

2. L'esperimento M&M e le polveri sottili

Contenuto

2.1. Un punto fisso di orientamento	1
2.2. Un esperimento di interferenza	1
2.3. Un esperimento di pensiero.....	2
2.4. Er werd geen etherwind aangetoond. Fout!	Bladwijzer
gedefinieerd.	niet

2.1. Un punto fisso di orientamento

A tutti è capitato di trovarsi su un treno fermo, accanto a un secondo treno. Se poi uno dei due partiva dolcemente, non era immediatamente chiaro se si trattava del proprio treno o dell'altro, e ci voleva un po' di tempo per trovare un punto fisso di orientamento, come la stazione o il binario stesso.

Riflettendo ulteriormente, trovare un punto di orientamento fisso, una volta rivolto lo sguardo agli spazi infiniti, sembra tutt'altro che facile. La terra ruota intorno al suo asse, ma anche intorno al sole, che a sua volta fa parte di una galassia in rotazione. E questa a sua volta appartiene a un universo in espansione. Tutto ciò ha portato a chiedersi se sia possibile trovare un punto di riferimento fisso in qualsiasi punto dello spazio.

Le onde del mare hanno come mezzo l'acqua. Il suono viaggia attraverso le onde, trasportato dall'aria. E come viaggia la luce? Forse anche in questo caso è necessaria una sostanza intermedia. E così la fisica ha accolto un mezzo ipotetico e stazionario, una sostanza intermedia estremamente fine e invisibile, il cosiddetto "etere" che riempie uniformemente tutto lo spazio. E il movimento della terra, del sole e delle stelle era relativo a quell'etere. In questo modo si avrebbe un riferimento fisso, uno standard assoluto per la misurazione del tempo e dello spazio. Ma come dimostrare l'effettiva esistenza di quell'etere?

2.2. Un esperimento di interferenza

Nel 1887, Michelson e Morley studiarono se questo presunto etere potesse essere effettivamente stabilito scientificamente. A questo scopo progettarono un famoso esperimento basato sull'interferenza della luce. Torneremo su questa interferenza in modo più dettagliato.

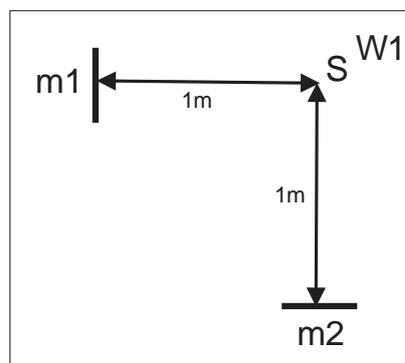
Michelson e Morley confrontarono la velocità della luce parallela all'orbita terrestre con la velocità della luce perpendicolare alla stessa orbita. Il risultato di questo esperimento mostrava

invariabilmente lo stesso schema di interferenza, il che significava che non si manifestava alcuna differenza di velocità. Michelson e Morley inizialmente pensarono che il loro esperimento fosse fallito. Se si sale su un treno in movimento in direzione della locomotiva, la velocità è leggermente superiore a quella del treno. Se si fa un passo indietro, la velocità è di nuovo leggermente inferiore. Ma se si invia un segnale luminoso da un veicolo spaziale particolarmente veloce nella sua direzione di movimento, o contro la sua direzione di movimento, i due fasci di luce hanno sempre la stessa velocità. Questa è una conclusione molto sorprendente e apparentemente contraddittoria, che va contro le leggi di Newton. Einstein ne diede la spiegazione teorica nella sua teoria speciale della relatività nel 1905: il corso del tempo nell'universo non è un assoluto, ma cambia con la velocità. Una galassia in rapida espansione ha un corso del tempo diverso da una che non si muove alla stessa velocità.

A prima vista, sembra una contraddizione. Ma se ci si riflette un attimo, ci si rende subito conto che non può essere altrimenti. Chiariamo questo aspetto in ciò che segue.

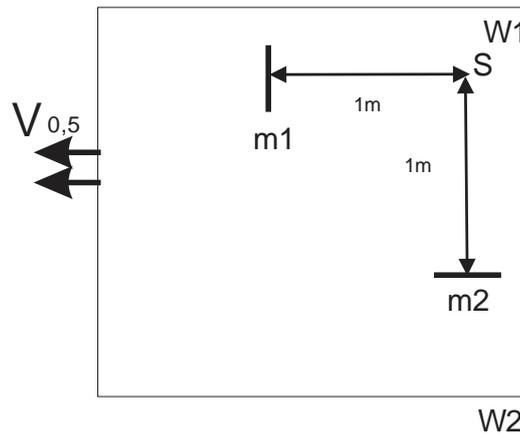
2.3. Un esperimento di pensiero.

Situazione 1: in un treno (il grande quadrato) c'è uno specchio $m1$ ("m" di specchio) al centro del corridoio. Appena 1 metro più indietro c'è un bambino $W1$ (osservatore 1) che tiene in mano due palline da tennis e le tiene a 1 metro di altezza. A terra c'è anche uno specchio $m2$. Il treno è fermo. Il bambino lancia entrambe le palline contemporaneamente e con la stessa forza, una verso $m1$ di fronte a lui, la seconda verso $m2$ a terra. Qui si fa astrazione della gravità. Dopo il rimbalzo, entrambe le palline tornano contemporaneamente al bambino. Ogni palla ha percorso la stessa distanza s (la lettera minuscola) nello stesso tempo, cioè 1 metro fino allo specchio $m1$ o $m2$, e dopo la riflessione anche un metro, insieme 2 metri. Questo fatto è confermato dall'osservatore $W1$, il bambino nel treno, ma anche dall'osservatore $W2$, il suo amico fuori dal treno, che vede tutto ciò che accade attraverso il finestrino.

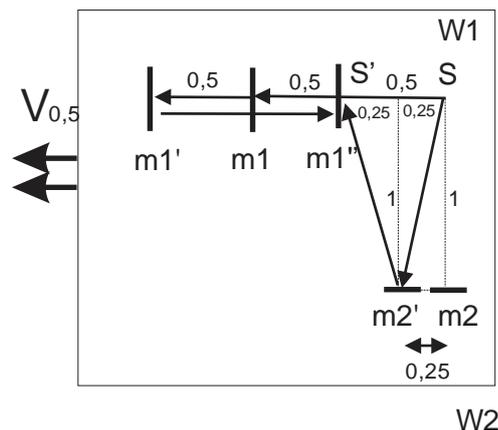


$W2$

Situazione 2: Il treno viaggia a una velocità abbastanza elevata V (da Vitesse) e ha percorso $0,5$ m quando la pallina è andata avanti e indietro 1 volta, cioè va da S a $m1$ e torna a S . Il bambino sul treno ($W1$) lancia di nuovo simultaneamente entrambe le palline contro gli specchi $m1$ e $m2$. Dopo la riflessione, il bambino ($W1$) sul treno vede che entrambe le palline arrivano contemporaneamente in S e hanno percorso una distanza verso ($S-m1$) e indietro ($m1-S$), ogni volta di 1 metro, cioè insieme 2 metri.



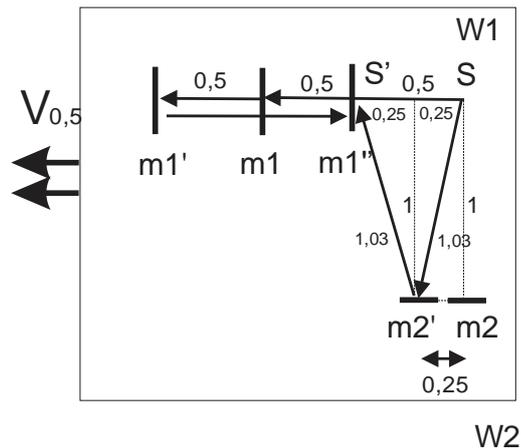
Ma il bambino $W2$, che si trova all'esterno del treno, non è affatto d'accordo. Vede entrambe le palline da tennis partire, una in orizzontale verso $m1$ e la seconda verso $m2$. Tuttavia, poiché il treno ha una velocità considerevole, dal punto di vista di $W2$ la pallina non cade su $m2$ ma un po' in diagonale a sinistra su $m2'$, e $m2$ si è effettivamente spostato su $m2'$.



Dopo il rimbalzo su $m2'$, la pallina sale anche ad angolo verso sinistra e viene presa dal bambino $W1$ nel treno, che nel frattempo si è spostato anch'esso di $0,5$ m verso sinistra. Il percorso s non è più un movimento verticale verso l'alto e verso il basso, ma ha la forma di una grande lettera V . Il movimento verso il basso ($S-m2'$) di questa lettera è come l'ipotenusa di un triangolo rettangolo il cui lato verticale è uguale a 1 e quello orizzontale è uguale a $0,25$.

Anche il movimento verso l'alto di questa lettera ($m2'-S'$) è come l'ipotenusa di un triangolo rettangolo il cui lato verticale rettangolo è uguale a 1 e il cui lato orizzontale è uguale a 0,25.

Utilizzando il teorema di Pitagora, sappiamo che l'ipotenusa in questo caso è uguale alla radice quadrata di $1^2 + 0,25^2$, un numero arrotondato a 1,03. Quindi, per il bambino fuori dal treno, l'ipotenusa è uguale alla radice quadrata di $1^2 + 0,25^2$. Quindi, per il bambino fuori dal treno, la distanza percorsa è $1,03 * 2$ o 2,06 m.



Osservate poi il lancio orizzontale sullo stesso disegno. Il bambino W2 fuori dal treno vede la palla partire verso $m1$, ma questo specchio si è nel frattempo allontanato dalla sua posizione originale nel treno in movimento. Supponiamo che nel frattempo il treno si sia spostato di mezzo metro, allora il percorso verso $m1$ è diventato non di 1 ma di 1,5 metri. E dopo la riflessione, il bambino W1, che era già stato spostato di mezzo metro a sinistra, si è spostato di un altro mezzo metro a sinistra. La palla riflessa deve quindi percorrere solo 0,5 metri per raggiungere il bambino. Quindi, per il bambino fuori dal treno, la palla ha percorso $1,5 + 0,5$ o 2 metri.

La palla a terra ha percorso 2,06 metri; la distanza orizzontale era di soli 2 metri. Ma, e questo è l'aspetto sorprendente e apparentemente paradossale, il bambino W2, all'esterno del treno, ha visto che entrambe le palline hanno raggiunto il rispettivo specchio contemporaneamente, e sono state prese contemporaneamente anche dal suo amico W1 sul treno. Un movimento con il treno dà un tempo diverso per il bambino fuori dal treno rispetto a un movimento perpendicolare ad esso.

Il bambino W1 sul treno non crede alla spiegazione dell'amico W2 e dice che la situazione del suo amico è rimasta invariata, ma che è stato l'amico W2 fuori dal treno ad allontanarsi da lui a grande velocità. Se quest'ultimo (W2) avesse lasciato che una pallina da tennis colpisse il

terreno in verticale all'esterno del treno e l'avesse ripresa, il suo amico W1 sul treno avrebbe affermato che anche la pallina aveva fatto un movimento a "V", ma questa volta non a sinistra, bensì a destra. Questo fatto può essere calcolato in modo analogo anche dal punto di vista matematico.

Se ora sostituiamo le palline da tennis con due fasci di luce coerenti, cioè emessi dalla stessa sorgente luminosa L, abbiamo una situazione analoga all'esperimento M&M. Michelson e Morley ipotizzarono che avrebbero osservato anche una differenza di tempo - e quindi un'immagine di interferenza distorta - nei due fasci parziali. Ma non fu così, e non lo fu mai. E questo li sorprese. Pensarono: "L'esperimento è fallito". Einstein, tuttavia, trovò una soluzione insolita: la misura del tempo non è assoluta. Un secondo non dura lo stesso tempo in sistemi che si allontanano l'uno dall'altro a grande velocità. Se ogni osservatore nel proprio sistema, con la propria esperienza di tempo e distanza percorsa, calcolasse la velocità della luce, entrambi arriverebbero sempre alla stessa costante: 300 000 km al secondo.

2.4. Non è stato dimostrato alcun vento di etere.

Questo risultato, l'immagine di interferenza invariata ripetutamente osservata - su cui torneremo in seguito - portò Einstein a concludere che non è possibile stabilire un moto uniforme rispetto all'etere. E se nemmeno la sua esistenza può essere dimostrata di per sé, sembra anche inutile sostenere che la Terra e i corpi celesti si muoverebbero attraverso un "etere uniforme". Da allora, la convinzione dell'esistenza di una sostanza sottile come mezzo di propagazione della luce è stata nuovamente abbandonata.

In alcuni ambienti scientifici, quest'ultima considerazione porta piuttosto facilmente alla conclusione che si dovrebbe negare l'esistenza di qualsiasi forma di materia "fine". Alcuni, tuttavia, obietteranno che si tratta di una generalizzazione non dimostrata. Forse esistono ancora tipi di polveri sottili che l'esperimento M&M non è riuscito a scoprire? O forse non esistono solo tipi uniformi di polveri sottili?

Eppure il pensiero è stato tranquillamente screditato. E se oggi si osa sollevare di nuovo l'argomento nei circoli astronomici, a volte si guarda nella propria direzione con uno sguardo dubbioso: "Non sei d'accordo! Sicuramente la scienza si è lasciata alle spalle questo argomento molto tempo fa e in modo definitivo. Quello che state considerando non è vera scienza". Ancora nel 1967, leggiamo da Van Heel nel suo documentatissimo libro: "Che cos'è la luce" quanto segue: "Anche se si può dimostrare l'esistenza dell'etere, rimane una questione dubbia, la fisica dovrebbe occuparsi di questioni più tangibili ¹".

¹ A.C.S. Van Heel en C.H.F. Velzel, Wat is licht? Wereldacademie, De Haan/ Meulenhoff, 1967, p. 177.