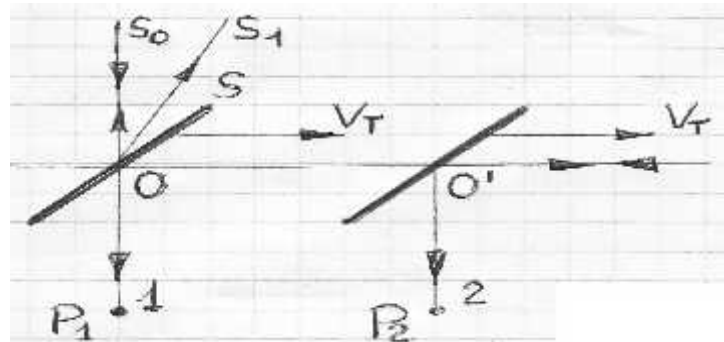


– **L'esperimento di Michelson e Morley smentisce Einstein e i postulati sulla velocità della luce e verifica la teoria degli spazi rotanti**

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 :

$$t' = \frac{t - \frac{v}{c_1^2} \cdot x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c_1^2}}} ; \quad x' = \frac{x - v \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c_1^2}}} ; \quad y' = y ; \quad z' = z$$

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

$$V' = \frac{V_0 - v}{\sqrt{1 - \frac{v \cdot V_0}{c_1^2}}}$$

Si noti che nell'espressione  $C_1$  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.

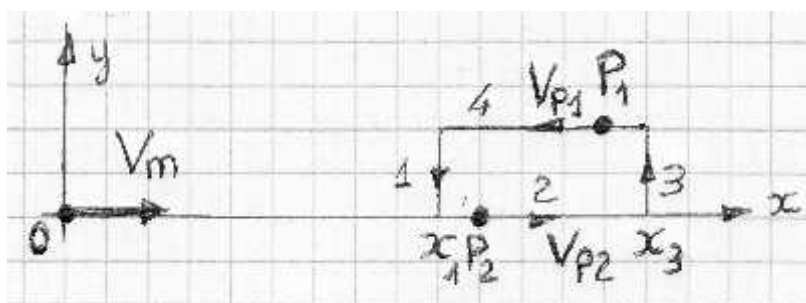
**Nel senso che è stato indicato, la velocità caratteristica del mezzo  $V_m$ , con la quale si propaga una perturbazione, qualora lo stesso tipo di perturbazione venga utilizzato come mezzo d'indagine, rappresenta anche il valore massimo della velocità raggiungibile in quel mezzo da un qualsiasi punto 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 ( $x_3 \gg x_1$ ).

–  $V_m < V_{P1} ; V_{P2}$  : 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'osservatore 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 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  $C_1$  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.**

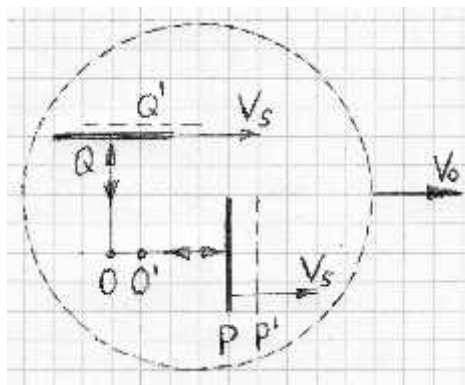
**La velocità della luce è dunque una caratteristica del mezzo nel quale essa si propaga.**

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 sé 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.

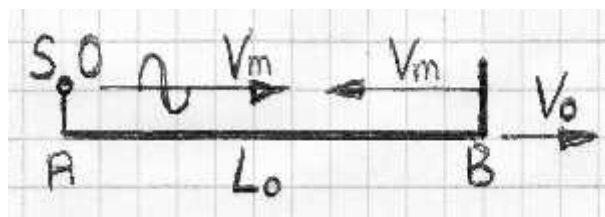
Abbiamo infatti già visto che la velocità relativa tra le altre due entità presenti, sorgente ed osservatore, è **poco significativa**, in quanto i fenomeni che si manifestano sono diversi a seconda che sia la sorgente e/o l'osservatore in moto rispetto al riferimento scelto.

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  $t_0 = \frac{L_0}{V_m}$  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 :

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

– percorso di ritorno :

$$L_2 = L_0 \cdot \frac{1}{1 + \frac{V_0}{V_m}}$$

– 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  $2,158651 \cdot 10^6 K_m$ .

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.