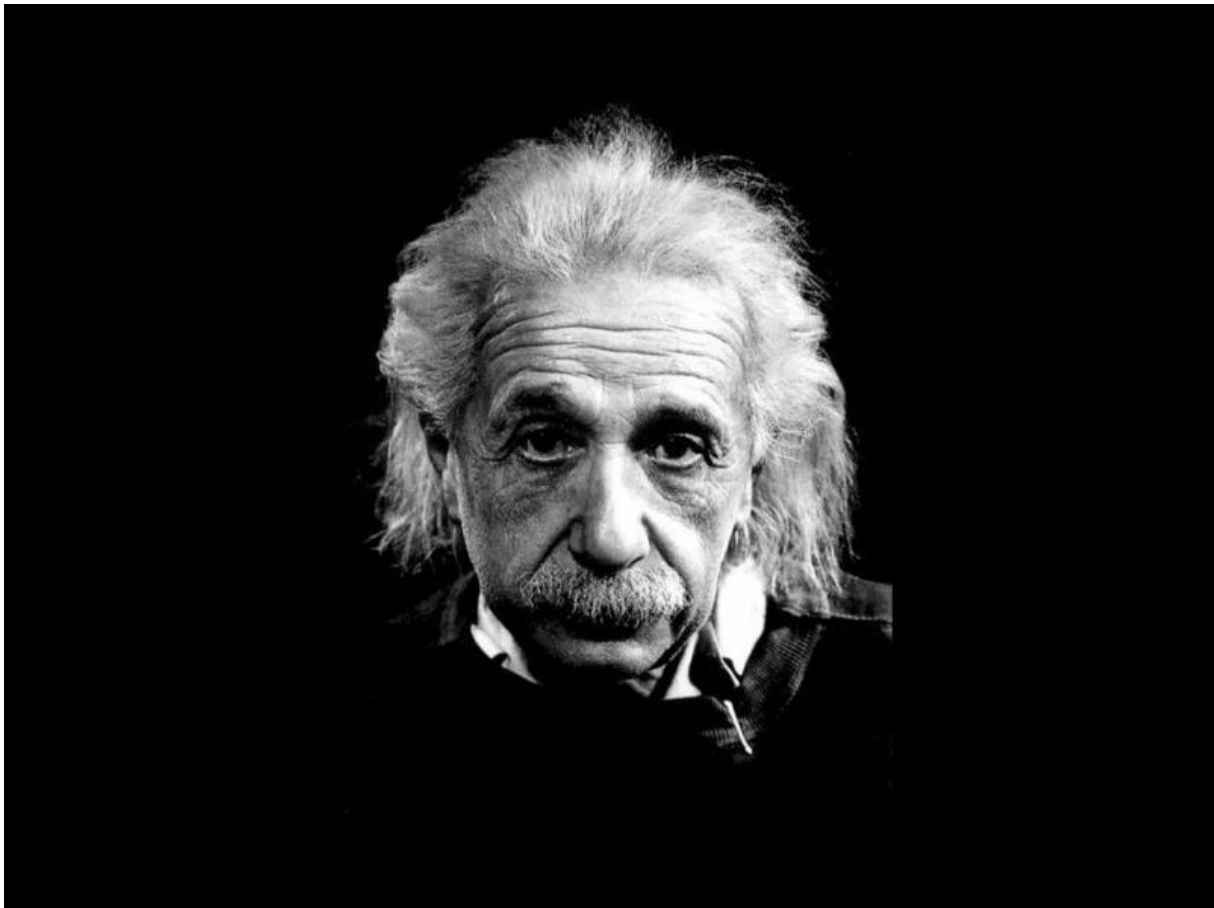


PROCESSO ALLA RELATIVITÀ - PARTE 2

Quella di Einstein si rivela una teoria fallace tanto nelle premesse quanto nelle verifiche sperimentali, ed il suo autore fu addirittura sospettato di plagio...

Proseguiamo la pubblicazione dell'articolo a firma di Daniele Russo dedicato alla Relatività einsteiniana, a cui vi abbiamo introdotto qualche settimana fa. Un suggerimento: tenetevi forte... !



?

– [Leggi qui la prima parte](#) –

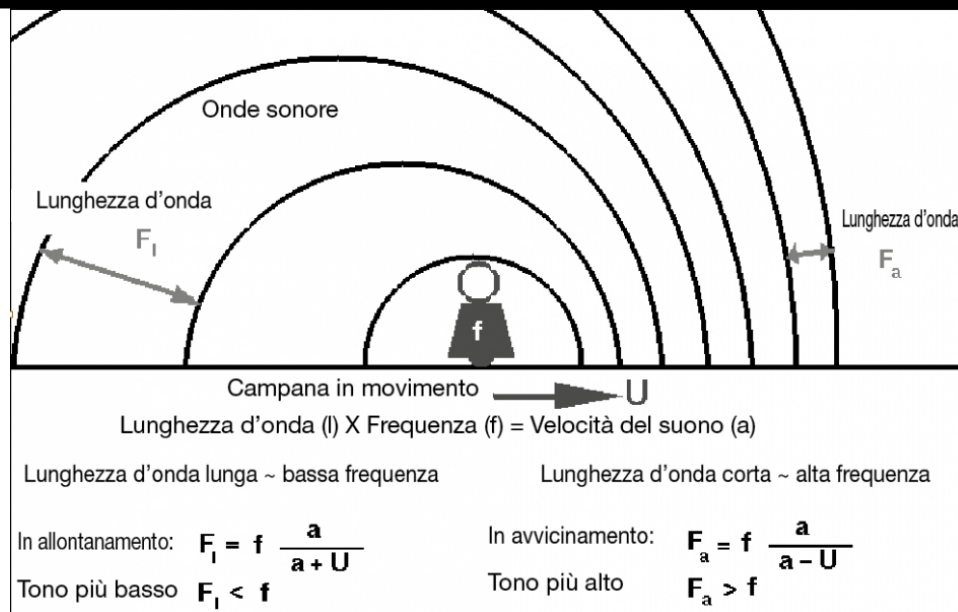
Quella di Einstein si rivela una teoria fallace tanto nelle premesse quanto nelle verifiche sperimentali, ed il suo autore fu addirittura sospettato di plagio...

La trasmissione del suono

Come tutti sanno, il suono è una perturbazione ondulatoria che si trasmette per mezzo di onde longitudinali attraverso un mezzo elastico, per compressione e rarefazione del mezzo. Nell'aria il suono si trasmette alla velocità di circa 340 m/s (nell'acqua a circa 1500 m/s e nei metalli a velocità fino a 17 volte maggiori). Già nella prima metà del 17° secolo, von Guerick aveva dimostrato che il suono necessita di un mezzo per propagarsi, e quindi nel vuoto non si propaga, e Mersenne ne aveva misurato per primo la velocità di propagazione nell'aria (ottenendo un dato ancora approssimativo). Per questo i fisici di fine Ottocento, appurata la natura elettromagnetica della luce, erano pronti a scommettere che anch'essa, come il suono, si propagasse attraverso un mezzo, da essi battezzato "etere" in onore al pensiero di Aristotele.(2)

Tale mezzo avrebbe quindi dovuto permeare l'intero universo, dal momento che persino la luce delle stelle più lontane è in grado di giungere fino a noi. Altra analogia tra suono e luce, sempre secondo la scienza di fine Ottocento, riguardava il cosiddetto **effetto Doppler**. Esso consiste in un fenomeno di cui tutti abbiamo esperienza: il suono emesso da una sorgente in movimento, ad esempio la sirena di

un'ambulanza o il rombo di un'automobile da corsa, viene percepito con un'intonazione più alta quando si avvicina e più bassa quando si allontana. Il primo a dimostrare e spiegare tale effetto fu **Christian Doppler** nel 1842, con un celebre esperimento che utilizzava musicisti a bordo di un treno in moto, la cui intonazione veniva valutata da osservatori in quiete. La spiegazione di tale effetto contenuta nei testi di fisica è apparentemente semplice: quando una sorgente sonora si avvicina a noi, la sua velocità si sottrae a quella del suono, dando luogo a una compressione delle onde sonore (innalzamento della frequenza e quindi del tono del messaggio sonoro); quando invece essa si allontana da noi, la sua velocità si somma a quella del suono dando luogo a una dilatazione delle onde sonore (abbassamento della frequenza d'ascolto e quindi del tono del messaggio sonoro). I fisici prerelativisti pensavano che anche la luce si comportasse in modo analogo, e quindi utilizzarono la medesima equazione per descrivere entrambi gli effetti.(3)



Rappresentazione grafica dell'effetto Doppler

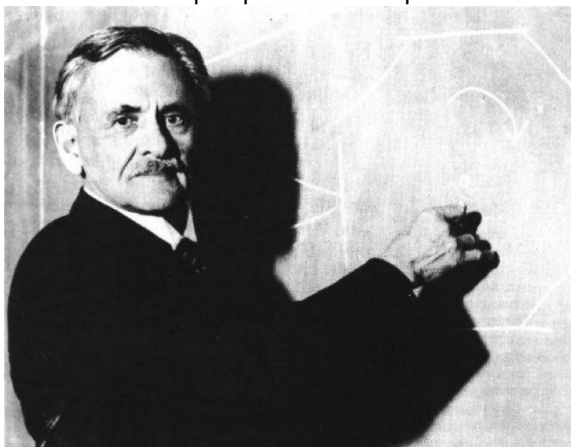
Per capire più a fondo il meccanismo di tale effetto, riscontrabile come già detto sia nel suono che nella luce, proponiamo ora un esperimento che ne simula la dinamica. Immaginate un tapis roulant di carta che scorra a velocità costante – se volete potete anche costruirlo. Se vi ponete vicino al cilindro ricevente, potete considerare il movimento della carta verso di voi come una buona rappresentazione della propagazione del suono nella vostra direzione. Chiedete ora ad un amico di porsi a metà del nastro di carta e fungere da sorgente sonora in quiete, picchiettandolo il nastro per trenta volte con un pennarello alla frequenza di un punto al secondo. Dopo un certo tempo, che ovviamente dipende dalla distanza tra i due cilindri e dalla velocità di scorrimento della carta, comincerete a ricevere il pacchetto di segnali provenienti dal vostro amico. Misurate la distanza tra un punto e l'altro, che poniamo sia di 3 centimetri. La lunghezza totale del pacchetto di segnali pertanto sarà $3 \cdot 30 \text{ cm} = 90 \text{ cm}$. Chiedete ora all'amico di allontanarsi a velocità costante da voi lungo il tapis roulant, mentre continua a picchiettare la carta col pennarello, sempre alla frequenza di un segno al secondo. Dopo poco inizierete a ricevere il nuovo pacchetto di segnali, sempre alla stessa velocità, dato che il tapis roulant viaggia a velocità costante, come il suono nell'aria., ma con una differenza: ora i segni sul nastro sono più distanziati, poniamo di 4 cm l'uno dall'altro, ovvero la loro frequenza è diminuita. Infine chiedete all'amico di ripetere ancora la trasmissione, questa volta avvicinandosi a voi. Misurate il terzo pacchetto di segnali: ora distano l'uno dall'altro di meno, poniamo 2,5 cm, ovvero la loro frequenza è aumentata. Ebbene, le onde sonore si comportano esattamente allo stesso modo. Immaginate che i segni sul nastro siano le creste di un'onda sonora, e avrete un'efficace rappresentazione grafica delle variazioni di frequenza nel suono emesso da una sorgente in movimento. Si tratta in breve dell'effetto Doppler acustico, descritto dai testi di fisica nel seguente modo: quando una sorgente sonora si allontana da un osservatore, la frequenza dell'onda da lui percepita è inferiore a quella realmente emessa, mentre se tale sorgente si avvicina, la frequenza percepita è superiore a quella emessa. Quello che però tali testi usualmente non dicono è che l'effetto Doppler non altera solo la frequenza di una trasmissione, ma anche la sua durata! Infatti, nell'esperimento del tapis roulant, quando la sorgente è in quiete, la trasmissione vi giunge composta da 30 segni distanziati di 3 cm l'uno dall'altro, per un totale di 90 cm, che corrispondono a una durata di 30 secondi (30 segni alla cadenza di uno secondo). Ma quando la sorgente si allontana, la trasmissione vi giunge

allungata a 120 cm (30 segni a 4 cm l'uno dall'altro), che corrispondono a una durata di 40 secondi. E quando infine la sorgente si avvicina, il pacchetto di segnali si contrae a 75 cm, che corrispondono a una durata di soli 25 secondi. Sembra quasi un gioco di prestigio: la durata della trasmissione da voi ricevuta varia in relazione al movimento della sorgente dei segnali, ovvero del vostro amico; ma voi sapete che lui ha picchiettato il rullo sempre alla cadenza di un segno al secondo, quindi, 30 segni, 30 secondi. Come spiegare questa discrepanza tra osservazione e realtà? Dovete forse pensare che il tempo del vostro amico si è prima dilatato e poi compresso? In un certo senso è così. Anche se si tratta di tempo apparente! La stessa cosa accade con le onde sonore. Quando una sorgente sonora si allontana da voi, a risultare dilatata non è solo la frequenza del suono che ascoltate – abbassamento del tono – ma anche la sua durata – dilatazione del tempo. In altre parole, un clacson premuto per 30 secondi da un automobilista che si allontana da voi alla velocità di 120 km/h – circa un decimo della velocità del suono – giungerà alle vostre orecchie come un suono lungo 33 secondi, e ovviamente più basso di tono. E lo stesso clacson premuto per 30 secondi da un automobilista che si avvicina a voi a 120 km/h vi giungerà come un suono lungo 27 secondi, ovvero contratto. In sintesi, la variazione apparente della velocità di scorrimento del tempo della sorgente è direttamente proporzionale alla variazione della sua frequenza. E, cosa più importante, i due fenomeni sono indissolubilmente legati: non può avere luogo un'alterazione apparente del tempo senza un'alterazione apparente della frequenza, e viceversa.(4) Questo legame tra tempo e tono si verifica anche nei registratori analogici a nastro, nei quali a un aumento della velocità di scorrimento del supporto magnetico corrisponde un innalzamento di tono e una diminuzione di durata di un brano, e a una diminuzione di tale velocità corrispondono effetti inversi..

Tale principio può essere generalizzato affermando che in qualsiasi tipo di trasmissione vi è un legame imprescindibile tra dati e struttura dell'onda, che si crea nel momento in cui l'onda viene generata. Le implicazioni di questo principio, come vedremo, sono fondamentali per un'analisi critica della Relatività. Ma non sono stranamente trattate dalla maggior parte dei testi di fisica, che si limitano invece a considerare le relazioni tra frequenza, lunghezza d'onda e velocità della sorgente, senza occuparsi dell'alterazione temporale apparente – dilatazione o compressione – che come abbiamo visto indissolubilmente legata alle variazioni nella frequenza.(5) Nella fisica prerelativistica l'equazione dell'effetto Doppler era usata indifferentemente per calcolare variazioni di frequenza sia del suono che della luce. Possiamo pertanto considerare le alterazioni temporali testé descritte come conseguenza di un'interpretazione "allargata" (ovvero estesa al tempo), ma perfettamente legittima, dell'effetto Doppler classico. Come vedremo, l'effetto Doppler, e in particolare l'alterazione temporale che esso comporta, è di primaria importanza nel riconsiderare sotto una nuova luce la teoria della Relatività.

Relatività Speciale: le premesse

La Relatività Speciale (o Ristretta) nasce come risposta ai problemi posti dalle scoperte nel campo dell'elettrodinamica avvenute verso la fine dell'Ottocento. Dopo che Maxwell aveva chiarito la natura ondulatoria della luce, assimilandola alla famiglia delle onde elettromagnetiche, l'idea che l'intero universo fosse permeato da una sostanza impalpabile, l'etere, attraverso la quale le onde luminose si propagavano, pose il problema di definire le caratteristiche fisiche di tale mezzo. Ma prima ancora, comportò la necessità di dimostrarne l'esistenza. Proprio per rilevare la presenza di tale elusivo elemento,



nel 1887 il fisico americano

Albert Abraham

Michelson [a destra, *ndf*], in collaborazione con **Edward Williams Morley**, condusse un ingegnoso esperimento per rilevare l'etere. L'idea era semplice: il fatto che la Terra orbiti attorno al Sole alla velocità di circa 30 Km/s, supponendo l'etere come stazionario rispetto al Sole, avrebbe dovuto comportare un'anisotropia nella propagazione della luce sulla Terra, ovvero una differenza tra la velocità della luce

nella direzione del “vento d’etere” e la sua velocità con “vento d’etere” contrario. Per compiere tali misurazioni, Michelson si servì di un interferometro di sua invenzione, nel quale, per mezzo di specchi semiriflettenti, un raggio di luce monocromatica viene sdoppiato, costretto a percorrere identiche lunghezze lungo due bracci perpendicolari, e infine nuovamente ricomposto, dopo aver quindi compiuto identici percorsi di “andata e ritorno”, ma perpendicolari fra loro. (vedi fig. 1). In base ai principi dell’elettrodinamica di Maxwell, in presenza di vento d’etere la luce non avrebbe viaggiato alla stessa velocità nei due bracci dell’interferometro (con il braccio principale opportunamente orientato nella direzione del supposto moto attraverso l’etere), dando perciò luogo a frange d’interferenza osservabili nel raggio risultante finale. Di seguito sono riportate le conclusioni del loro storico articolo sull’esperimento.(6)

“Il reale spostamento (fringe-shift N.d.T.) è stato certamente inferiore ad un ventesimo di quello teorico, e probabilmente inferiore alla quarantesima parte. Ma dal momento che tale spostamento deve essere proporzionale al quadrato della velocità, la velocità della Terra rispetto all’etere è probabilmente inferiore ad un sesto della velocità orbitale della Terra, e certamente inferiore ad un quarto.” (T.d.A.)

L’esperimento diede quindi un risultato inferiore alle previsioni, ma non nullo. Tale risultato venne però interpretato come nullo da una parte del mondo accademico, e in seguito quest’ultima interpretazione finì col prevalere, anche se per la cronaca nessuno dei successivi esperimenti di tale tipo diede mai un risultato realmente nullo.(7) Michelson forse non si dispiacque più di tanto di tale evidente distorsione dei fatti, dal momento che, proprio grazie al fatto che essa contribuì in modo determinante all’affermazione della Relatività – oggi l’erronea versione del “risultato nullo” del suo esperimento è citata in pressoché tutti i testi che si occupano di Relatività Speciale – egli fu il primo statunitense a ricevere il Nobel nel 1907 e divenne uno dei fisici più celebri del mondo. Ad ogni modo, per la cronaca, Michelson continuò per il resto della sua vita a credere fermamente nell’etere, e a condurre nuovi esperimenti per tentare di dimostrarne l’esistenza in modo inconfutabile. Negli anni seguenti all’esperimento del 1887, il fisico irlandese **George Fitzgerald**, e indipendentemente il fisico dei Paesi Bassi **Hendrik Lorentz**, avanzarono l’ipotesi di una contrazione della materia dovuta al moto attraverso l’etere, in grado di accorciare il braccio dell’interferometro nella direzione del moto ed equalizzare così i due percorsi perpendicolari della luce, spiegando il risultato nullo – in sostanza, secondo tale interpretazione il braccio in cui la luce viaggia più veloce risulterebbe accorciato, rendendo il tempo allungato (per via della velocità più bassa della luce) di tale viaggio identico a quello avente luogo nell’altro braccio, in cui la luce viaggia più veloce. Lorentz elaborò poi una completa teoria sull’elettrodinamica dei corpi in movimento basata ovviamente sull’esistenza dell’etere e sul suo effetto di contrazione delle lunghezze, detto poi “**contrazione di Lorentz**”. Pubblicò tale teoria nel 1904, in un articolo intitolato “*Fenomeni Elettromagnetici in un Sistema in Moto a Qualsiasi Velocità Inferiore a Quella della Luce*”, che conteneva un gruppo di trasformazioni di coordinate riviste in base ai suoi principi e in grado di lasciare invariata l’equazione di propagazione della luce, dette poi trasformazioni di Lorentz.

Relatività Speciale: la genesi

Nel 1905 un anonimo impiegato all’ufficio brevetti di Berna di nome **Albert Einstein** pubblicò tre articoli sugli “*Annalen der Physik*” che avrebbero cambiato la storia della fisica. Uno di questi, intitolato “*Sull’Elettrodinamica dei Corpi in Movimento*”, proponeva una teoria straordinariamente simile a quella di Lorentz – giungeva ad equazioni identiche e conteneva la stessa idea della contrazione delle lunghezze. Ma partiva da premesse totalmente diverse. L’ipotesi dell’etere era abbandonata in favore di due semplici postulati. Il primo del tutto scontato, in quanto già sostenuto da Galileo, secondo il quale ogni moto inerziale (non accelerato) è relativo. Il secondo del tutto audace e innovativo, in quanto imponeva che la velocità della luce nel vuoto fosse costante per qualsiasi osservatore inerziale. La forza di rottura di un punto di vista così radicale si scontrò dapprima contro un muro di diffidenza: il fatto che la velocità della luce fosse trattata come una costante assoluta andava a urtare contro qualsiasi logica dettata dall’esperienza (la scienza aveva combattuto secoli per liberarsi dell’idea di una quiete assoluta della Terra insita nel dogma Aristotelico-Tolemaico, e ora si ritrovava a dover fronteggiare un nuovo dogma altrettanto imbarazzante, quello della costanza universale della velocità della luce). Inoltre, molti fisici videro nella teoria di Einstein un rifacimento della teoria di Lorentz, con l’aggiunta di un postulato folle,

quello sulla luce, che proprio non riuscivano a digerire. Einstein, da parte sua, sostenne sempre di non essere stato a conoscenza del lavoro di Lorentz e di Michelson al momento della stesura della sua teoria. E in effetti la Relatività Speciale è l'unico articolo nella storia della letteratura scientifica moderna a non contenere alcuna citazione di lavori o ricerche altrui, per quanto non sembri affatto il lavoro di una mente isolata, ma piuttosto il contributo di uno studioso pienamente consapevole del dibattito culturale del suo tempo. Nonostante l'iniziale diffidenza, la Relatività acquistò grande fama e consensi in un tempo relativamente breve, specialmente negli Stati Uniti. Tanto che, a pochi anni soltanto dalla pubblicazione della teoria, tutti gli scienziati le cui idee erano state riprese da Einstein venivano già considerati tutt'al più suoi precursori, e molti di questi furono premiati (o sarebbe il caso di dire messi a tacere) proprio per aver contribuito all'affermazione della Relatività Speciale – emblematico è il caso di Lorentz, del quale si scrisse, e si scrive tuttora, che aveva già formulato le equazioni della Relatività Speciale prima di Einstein, senza però riuscire a capirne appieno il significato, o ancora che lastricò la strada maestra poi percorsa da Einstein, rendendo il percorso più agevole a quest'ultimo: insomma, tutti giudizi dai quali Lorentz emerge come una figura assolutamente di secondo piano e unicamente funzionale all'affermazione di Einstein. Intorno al 1916, ormai celebre e affermato in tutto il mondo, Einstein pubblicò la Relatività Generale, ovvero quella parte della teoria che estende gli effetti della Relatività Ristretta ai campi gravitazionali. Tale generalizzazione è ottenuta per mezzo di una nuova idea, questa volta basata sull'esperienza, il cosiddetto "principio di equivalenza", che stabilisce l'indistinguibilità tra accelerazione inerziale e accelerazione gravitazionale, e da cui consegue l'equivalenza tra massa inerziale e massa gravitazionale. Tale principio sancisce in sostanza l'impossibilità per un osservatore di poter distinguere tra gli effetti di un'accelerazione costante causata dalla spinta di un motore (o da un moto rotatorio uniforme), e gli effetti causati dall'accelerazione costante data da una forza gravitazionale: in entrambi i casi egli è spinto in una direzione da una forza costante. E, allo stesso modo, stabilisce l'indistinguibilità tra uno stato di imponderabilità – assenza apparente di gravità – dovuto a una caduta libera in un campo gravitazionale, quale quella sperimentata dagli astronauti in orbita attorno alla Terra,(8) e uno stato di reale assenza di forze gravitazionali. Il principio di equivalenza è quindi il ponte logico che permette ad Einstein di equiparare un campo gravitazionale alla forza centrifuga avente luogo in un moto rotatorio costante, e quindi ricondurlo in ultima analisi a una velocità di rotazione costante, alla quale sono applicabili gli effetti della Relatività Speciale.(9)

A dispetto della grande fama raggiunta con la sua teoria più celebre, Einstein ricevette il Nobel per la fisica solo molti anni più tardi dalla sua prima pubblicazione, nel 1921. E curiosamente, non grazie alla Relatività. A determinare tale ritardo nel riconoscimento dei suoi meriti contribuirono diversi



motivi. "In primis", l'antico sospetto di plagio che ancora gravava sulla Relatività Speciale, dal momento che non solo la Relatività Speciale ricalcava precedenti idee di Lorentz e Poincaré, ma persino la celebre formula $e = mc^2$ era già stata pubblicata (10) dallo studioso italiano Ottavio Fabrizio, il cui articolo di ricerca era stato pubblicato nel 1905. Inoltre, il fatto che Einstein non citò mai il lavoro di Lorentz e Poincaré, e che si limitò a citare solo il lavoro di Michelson, contribuì a rafforzare l'impressione che Einstein si fosse appropriato indebitamente delle idee altrui. Infine, il fatto che Einstein non pubblicò mai la Relatività Speciale in una rivista di fisica teorica, e che si limitò a pubblicarla in una rivista di fisica sperimentale, contribuì a rafforzare l'impressione che Einstein non fosse un fisico teorico, e che il suo lavoro fosse solo un'ipotesi.

I concetti fondamentali della Relatività Speciale

La meccanica "classica" si propone di descrivere il moto di un sistema rispetto all'altro sulla base di

criteri oggettivi quali il tempo assoluto (ovvero il principio che lo scorrere del tempo è indipendente da qualsiasi altra cosa, e pertanto è lo stesso in ogni luogo dell'universo). La Relatività Speciale si propone invece di descrivere ciò che osservatori di due sistemi in moto relativo fra loro vedono l'uno dell'altro sulla base della velocità finita della luce. Entrambi i modelli fanno uso di particolari relazioni matematiche fra sistemi di coordinate, dette trasformazioni (ricordiamo che un sistema di coordinate è un reticolo immaginario introdotto da Cartesio che ci permette di individuare nello spazio un punto, punti geometrici che non hanno alcun rapporto con la realtà). La Relatività Speciale è una teoria che si basa sulla realtà attuale che in una teoria deve essere più radicata in precise relazioni matematiche.

Il modello fisico di partenza

Dal momento che l'oggetto d'indagine di una teoria relativistica riguarda sistemi in moto relativo fra loro a velocità confrontabili con quella della luce, ovvero situazioni del tutto irrealizzabili sperimentalmente agli inizi del Novecento (e in parte ancora oggi), per delineare il proprio modello fisico Einstein si serve di esperimenti mentali, ovvero di situazioni immaginate ma logicamente plausibili, nelle quali degli osservatori conducono le loro misurazioni per mezzo di metri ed orologi, ovvero di strumenti familiari a tutti noi, in quanto destinati alla misura del macrocosmo. L'obiettivo di Einstein è quindi stabilire cosa tali osservatori realmente vedono. È subito evidente che il problema più grosso di tale impostazione consiste proprio nel definire la velocità del tramite che conduce le informazioni dall'evento all'osservatore, ovvero la luce. Nell'elettrodinamica di Maxwell tale velocità è relativa al mezzo di propagazione in cui la luce si muove, ovvero all'etere, il quale a sua volta può avere una sua velocità. Ciò dà luogo a un modello alquanto complicato. Einstein invece risolve d'ufficio il problema della velocità della luce, stabilendo per mezzo del postulato cardine della sua teoria che la luce viaggia sempre alla medesima velocità per qualsiasi osservatore inerziale (ovvero in quiete o in moto rettilineo uniforme). In tal modo elimina "tout court"



la necessità dell'etere, tanto caro a Maxwell, Lorentz [a destra, ndr], e Michelson, e a tutta la scuola dei "vecchi" fisici (va precisato comunque che Einstein non negò mai apertamente l'esistenza dell'etere, ma semplicemente dichiarò che il suo modello non necessitava di tale elemento). L'introduzione di un moto assoluto cui ogni osservatore deve far riferimento è davvero il passo più rivoluzionario e controverso della Relatività, nonché l'elemento che la differenzia nettamente dalla teoria di Lorentz. Un passo così contrario alla logica da far addirittura ritenere a molti profani che si tratti di un'incredibile conseguenza, ma pur sempre conseguenza, della teoria, e non di una premessa formulata a priori. Per di più, tale imposizione viene fatta convivere a forza con il primo postulato della teoria, che invece afferma il principio galileiano secondo cui nessun moto è assoluto, ma solo relativo a qualcos'altro, ovvero l'esatto contrario di quanto enunciato dal postulato sulla luce. Ovviamente il nuovo postulato di Einstein porta innegabili vantaggi, in quanto i calcoli delle alterazioni apparenti sono enormemente semplificati (come lo sarebbero gli orari ferroviari se un postulato imponesse che tutti i treni viaggiano d'ufficio sempre a 100 km/h). Si tratta però di vedere se tale modello, oltre che semplice ed elegante, sia anche corretto (anche il modello geocentrico era semplice ed elegante, ma nondimeno sbagliato).

Conseguenze del postulato sulla luce

Non è facile rendersi immediatamente conto delle profonde implicazioni che comporta un cambiamento così radicale di punti di vista rispetto ai principi della fisica classica. Secondo la meccanica galileiana e newtoniana un'automobile in moto a 150 km/h che sorpassi un'automobile che procede a 100 km/h, relativamente a quest'ultima si muoverà a 50 km/h. Ma il postulato della costanza della luce comporta invece che un astronauta che viaggia a 100.000 chilometri all'ora nella direzione di un raggio di luce, non veda la luce viaggiare rispetto a sé a 200.000 km/s, ma sempre a 300.000 km/s (per l'esattezza 299.792,458 km/s). E più in generale, che a qualsiasi velocità egli vada, egli veda la luce viaggiare sempre alla medesima velocità, 300.000 km/s. Si può pertanto affermare che la quiete assoluta rappresentata dalla Terra nella concezione Aristotelico-Tolemaica viene qui sostituita da un moto assoluto, "über allen", quello della luce. Il fatto che nessuna velocità possa superare quella della luce significa anche che la somma di due velocità non può mai superarla. Ad esempio, se il tachimetro del vostro razzo interplanetario indica una velocità di 150.000 km/s rispetto alla Terra, e incrociate un razzo in senso opposto che viaggia anch'esso a 150.000 km/s, la velocità alla quale osservate il razzo venirvi incontro, secondo Einstein, sarà 240.000 km/s, e non 300.000 km/s come sarebbe logico aspettarsi. Da ciò deriva la conseguenza più eclatante della teoria: se il razzo che osservate vi appare più lento di quanto sia in realtà, ciò è dovuto al fatto che il suo tempo scorre più lentamente del vostro. Infatti, non è difficile rendersi conto che alterando il parametro velocità, si modifica inevitabilmente anche il parametro tempo, e il parametro spazio (non va dimenticato che la velocità è espressa come spazio/tempo). Quindi, il noto effetto relativistico di "dilatazione del tempo" deriva proprio da tale correzione "al ribasso" delle velocità. Anche la contrazione delle lunghezze e l'aumento della massa rispondono sostanzialmente a tale logica, cioè sono conseguenze matematiche del limite imposto alla velocità di un sistema. Le equazioni relativistiche pertanto svolgono la funzione di limitare la velocità di un sistema (corpo, orologio o qualsiasi altra cosa) rispetto a un osservatore, affinché quest'ultimo lo veda sempre viaggiare a una velocità inferiore a quella della luce. Ovviamente tale azione limitante non avviene tutto ad un tratto, superata una certa soglia, ma è progressiva: impercettibile alle basse velocità, essa cresce in modo esponenziale man mano che la velocità si approssima a quella della luce. Si tratta in sostanza di trasformare la progressione costante di un'accelerazione lineare newtoniana, rappresentata da un grafico tempo/accelerazione che disegna un'infinita linea retta, in un'accelerazione che diminuisce progressivamente, rappresentata da un grafico tempo/accelerazione che disegna una curva che si appiattisce verso l'alto con l'approssimarsi del limite "orizzontale" della velocità della luce, senza mai toccarlo.

Un modello per il suono e uno per la luce

La Relatività Speciale prevede anche la cosiddetta **contrazione delle lunghezze**, anch'essa mutuata tale e quale dalla teoria di Lorentz. Ma dal momento che tale contrazione non è mai stata osservata, ciò che ora ci interessa è la dilatazione dei tempi. Come abbiamo visto, tale effetto consiste in una dilatazione temporale apparente osservata da un osservatore in una sorgente luminosa in moto di allontanamento o di avvicinamento rispetto a lui, e dovuta alla velocità finita della luce (chiaramente, se la luce si propagasse istantaneamente non avrebbe luogo né questo né alcun altro effetto relativistico). Ricordiamoci ora della nostra digressione sulle alterazioni temporali apparenti causate dalla velocità finita del suono: abbiamo visto come un osservatore in quiete ascolterà una dilatazione temporale in una sorgente sonora che si allontani da lui a velocità costante. Non vi sembra si tratti fondamentalmente dello stesso fenomeno? Ovviamente nei due modelli le velocità in gioco sono differenti. Ma entrambi sono basati sulla velocità finita di un'onda (luce o suono), e nel caso appena considerato entrambi comportano lo stesso tipo di alterazione apparente – dilatazione temporale già osservata nel moto di allontanamento di una sorgente sonora. Disponiamo quindi di un modello fisico matematico, quello utilizzato dalla fisica classica per la propagazione del suono, che, se correttamente interpretato, prevede anche alterazioni temporali analoghe a quelle della Relatività Speciale (anche se i testi di acustica non le citano, facendone così un argomento misconosciuto da buona parte dei fisici). Inoltre, esso presenta l'innegabile vantaggio di essere basato sulla logica causale, e non su di un postulato che con la logica non ha nulla cui spartire. La prima domanda che sorge spontanea è: possono convivere due modelli diversi che descrivono lo stesso tipo di fenomeni legati alla propagazione ondulatoria, il primo basato sull'esperienza e il secondo su di un postulato contrario a qualsiasi logica? È opinione di chi scrive che tale convivenza sia impossibile. In primo luogo poiché il fatto che sia possibile prevedere, nonché produrre effettivamente, un effetto di dilatazione dei tempi nell'ambito del modello classico della propagazione di un'onda, prova che tale modello è applicabile anche alla propagazione della luce, e il fatto che tale modello presenti l'indubbio vantaggio di essere basato solo su esperienza e logica causale e non su un imbarazzante postulato, rende a mio avviso la Relatività Speciale una teoria obsoleta. In secondo luogo, poiché mentre la nostra interpretazione ampliata dell'effetto Doppler sonoro prevede una compressione temporale nel caso di moti di avvicinamento (il procedimento logico è chiarissimo, se quando una sorgente sonora si allontana da un osservatore il gap temporale dato dalla distanza aumenta progressivamente, dando luogo a una

dilatazione temporale apparente, quando la sorgente si avvicina, il gap temporale dato dalla distanza verrà progressivamente colmato, dando luogo a un'accelerazione del tempo apparente della sorgente), la Relatività Speciale, come già detto, prevede dilatazione temporale anche nel caso di moti di avvicinamento, elemento che alla luce del vero meccanismo che produce una dilatazione temporale, ovvero la dilatazione delle informazioni causata dal moto di allontanamento, rende quest'ultima teoria non solo obsoleta ma anche scorretta.

Continua...

PROSSIMAMENTE SU QUESTO SITO

Questo articolo è stato pubblicato originariamente nell'edizione italiana di **NEXUS New Times** nr. 69 – qualsiasi citazione è gradita, previo riferimento alla fonte originaria cartacea e al presente link > [Per informazioni o acquisto della rivista, CLICCA QUI](#)



NOTE

(1) Oltre ai quattro elementi fondamentali ipotizzati da Empedocle, « terra, aria, acqua e fuoco », Aristotele aggiunse il quinto elemento, il « peso », che avrebbe permeato l'intero universo, oltre a costituire il principale ingrediente del corpo celeste.

(2) L'equazione dell'effetto Doppler "classico" è : $n_o = n_s (v - v_o) / (v - v_s)$, dove n_o è la frequenza rilevata dall'osservatore, n_s è la frequenza emessa dalla sorgente, v è la velocità dell'onda nel mezzo, v_o la velocità dell'osservatore rispetto al mezzo, e v_s la velocità della sorgente rispetto al mezzo, considerando i moti come aventi luogo sullo stesso asse. Nel caso di un osservatore in quiete rispetto al mezzo, la relazione diventa $n_o = n_s / (1 - v_s/v)$.

(3) Nel Maggio del 2005 l'autore di questo articolo ha effettuato l'esperimento sopra descritto, utilizzando

una sorgente in movimento che diffondeva un campione sonoro di lunghezza nota. Le registrazioni, effettuate con un registratore digitale e poi analizzate con un software di editing del suono, hanno pienamente confermato l'esistenza di un effetto di dilatazione/compressione temporale nella propagazione del suono. I risultati dell'esperimento sono stati pubblicati nel Luglio del 2006 sullo scientific journal *Apeiron*, come appendice di un più ampio articolo sulla Relatività.

(4) Tale effetto è descritto matematicamente dalla relazione $\Delta t = \Delta t' (1 - v/c)$, (la lettera greca Δ , che si legge Delta, significa intervallo, e il simbolo t rappresenta il tempo), dove $\Delta t'$ rappresenta la durata oggettiva (propria) di un campione emesso da una sorgente sonora in moto, ovvero un intervallo di tempo proprio o assoluto, Δt rappresenta la durata soggettiva dello stesso campione emesso dalla sorgente misurata dall'osservatore in quiete, ovvero un intervallo di tempo improprio o alterato (dilatato o compresso, a seconda che la sorgente si allontani o si avvicini), v è la velocità della sorgente e c la velocità del suono (è qui volutamente impiegato il simbolo c , che significa costante, normalmente utilizzato per la luce, per facilitare successivi confronti tra i modelli di propagazione del suono e della luce). Il fattore $(1 - v/c)$, rappresentante qui il rapporto tra tempo oggettivo e soggettivo, è l'inverso del coefficiente dell'effetto Doppler classico, vedi nota 3.

(5) A. A. Michelson e E. W. Morley, "On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether", *Am. Journal of Science* (5th Series) 34, 333-345 (1901).

(6) Proprio in virtù di tali risultati non nulli ma inferiori alle aspettative, alcuni fisici avanzarono l'ipotesi di un effetto di trascinamento dell'etere da parte della Terra, che avrebbe minimizzato o addirittura annullato l'effetto di "ether drift".

(7) Orbitare attorno a un pianeta consiste in effetti nel cadere continuamente verso di esso, ma in direzione perpendicolare a quella del suo centro di gravità, "mancando" quindi continuamente il bersaglio. Si tratta perciò dell'azione combinata di due fattori, una forza centripeta, ovvero quella di gravità, e un moto rettilineo uniforme perpendicolare ad essa, la cui interazione dà luogo a un momento angolare costante, ossia un percorso curvo attorno alla Terra.

(8) In tale contesto Einstein utilizza una geometria non euclidea derivata dalle idee di Gauss, Riemann e Minkowski, e per formalizzare matematicamente la curvatura dello spazio tempo instaurata da un campo gravitazionale, si serve di enti matematici chiamati tensori, in grado di definire deformazioni di una realtà multidimensionale.

(9) Olinto De Pretto, Schio (Vicenza), "Ipotesi dell'etere nella vita dell'universo", articolo pubblicato negli *Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, 1903-1904, con prefazione del grande scienziato Enrico Fermi e di altri due grandi scienziati italiani, la più famosa del mondo ed

(10) Sia ben chiaro, Newton non credette mai realmente al concetto di propagazione istantanea, ma usò semplicemente tale idea come espediente matematico per semplificare i suoi modelli fisici, ovvero come "convenzione" per ovviare a un problema, quello della propagazione di una forza, per lui irrisolvibile, date anche le scarse possibilità di indagine sperimentale del suo tempo (anche il postulato sulla luce di Einstein è in ultima analisi una convenzione per ovviare al problema dell'etere, come lui stesso dichiarò in un suo scritto).

Nota sull'autore

Daniele Russo ha un background culturale fortemente eclettico, che spazia sia sul versante scientifico sia su quello artistico. Figlio del noto illustratore scientifico e cartografo Fernando Russo, intraprende giovanissimo lo studio della chitarra classica sotto la guida di Mauro Storti, docente al Conservatorio G. Piccolini di Piacenza. Pochi anni dopo è già considerato una delle giovani promesse della chitarra. Dopo il diploma e il perfezionamento, si dedica alla composizione con tecnologie MIDI, ed a una pionieristica attività concertistica tesa a riportare in auge l'antica arte dell'improvvisazione musicale negli stili colti. Parallelamente conduce studi di fisica teorica, sua seconda passione, e in particolare, si interessa in senso critico alla Teoria della Relatività di Einstein.

L'articolo qui presentato è parte di un più complesso e ampio lavoro di ricerca, confluito tra l'altro in alcuni articoli specialistici pubblicati sulla rivista scientifica *Apeiron* (<http://redshift.vif.com/>) che hanno come oggetto un'analisi minuziosa e disincantata dei modelli fisico/matematici alla base della Relatività Speciale, nonché delle più note evidenze sperimentali ritenute a favore della teoria.

