica del mezzo nel quale essa si propaga.

A questo punto notiamo che nella trattazione dell'esperimento di Michelson e Morley , nel calcolo, non esiste nessun riferimento specifico alla velocità della luce, ma solo alla velocità di propagazione, nel mezzo, di due segnali (ovvero perturbazioni dell'equilibrio del mezzo).

I segnali vengono generati da una sorgente che si ipotizza in moto rispetto al mezzo, immaginato immobile. Vengono quindi inviati in direzioni ortogonali tra loro e intercettati da un unico osservatore solidale con la sorgente e dunque in moto rispetto al mezzo.

Lo stesso esperimento può dunque essere realizzato in qualsiasi mezzo con qualsiasi segnale, come potrebbe fare un pipistrello in aria oppure un pesce in acqua.

Consideriamo, per esempio, un grande pallone pieno d'aria, immobile nello spazio vuoto, che racchiude un particolare interferometro, che emette impulsi di ultrasuoni lungo i bracci rigidi OP e OQ ortogonali fra loro e montati sulla fusoliera di un aereo posto al centro del pallone.



Se tutto il sistema è immobile, $V_s = 0$ e $V_0 = 0$, i segnali ultrasonici emessi dalla sorgente, posta nel punto O , vengono riflessi dalle due superfici P e Q , fissate alla distanza L , e quindi **giungono nel punto O con la stessa fase**, dando origine alle caratteristiche frange d'interferenza, che restano invariate anche se l'aereo ruota su se stesso.

Supponiamo ora di lasciare il pallone immobile nello spazio, con $V_0 = 0$, e di mettere in moto l'aereo con una velocità $V_s = 5 \frac{m}{sec}$.

Ponendo la lunghezza dei bracci $L = 10\,m$, il tempo impiegato dall'impulso verticale a percorrere il braccio OQ , perpendicolare alla direzione del moto, risulta :

$$t_1 = \frac{2 \cdot L}{V_m} = \frac{2 \cdot 10\,m}{340 \frac{m}{sec}} = 0.058822\,sec$$

Nell'intervallo di tempo t_1 l'aereo ed il collettore O si è spostato nel punto O', percorrendo la distanza :

$$d = V_s \cdot t_1 = 5 \frac{m}{sec} \cdot 0.058822\,sec = 29.411\,cm$$

Se anche si dispone di uno schermo collettore avente dimensioni maggiori di $30\,cm$, i due segnali riflessi incidono in punti troppo distanti per poter produrre figure d'interferenza.

Se, nonostante il moto dell'aereo, le figure d'interferenza vengono osservate, l'operatore, Einstein, concluderà che il moto dell'aereo non ha prodotto alcun effetto sui segnali e quindi la loro velocità ha un valore costante, indipendente dal moto della sorgente e dell'osservatore.

E' chiaro che, dovendo essere la velocità del segnale indipendente da quella dell'osservatore rispetto al mezzo di propagazione, essa dovrà risultare anche il valore massimo di velocità osservabile (**in quell'universo**), qualunque sia il riferimento scelto.

Questa scelta invalida le trasformazioni di Galileo che vengono quindi sostituite da quelle di Lorentz, che si ricavano imponendo V_m costante in qualsiasi riferimento.

Egli però non s'è accorto che l'aereo ha trascinato con sè il pallone con tutto il suo contenuto. Dunque tutto il sistema si muove nello spazio con la velocità dell'aereo V_s e quindi la velocità relativa tra aereo e mezzo di propagazione dei segnali (aria) è nulla.

La situazione che si presenta risulta così assolutamente identica a quella che avevamo con aereo e pallone immobili e questo giustifica la ricomparsa delle figure d'interferenza.

Per poter completare l'esperimento, con dei mezzi esterni, si forza il pallone a restare immobile nello spazio e si verifica realmente la scomparsa delle figure di interferenza quando l'aereo si muove.

Considerando l'osservatore O separato dalla sorgente ed immobile, rispetto al mezzo, si verifica facilmente l'indipendenza della velocità del segnale dalla sorgente e quindi la comparsa o meno dei fenomeni di interferenza possono essere dovuti " unicamente " alle condizioni di moto dell'osservatore non rispetto alla sorgente, ma solo rispetto al mezzo.

Il fatto che, con pallone immobile nello spazio e aereo in moto, non si abbiano frange d'interferenza, ci dice chiaramente che la velocità del segnale misurata dall'osservatore risulta diversa per i due bracci ortogonali tra loro.
Si deve dunque concludere che:

La velocità di propagazione, **rispetto al mezzo**, **di un qualsiasi segnale** non materiale (**una perturbazione**), **misurata** (**rispetto allo stesso mezzo**) **da un osservatore in moto rispetto al mezzo è** indipendente **dalla velocità della sorgente e dipende solo da quella dell'osservatore rispetto al mezzo**.

In questa affermazione viene, intenzionalmente, ripetuto più volte " rispetto al mezzo " per mettere in evidenza il fatto che :

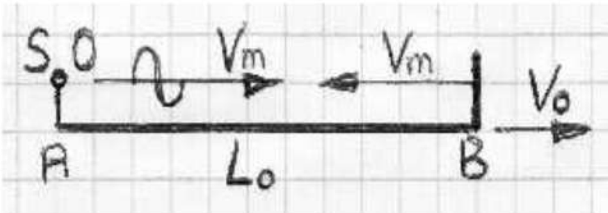
Nello studio della propagazione di un segnale qualsiasi, il mezzo rappresenta "**un sistema privilegiato**" che si può assumere come riferimento per la misura delle velocità.

Abbiamo infatti già visto che la velocità relativa tra le altre due entità presenti, sorgente ed osservatore, **è poco significativa**, in quanto i fenomeni che si manifestano sono diversi a seconda che sia la sorgente e/o l'osservatore in moto rispetto al riferimento scelto.

Rimane ancora da verificare quello che accade, **nell'esempio che stiamo trattando**, se si aumenta la velocità V_s dell'aereo rispetto all'aria circostante, sempre con pallone immobile nello spazio,

Schematizziamo l'aereo come un'asta rigida di lunghezza $L_0 = \overline{AB}$, orientata nella direzione del moto ed avente sull'estremo A la sorgente di ultrasuoni a carattere impulsivo S (anche una sola forma d'onda) insieme all'osservatore O che riceve il segnale riflesso dall'altro estremo, dove alla distanza L_0 viene collocato uno schermo riflettente.

La distanza L_0 è quella misurata in assenza di moto rispetto al mezzo. L'esistenza dello schermo sull'estremo B viene rivelata all'osservatore O dal segnale riflesso che riceve.



Dopo l'emissione, il segnale si sposta rispetto al mezzo con la velocità V_m , caratteristica del mezzo.Se l'aereo è fermo, l'osservatore riceverà il segnale dopo un tempo $t_0 = \dfrac{L_0}{V_m}$ e la relazione può essere utilizzata per ricavare V_m , se l'orologio è già tarato, oppure per tarare l'orologio, se è nota V_m .

A questo punto, mettiamo in moto l'asta rigida con velocità V_0 e l'osservatore riceverà l'impulso riflesso dopo un percorso (vedi pag. 67ru) :

– percorso di andata :

$$L_1 = L_0 \cdot \frac{1}{1 - \dfrac{V_0}{V_m}}$$

– percorso di ritorno :
$$L_2 = L_0 \cdot \frac{1}{1 + \dfrac{V_0}{V_m}}$$

– percorso totale :

$$L = L_1 + L_2 = 2 \cdot L_0 \cdot \frac{1}{1 - \frac{V_0^2}{V_m^2}}$$

Il tempo impiegato dal segnale per effettuare l'intero percorso sarà :

$$t = t_1 + t_2 = 2 \cdot t_0 \cdot \frac{1}{1 - \frac{V_0^2}{V_m^2}}$$

Questa relazione ci dice che, con l'aumentare del valore della velocità V_0 , il tempo impiegato dal segnale per raggiungere l'osservatore aumenta fino a diventare infinitamente lungo in corrispondenza di $V_0 = V_m$.
Questo vuol dire che per $V_0 \geq V_m$ l'osservatore, che utilizza questo segnale, non può più rilevare la presenza dell'aereo in moto.

Il fatto che non sia rilevabile con gli ultrasuoni, non implica affatto che non possa esistere un aereo supersonico, ma solo che per rilevarlo è necessario impiegare un segnale che, in quel mezzo si propaghi con una velocità maggiore di quella con la quale si sposta l'aereo.

La velocità caratteristica del mezzo, V_m , non rappresenta quindi il valore massimo raggiungibile, **ma osservabile**.

Tutti i fatti che sono stati descritti, comprese le trasformazioni di Galileo, sono facilmente verificabili con tutti i segnali noti e **non esiste una sola ragione teorica o sperimentale che possa giustificare l'esclusione dei segnali luminosi da questi discorsi**.

In questo senso, le trasformazioni di Lorentz dovrebbero essere applicabili a qualsiasi segnale.

Esse però risultano, per la verità, non applicabili nemmeno ai segnali luminosi, in quanto sono state ricavate proprio per rendere la velocità V_m costante ed indipendente dall'osservatore.

La luce assume per noi un ruolo particolare semplicemente perchè gli animali, e non tutti, utilizzano i segnali luminosi per comunicare e rilevare la presenza di qualsiasi cosa presente nell'universo.

Noi non possiamo però escludere che nell'universo possa esistere un livello di aggregazione dello spazio inferiore a quello fotonico, con la possibilità di realizzare spostamenti a velocità maggiore di quella dei fotoni, nello spazio "vuoto", ovvero privo di materia organizzata sui livelli da noi osservabili.

Nella teoria degli spazi rotanti si dimostra che, indipendentemente dal livello di aggregazione, la materia presente nell'universo può esistere solo se è in equilibrio con lo spazio circostante.

Tutti i corpi celesti sono quindi solidali e in equilibrio con una sfera planetaria di spazio che, per esempio, per la Terra ha un raggio di $\mathbf{2,158651 \cdot 10^{6}}\ K_m$.

Questa configurazione dello spazio rotante terrestre è confermata dai risultati forniti dall'esperimento di Michelson e Morley e non richiede postulati arbitrari sulla velocità della luce.

Antonio Dirita

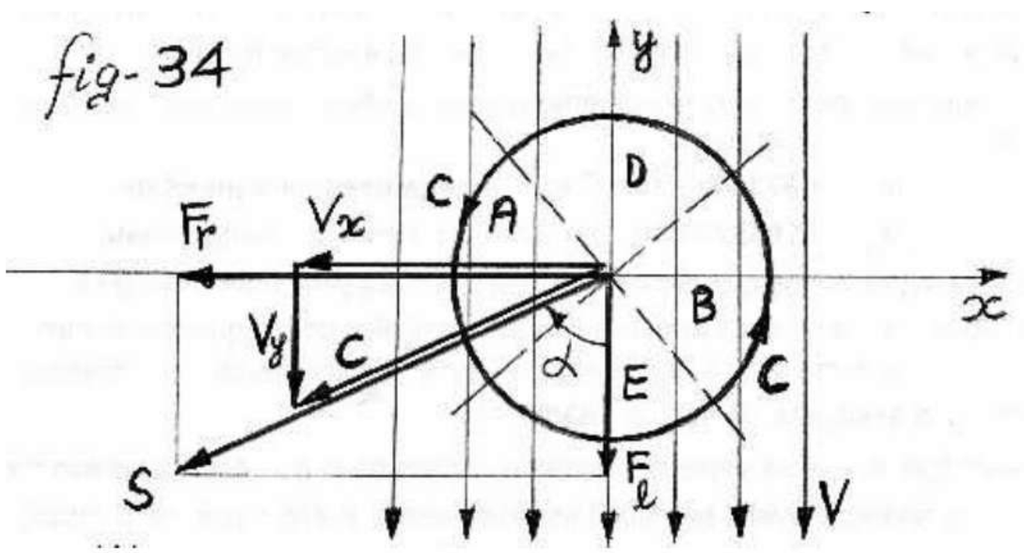
EFFETTO MAGNUS
Massa longitudinale e massa trasversale

– **Effetti giroscopici su una sfera rotante**, **teoria dell'effetto Magnus**, **massa longitudinale e massa trasversale**,
Abbiamo visto che la presenza di materia può essere rilevata (**e dunque la materia esiste**) solo se si ha una velocità relativa tra l'aggregato considerato e lo spazio fisico circostante.

Ne deriva che il valore della massa inerziale m che si associa all'aggregato, qualunque sia il significato che le viene attribuito, dovrà necessariamente dipendere dalle sue condizioni di moto rispetto allo spazio fisico circostante.

Se prendiamo in considerazione una sfera rotante su se stessa con velocità periferica C_p , immersa in uno spazio fisico in moto relativo con velocità V , possiamo ricavare la relazione che lega la massa della sfera alle condizioni di moto, utilizzando l'effetto giroscopico al quale abbiamo già accennato, che si manifesta nel piano di rotazione.
Facciamo dunque riferimento alla situazione rappresentata in figura 34.

fig-34



Come abbiamo visto, se la sfera rotante è libera di muoversi, si sposta nella direzione della spinta S, inclinata di un angolo α rispetto alla direzione della velocità V, con una velocità uguale a C.

In accordo con quanto abbiamo già visto, nasce una componente della forza F_r perpendicolare alla direzione della velocità di traslazione V

orientata dai punti con velocità relativa più alta (**settore B**) **verso quelli che hanno velocità relativa minore** (**settore A**).

Se dunque cambia il verso di rotazione della sfera, tale forza cambia verso.

Per una trattazione elementare semplificata, consideriamo la sfera costituita da quattro settori A, B, D, E che si muovono, rispetto ad un osservatore solidale con lo spazio fisico esterno.
Le velocità rilevate dall'osservatore risultano :

$$V_A = C + V \quad ; \quad V_B = C - V$$

$$V_D = \sqrt{C^2 - V^2} \quad ; \quad V_E = \sqrt{C^2 - V^2}$$

Le componenti della velocità nella direzione degli assi risultano :

$$V_Y = V \quad ; \qquad V_X = \sqrt{C^2 - V^2}$$

si ha quindi :

$$\textbf{sen}\,\alpha = \frac{V_X}{C} = \sqrt{\mathbf{1} - \frac{V^2}{C^2}}$$

Se ora associamo a ciascun settore la massa m_A, m_B, m_D, m_E, essendo essi solidali tra loro, l'impulso da essi ricevuto sarà lo stesso e si avrà :

$$I = m_A \cdot \left(C + V\right) \qquad ; \qquad I = m_B \cdot \left(C - V\right)$$

$$I = m_D \cdot \sqrt{C^2 - V^2} \qquad ; \qquad I = m_E \cdot \sqrt{C^2 - V^2}$$

le masse che l'osservatore avverte nelle due direzioni **x** ed **y** saranno :

$$m_x = m_A + m_B = \frac{I}{C + V} + \frac{I}{C - V} = \frac{I \cdot \mathbf{2} \cdot C}{C^2 - V^2}$$

$$m_y = m_D + m_E = \frac{I}{\sqrt{C^2 - V^2}} + \frac{I}{\sqrt{C^2 - V^2}} = \frac{2 \cdot I}{\sqrt{C^2 - V^2}}$$

Se poniamo $V = \mathbf{0}$ ed indichiamo con m_0 la massa della sfera in queste condizioni di moto (**massa a riposo**), si avrà :

$$m_x = m_y = m_0 = \frac{2 \cdot I}{C}$$

da cui si ottiene l'impulso (o quantità di moto) della sfera rotante su se stessa con velocità di traslazione nulla :

$$I = \frac{m_0 \cdot C}{2}$$

Si noti che lo stesso risultato si ottiene con l'integrale :

$$I = \int_0^m \mathbf{v \cdot dm} = \int_0^{r_s} \delta \cdot \omega \cdot r \cdot dr = \frac{\delta \cdot \omega}{2} \cdot r_s^2 = \frac{m_0 \cdot C}{2}$$

La velocità C coincide dunque con quella di rotazione della sfera, che fornisce l'impulso iniziale.

Sostituendo nelle espressioni delle masse, si ricava :

$$m_l = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\operatorname{sen}\alpha} \quad \text{nella direzione del moto}$$

$$m_t = \frac{m_0}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = \frac{m_0}{\operatorname{sen}^2\alpha} \quad \text{in direzione perpendicolare al moto}$$

Come si vedrà tra breve, avendo accettato il limite della velocità della luce, per le particelle elementari si ha : $C = C_l = \mathbf{299792{,}458}\ \frac{K_m}{sec}$.

Queste relazioni mettono in evidenza che la massa m di una sfera non ha un valore costante, ma dipende dalle caratteristiche del moto relativo rispetto allo spazio in cui essa si muove.

Del resto, il risultato risulta perfettamente in accordo con il fatto che proprio la velocità di scorrimento relativo consente alla materia organizzata di separarsi dallo spazio fisico e quindi di esistere.

In particolare, se la sfera ruota senza traslare rispetto allo spazio ($V = 0$), la sfera presenta lo stesso valore m_0 in tutte le direzioni e viene indicata come **massa a riposo**.

Se invece si sposta rispetto allo spazio con velocità relativa $V \neq 0$, non solo cambia il valore della **massa longitudinale** m_l nella direzione del moto, ma ancora di più aumenta la **massa trasversale** m_t che la sfera presenta lungo la direzione perpendicolare al moto, che coincide con quella lungo la quale si manifesta l'azione giroscopica.

Una ulteriore conferma che la materia viene originata dal moto relativo di un punto rispetto allo spazio fisico circostante, si può ottenere differenziando la espressione della massa trasversale, scritta nella forma :

$$m_t \cdot \left(1 - \frac{V^2}{C^2} \right) = m_0$$

differenziando, abbiamo :

$$dm_t \cdot \left(1 - \frac{V^2}{C^2} \right) - m_t \cdot \frac{2 \cdot V \cdot dV}{C^2} = 0$$

che si può scrivere :

$$C^2 \cdot dm_t = 2 \cdot VdV \cdot m_t + V^2 \cdot dm_t$$

ed in definitiva :

$$C^2 \cdot dm_t = d\left(V^2 \cdot m_t \right)$$

Se la massa m_0 si trova in moto rototraslatorio in uno spazio fisico rotante, la velocità radiale vale : $V_r = \sqrt{2} \cdot V$ e quindi, sostituendo, si ottiene :

$$C^2 \cdot dm_t = d\left[\left(\frac{V_r}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot m_t\right] = d\left(\frac{1}{2} m_t \cdot V_r^2\right) = dE$$

dove dE indica il differenziale dell'energia di legame tra sfera e spazio fisico rotante. Si ha infatti :

$$dE = F_r \cdot dR = m_t \cdot a_r \cdot dR = m_t \cdot \frac{dV_r}{dt} \cdot dR =$$

$$= m_t \cdot V_r \cdot dV_r = \frac{1}{2} \cdot m_t \cdot d\left(V_r^2\right)$$

Integrando e sostituendo $C = C_l$, si ha dunque la relazione fondamentale :

$$E = m_t \cdot C_l^2$$

nota come la relazione che stabilisce l'equivalenza tra massa ed energia. Ricordando ancora la relazione che lega lo spazio rotante alla massa :

$$K^2 = \beta_g \cdot m_t \quad \text{ovvero :} \quad d\left(K^2\right) = \beta_g \cdot dm_t$$

sostituendo, si ottiene : $dE = C_l^2 \cdot dm_t = \dfrac{C_l^2}{\beta_g} \cdot d\left(K^2\right)$

Questa relazione ci dice che, se abbiamo un aggregato al quale è associato lo spazio rotante K^2 , fornirgli energia, massa oppure spazio rotante, sono tutte operazioni equivalenti.

Per esempio, annullare lo spazio rotante K_p associato al protone, equivale a sottrargli l'energia :

$$E_p = \frac{C_l^2}{\beta_g} \cdot K_p^2 = \frac{\left(299792{,}458\ \frac{K_m}{sec}\right)^2}{151{,}4172 \cdot 10^{27}\ \frac{m^3}{sec^2 \cdot K_g}} \cdot 253{,}2639\ \frac{m^3}{sec^2} = \mathbf{938{,}27}\ \text{MeV}$$

Se la massa m_0 si trova in moto rototraslatorio in uno spazio fisico rotante, la velocità radiale vale : $V_r = \sqrt{2} \cdot V$ e quindi, sostituendo, si ottiene :

$$C^2 \cdot dm_t = d\left[\left(\frac{V_r}{\sqrt{2}}\right)^2 \cdot m_t\right] = d\left(\frac{1}{2} m_t \cdot V_r^2\right) = dE$$

dove dE indica il differenziale dell'energia di legame tra sfera e spazio fisico rotante. Si ha infatti :

$$dE = F_r \cdot dR = m_t \cdot a_r \cdot dR = m_t \cdot \frac{dV_r}{dt} \cdot dR =$$

$$= m_t \cdot V_r \cdot dV_r = \frac{1}{2} \cdot m_t \cdot d\left(V_r^2\right)$$

Integrando e sostituendo $C = C_l$, si ha dunque la relazione fondamentale :

$$E = m_t \cdot C_l^2$$

nota come la relazione che stabilisce l'equivalenza tra massa ed energia.
Ricordando ancora la relazione che lega lo spazio rotante alla massa :

$$K^2 = \beta_g \cdot m_t \quad \text{ovvero :} \quad d\left(K^2\right) = \beta_g \cdot dm_t$$

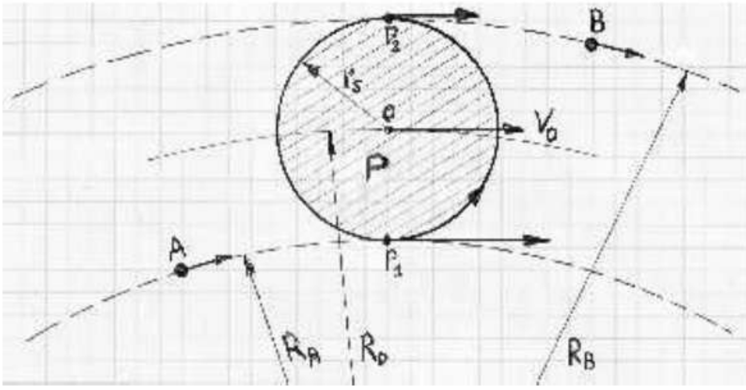
sostituendo, si ottiene : $dE = C_l^2 \cdot dm_t = \dfrac{C_l^2}{\beta_g} \cdot d\left(K^2\right)$

Questa relazione ci dice che, se abbiamo un aggregato al quale è associato lo spazio rotante K^2 , fornirgli energia, massa oppure spazio rotante, sono tutte operazioni equivalenti.

Per esempio, annullare lo spazio rotante K_p associato al protone, equivale a sottrargli l'energia :

$$E_p = \frac{C_l^2}{\beta_g} \cdot K_p^2 = \frac{\left(299792{,}458 \ \frac{K_m}{sec}\right)^2}{151{,}4172 \cdot 10^{27} \ \frac{m^3}{sec^2 \cdot K_g}} \cdot 253{,}2639 \ \frac{m^3}{sec^2} = \mathbf{938{,}27} \text{ MeV}$$

Se la sfera rotante considerata si muove in equilibrio sull'orbita di uno spazio rotante centrale K_s^2, la situazione che si presenta è quella schematizzata in figura.



La sfera materiale di raggio r_p , sull'orbita di raggio R_0 , si muove con una velocità orbitale media che si ricava dall'equazione fondamentale degli spazi rotanti e risulta :

$$V_0 = \left(\frac{K_s^2}{R_0} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Le velocità di equilibrio dei punti periferici P_1 e P_2 risultano invece :

$$V_1 = \left(\frac{K_s^2}{R_A} \right)^{\frac{1}{2}} > V_0 \quad ; \quad V_2 = \left(\frac{K_s^2}{R_B} \right)^{\frac{1}{2}} < V_0$$

Se $r_p << R_0$, possiamo comunque ritenere $V_1 = V_2 = V_0$.

Se ora consideriamo la sfera rotante nel verso antiorario, indicato in figura, la velocità del punto P_1 vale $V_1 = V_0 + C > V_0$ e quindi il punto P_1 tende a spostarsi verso l'esterno dello spazio rotante.
Il punto P_2 si muove invece con una velocità $V_2 = V_0 - C < V_0$ e quindi avrà tendenza a spostarsi sulle orbite più interne.

Sulla sfera nasce così una coppia motrice che tende a portare l'asse di rotazione parallelo a quello di rivoluzione " con il verso di rotazione concorde con quello di rivoluzione ".

Con versi di rotazione concordi il punto P_1 tende a spostarsi verso l'interno, mentre P_2 verso l'esterno e quindi **la configurazione si presenta stabile**.

Il discorso che abbiamo fatto si può applicare a qualsiasi sfera rotante, anche ad una sola particella elementare o un solo atomo.

Se, in particolare, abbiamo una sfera materiale di **dimensioni apprezzabili**, formata quindi da tanti **atomi rotanti su se stessi con orientamento nello spazio assolutamente casuale**, dato l'enorme numero di atomi, in queste condizioni, per la sfera, tutte le direzioni sono equivalenti.

In presenza dello spazio rotante, la sua azione sulla sfera è tale da orientare i suoi atomi tutti nello stesso verso di rotazione, con assi paralleli.
L'effetto Magnus che abbiamo analizzato si presenta dunque concorde e si manifesta sulla sfera con una spinta complessiva in una sola direzione.

Antonio Dirita

CAMPO GRAVITAZIONALE
Traiettoria a spirale dei corpi celesti

– **Equazioni del moto di un punto nello spazio fisico e calcolo della traiettoria a spirale percorsa dai corpi celesti**
Finora abbiamo sempre considerato nell'universo la presenza di un solo spazio rotante centrale e questo ha consentito di non porre alcun limite per il suo raggio d'azione.

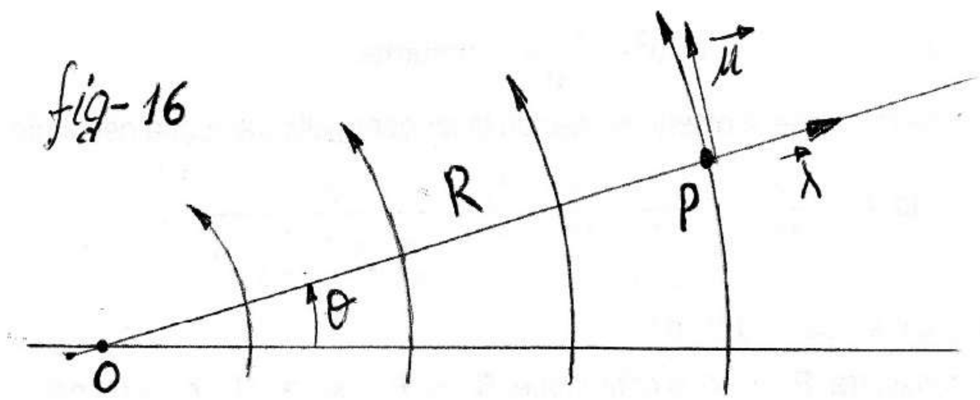
Abbiamo così ottenuto tutte relazioni applicabili fino a $R \to \infty$, senza alcuna discontinuità e per ogni valore di R è possibile raggiungere la condizione di equilibrio $V^2 \cdot R = K^2$.

Nell'universo che realmente noi osserviamo si hanno però miliardi di spazi rotanti, organizzati secondo una gerarchia nella quale il valore del raggio d'azione di uno spazio rotante viene limitato ad un valore R_1 da quello che nell'ordine gerarchico lo precede.

Questa limitazione cambia radicalmente le condizioni di equilibrio in quanto, analogamente a quello che accade nei sistemi meccanici, per esempio in una corda elastica **fissata agli estremi**, punti di equilibrio si possono avere solo in corrispondenza di valori ben precisi della distanza dagli estremi.

Da questa limitazione deriva una quantizzazione delle orbite circolari stabili, secondo quanto è indicato dal calcolo seguente.

Facendo riferimento alla figura 16, ricaviamo dunque l'equazione del moto di un generico punto P in uno spazio rotante con centro in O.



In coordinate polari, le equazioni generali del moto saranno :

$$\vec{v} = \frac{d}{dt}\left[\overrightarrow{OP}\right] = \frac{d}{dt}\left[R\,\vec{\lambda}\right] = \dot{R}\,\vec{\lambda} + R \cdot \dot{\vartheta}\,\vec{\mu}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \left[\ddot{R} - R \cdot \dot{\vartheta}^2\right]\vec{\lambda} + \left[R \cdot \ddot{\vartheta} + 2 \cdot \dot{R} \cdot \dot{\vartheta}\right]\vec{\mu} =$$

$$= \left[\ddot{R} - R \cdot \dot{\vartheta}^2\right]\vec{\lambda} + \frac{1}{R} \cdot \frac{d}{dt}\left[R^2 \cdot \dot{\vartheta}\right]\vec{\mu}$$

Essendo nullo il momento delle forze esterne applicate rispetto all'origine O, sarà :

$$\frac{d}{dt}\left[R^2 \cdot \dot{\vartheta}\right] = 0$$

e quindi si ottiene la condizione fondamentale :

$$R^2 \cdot \dot{\vartheta} = C = \textbf{costante su tutta la traiettoria}$$

si potrà dunque scrivere :

$$\dot{\vartheta} = \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{C}{R^2}$$

essendo anche, per quanto abbiamo visto :

$$a_r = -\frac{K^2}{R^2} = \frac{dV_r}{dt} = \frac{dV_r}{dR} \cdot \frac{dR}{dt}$$

si ricava :

$$V_r \cdot dV_r = -\frac{K^2}{R^2} \cdot dR$$

che, integrata, fornisce la velocità radiale :

$$V_r = \frac{dR}{dt} = \pm\sqrt{2\cdot K^2}\cdot\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R_0}\right)^{\frac{1}{2}}$$

In definitiva, si ha il sistema di equazioni differenziali del moto :

$$\left\{\begin{array}{c} \dfrac{dR}{dt} = \sqrt{\dfrac{2\cdot K^2}{R_0}}\cdot\sqrt{\dfrac{R_0}{R}-1} \\[2ex] \dfrac{d\vartheta}{dt} = \dfrac{C}{R^2} \end{array}\right\}$$

da cui si ricava l'equazione differenziale della traiettoria :

$$\frac{d\vartheta}{dR} = \sqrt{\frac{R_0\cdot C^2}{2\cdot K^2}}\cdot\frac{1}{R^2\cdot\sqrt{\dfrac{R_0}{R}-1}}$$

Ponendo $R_0 / R = u$, integrando e quadrando, si ottiene l'equazione della traiettoria :

$$\vartheta^2 = \frac{2\cdot C^2}{K^2\cdot R_0}\cdot\left[\frac{R_0}{R}-1\right]$$

Se si assume : $$\frac{1}{R}-\frac{1}{R_0}=\frac{1}{r}$$

si ottiene :

$$r \cdot \vartheta^2 = \frac{2 \cdot C^2}{K^2} = \text{costante}$$

La stessa relazione si ottiene scrivendo la tangente alla traiettoria :

$$\operatorname{tg} \vartheta = \frac{R \cdot d\vartheta}{dR} = \frac{R \cdot d\vartheta}{dt} \cdot \frac{dt}{dR} = \frac{V_{\vec{\lambda}}}{V_{\vec{\mu}}} = \frac{\dfrac{C}{R^2} \cdot R}{\sqrt{2 \cdot K^2} \cdot \left[\dfrac{1}{R} - \dfrac{1}{R_0} \right]^{\frac{1}{2}}}$$

dalla quale si ricava l'espressione di $\dfrac{d\vartheta}{dR}$.

Se si considera $R_0 \rightarrow \infty$ o comunque $R << R_0$, si ha $R \simeq r$ e quindi si ottiene l'equazione della traiettoria, fondamentale pre tutta la teoria :

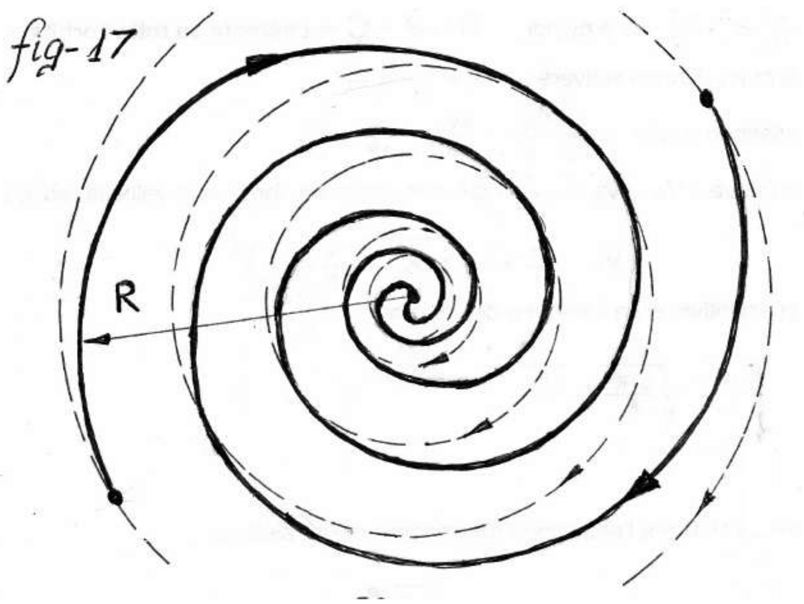
$$R \cdot \vartheta^2 = \frac{2 \cdot C^2}{K^2} = \text{costante}$$

Tale relazione rappresenta una funzione ciclica, **precisamente una spirale** .

Facciamo rilevare che la relazione è stata ricavata senza alcun riferimento al valore della massa del punto, che viene considerato come elemento spaziale. Essa ci dice dunque che :

Le linee di forza, che un aggregato materiale genera nello spazio circostante, sono delle spirali dirette verso il centro

come è indicato in figura 17.



Da quanto abbiamo finora visto, nello spazio fisico, la conservazione del momento angolare, espressa dalla relazione $V \cdot R = C =$ **costante**

e la presenza di un'accelerazione radiale $a_r = -\dfrac{K^2}{R^2}$, impongono ai

punti dello spazio fisico **"una traiettoria spiraliforme"** che è descritta dalla relazione :

$$R \cdot \vartheta^2 = \frac{2 \cdot C^2}{K^2} = \textbf{costante su tutta la traiettoria}$$

per la quale la soluzione analitica prevede che si abbiano traiettorie reali **sia centripete che centrifughe, secondo l'orientamento della velocità radiale** :

$$V_r = \pm \sqrt{2 \cdot K^2} \cdot \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} \right)^{\frac{1}{2}} .$$

E' dunque teoricamente possibile avere anche l'equilibrio stazionario su orbite chiuse.