

Breve storia dell'Etere

di Gianfranco Verbana

Sintesi ricavata da un mio saggio pubblicato su Radio Rivista dell'aprile-1995 in occasione del centenario della radio.

Per Aristotele il movimento degli *oggetti* era regolato secondo la composizione della materia: aria, acqua, terra e fuoco, come, se questi fossero delle entità coscienti. Il movimento della materia cercava il suo naturale obiettivo: il centro della terra. Più massiccio era un oggetto, più rapidamente cadeva. Oltre i quattro elementi della terra (oggetti di senso comune a tutti), Aristotele postulò per i corpi celesti la "quintessenza": l'**ETERE**. Un plasma trasparente ed immutabile che, riempiendosi nell'universo, permetteva agli astri di ruotare su orbite circolari e velocità costante senza che cadessero sulla terra.

- Si dovette aspettare fino all'**inizio del diciassettesimo secolo** per avere una forma più moderna del concetto di etere. Come principio filosofico Cartesio respinse l'idea che i sistemi fisici potessero interagire gli uni con gli altri (*azione a distanza*) senza una qualche forma di contatto fra loro. Secondo Cartesio la sostanza intermedia che permetteva di propagare la luce e il calore era l'etere.

- Verso la **fine del diciassettesimo secolo**, Huygens compì i primi passi verso una teoria ondulatoria della luce, introducendo l'etere come mezzo che permetteva la propagazione delle onde. Il suo lavoro venne ignorato a causa della notevole influenza di Newton. Con la teoria corpuscolare della luce non ci fu più bisogno dell'etere. L'azione a distanza venne evitata grazie alla propagazione intermedia di particelle.

- **Nel 1730 l'alchimista Froebenius**, mentre lavorava ad un composto che si otteneva facendo reagire acido solforico con alcool di odore pungente che serve da anestetico ed evapora molto rapidamente, osservò che quel liquido volatile era come se fosse uno *spirito* ansioso di tornare nell'alto dei cieli, appunto nell'etere cosmico di Aristotele e lo chiamò, Spiritus Aethereus. Ancor oggi chiamiamo *etere* l'alcool etilico (dietil-etere, ossido di dietile).

- **Ai primi dell'ottocento**, grazie ai lavori di Young, si ha la conferma sperimentale della natura ondulatoria della luce e si ripresentò il problema dell'*azione a distanza*. Nel **1818** il concetto di etere viene ripreso da Fresnel: "Se la luce è onda deve pur esserci qualcosa che ondeggia e quindi negli spazi interstellari c'è l'etere".

- **Nel 1870**, con la teoria elettromagnetica di Maxwell, l'etere tornerà in auge per ben oltre quarant'anni. Le leggi di Maxwell erano per quei tempi in netto contrasto con la meccanica di Newton affermando che:

Luce ed onde elettromagnetiche sono manifestazioni di un identico fenomeno di campi elettrici e magnetici oscillanti concatenati che si propagano con la velocità della luce nel vuoto, senza l'aiuto di nessun mezzo.

Se la sorgente che genera l'onda è in moto rettilineo uniforme nella stessa direzione della propagazione dell'onda, la sua velocità è sempre **c**, e non la somma delle due velocità come afferma la relatività di Newton.

Dato che le equazioni non sono invarianti alle trasformazioni di Galileo crollava quindi il principio di relatività di Newton: i moti relativi di due corpi dentro uno spazio sono

sempre gli stessi sia che lo spazio è fermo o sia che i due corpi di muovano in linea retta (non su un cerchio) di moto uniforme. Crollava pure l'impossibilità di misurare un moto assoluto.

Da duecento anni le leggi di Newton, erano state più che verificate sperimentalmente ed applicate con successo a tutti i fenomeni naturali: calore, suono, fluidi, luce, correnti statiche e dinamiche. Se ne servì perfino Huygens per trovare le leggi dell'urto elastico.

Chi avrebbe potuto mettere in dubbio il *Principia* di Newton oltre i cinque volumi della "*Méchanique Céleste*" (1825) del matematico marchese Laplace che confermò e consacrò definitivamente la visione meccanicistica e deterministica di Newton?

Come è noto, la teoria fu osteggiata da alcuni scienziati dell'epoca, ignorata da quasi tutti e non accettata da nessuno.

Alcuni fisici convinti che le equazioni fossero sbagliate, ma non sapevano dire dove, iniziarono a modificarle in modo tale che facendo una trasformazione galileiana venisse salvato il principio di relatività. Peccato che tutte le modifiche introducevano fenomeni elettrici che alla verifica sperimentale non si vedevano.

Per tutti gli altri l'unica possibilità era una spiegazione meccanicistica: *una carica elettrica oscillante causa una perturbazione nell'etere e si propaga in maniera analoga al suono.*

Ma come era fatto questo etere?

Nel 1875 Lorentz si accorse che le onde sonore e le onde luminose sono diverse sotto molti aspetti. Con un brillante lavoro per il dottorato, dimostrò matematicamente che per avere onde elettromagnetiche rigorosamente trasversali (il suono si propaga oscillando nella direzione del moto) l'etere doveva essere *infinitamente rigido* ma, allo stesso tempo, non doveva opporre resistenza a corpi che lo attraversano oltre ad essere onnipresente. Con il lavoro di Lorentz si diffonde tra i fisici la certezza assoluta della presenza dell'etere. Nessuno fisico avrà mai un minimo dubbio sull'esistenza di una si fatta misteriosa sostanza nonostante un ventennio di test sperimentali negativi.

- **Nel 1878 lo stesso Maxwell**, che era anche un grande sperimentatore, suggerì uno schema di un particolare interferometro per verificare la velocità della terra rispetto all'etere. Il principio di un interferometro è il seguente: se una sorgente luminosa viene divisa in due oscillazioni di fasci di luce e tali fasci vengono sommati tra loro essi si interferiranno. Se i due fasci alla fine del percorso hanno però una pur minima differenza di fase, la combinazione risultante presenterà delle *frange* caratteristiche. Se invece sono esattamente in fase il risultato sarà una perfetta sovrapposizione senza frange.

L'anno seguente Maxwell aggiunse che la misura è troppo piccola per essere osservata poiché richiederebbe una precisione tale da rilevare delle frange dell'interferometro una quantità dipendente dal quadrato del rapporto tra la velocità della terra e la luce. Morirà in pochi mesi per tumore allo stomaco a soli 48 anni, con il dubbio sull'impossibilità che un'onda si propaghi nel vuoto: [Abbiamo *una ragione di credere ...che esista un mezzo etereo....che riesce a trasmettere il moto da una parte all'altra e a comunicare questo moto fra loro...*]

L'etere era in moto o era fermo rispetto alla terra?

L'idea che la Terra trascinasse l'etere, come una specie di atmosfera, mentre si muoveva attorno al sole, venne esclusa nel 1880: sarebbe stato in contraddizione con il fenomeno "dell'aberrazione astronomica" scoperta da Bradley nel 1725.

- Rimaneva come unica possibilità che l'etere fosse in stato di quiete e la terra si muovesse rispetto a lui. L'ipotesi è che la Terra, muovendosi nello spazio con una velocità (30 Km/s), provochi un vento d'etere tale da poter essere osservato con un sensibile interferometro. Bisognava assolutamente trovare la velocità della Terra rispetto all'etere: *"La luce era proprio un movimento ondulatorio oscillante nell'etere"*.

- **Nel 1880** Michelson apporterà delle modifiche sostanziali all'interferometro classico. Il percorso dei due raggi di luce era su due bracci posti ad angolo retto. All'estremità dei bracci vi era uno specchio che rifletteva la luce. I due raggi riflessi si sommarono in un punto ben determinato dove interferivano l'uno con l'altro.

Se il tempo impiegato dai raggi di luce per viaggiare avanti e indietro nei due bracci fosse lo stesso, allora essi si incontrerebbero sempre in fase. Per i fisici dell'ottocento, convinti dell'esistenza di un etere stazionario, era ovvio supporre che le velocità della luce nei due bracci perpendicolari sarebbero state diverse in presenza del mare fluttuante (trasparente, duro e tenerissimo), quindi si sarebbero viste le frange.

Le misure iniziarono nel 1881 e per circa cinque anni la velocità di c , nei due bracci, era sempre la stessa. Si trovò sempre qualcosa nell'apparecchio che motivava il fallimento della misura. Per ogni fenomeno che avrebbe potuto permettere una misurazione delle frange vi era sempre un altro nuovo che la vanificava.

- Nel **1886** il fisico Morley porterà assieme a Michelson delle modifiche tali da ottenere una precisione sulla registrazione degli effetti di interferenza, di un ordine di grandezza meglio del necessario. Nel **1887** iniziarono le misure di quello che diventerà uno dei più famosi esperimenti nella storia della fisica: l'esperimento di Michelson- Morley.

-**1888**- Con grande risonanza mediatica Hertz fu il primo al mondo che tramite un trasmettitore a onde decimetriche (circa 2GHz) ed un ricevitore, verificò sperimentalmente l'esistenza delle onde elettromagnetiche e confermò che viaggiavano anch'esse alla velocità della luce. Gli esperimenti saranno validati in pochi anni da una decina di ricercatori in diversi luoghi del mondo ([Slide 8 di un mio lavoro su Marconi](#)). Hertz morirà nel 1894, a soli 36 anni dello stesso male di Maxwell.

Dietro l'evidenza sperimentale nessuno poté più contestare la teoria delle Onde Elettromagnetiche. Ciò convinse ancor di più Michelson, Morley, Lorentz e Poincaré a insistere sulle sperimentazioni per rilevare il moto relativo della Terra rispetto all'etere.

- Nel **1888** Michelson e Mosley portarono i bracci a una lunghezza di 11 metri con una accuratezza dell'ordine di 200 micron. Montarono l'interferometro su un pesante blocco di pietra, che a sua volta venne montato su un disco di legno galleggiante in un'enorme vasca di mercurio. Questo consentì loro di far ruotare l'apparecchiatura per eliminare eventuali possibilità di difetti dei bracci. Ripeterono le misurazioni tre volte al giorno e ogni tre mesi, nel caso il moto della terra su se stessa e attorno al sole avrebbe potuto avere qualche influenza sulla misura, ma non ebbero nessuna conferma della presenza dell'etere.

L'intera impalcatura meccanicista delle equazioni di Maxwell stava traballando e iniziò un periodo di grossi sforzi speculativi per giustificare il fallimento delle misure.

- **Nel 1892** il fisico FitzGerald espresse la congettura su "The Ether and the Earth's Atmosphere" che, se gli oggetti in movimento si "accorciassero", si contraessero, nella direzione del loro moto, ciò aiuterebbe a spiegare il risultato anomalo dell'**esperimento di Michelson-Morley**. La sua idea era che il braccio dell'interferometro che si trovava lungo la direzione di moto della Terra contraendosi andava a compensare la differenza di velocità della luce dovuta alla presenza dell'etere. Secondo FitzGerald questi due effetti si escludevano a vicenda.

- **Nel 1895** Lorentz, sostenitore della tesi di contrazione dei bracci, propose una sua teoria: quando la materia, composta da cariche di elettricità, tenute insieme da forze elettromagnetiche, viene messa in moto, tali forze cambiano direzione in modo da produrre un accorciamento della materia stessa. Era per quei tempi un'idea audace derivata da considerazioni misteriose riguardanti l'etere. Per Lorentz tra le particelle di materia c'è uno spazio vuoto ed è in questo spazio la sede dei campi di Maxwell: una netta separazione tra materia e campi. Lavorò sull'idea della contrazione dovuta alle forze molecolari per quasi 10 anni.

- **Nel 1895** un giovane di 16 anni di nome Albert Einstein, abbandonò il ginnasio per raggiungere a Milano l'azienda di attrezzature elettriche del padre e lo zio Jacob ingegnere elettricista. Anni prima Albert fece propri i semplici libretti pratici, in voga nel fine ottocento dedicati ai tecnici, che lo zio gli forniva. Studiò dalla geometria euclidea (12 anni) al calcolo differenziale ed integrale reso facile ed attraente (14 anni). Per quanto riguarda la fisica lo zio insegnò a Albert pochi, ma fondamentali concetti, quanto basta ad incuriosire ed appassionare il nipote: la legge di gravitazione di Aristotele, le leggi di Newton, il fatto che nonostante la rivoluzione scientifica per il moto assoluto si era ancora come ai tempi dei greci. Ma, soprattutto i risultati dei recentissimi esperimenti sulle onde radio in diversi luoghi del mondo, che validarono senza ombra di dubbio la teoria di Maxwell. Albert si immaginò di viaggiare alla velocità della luce a fianco di un'onda radio. In questo caso non avrebbe più visto i valori di cresta né gli avvallamenti dell'oscillazione, in pratica sarebbe scomparsa l'ondulazione. Tuttavia le equazioni di Maxwell non prevedono questa possibilità e quindi o sono sbagliate (ma gli esperimenti radio dicevano di no) o non è possibile che qualcuno si possa muovere alla velocità della luce. Per la fisica classica entrambe le soluzioni erano assurde. Questo rompicapo lo portò, in dieci anni, verso conflitti e contraddizioni di enorme profondità, tanto da scuotere i fondamenti della fisica oltre che a far sparire definitivamente l'etere.

- **Nel 1900** in una conferenza Lorentz divulgò: *"Possiamo capire l'accorciamento di un corpo se pensiamo che la forma di un solido dipenda dalla forza delle sue molecole e che con ogni probabilità queste forze sono propagate dall'etere che si interpone in modo analogo a quello con cui le onde di Maxwell sono trasmesse attraverso questo mezzo"*. Diede una semplice formula esatta dell'entità della contrazione dei bracci, valida per tutti i sistemi che si muovono con qualunque velocità inferiore a **c**.

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Dove L_0 è la lunghezza dei bracci in quiete, v è la velocità della terra rispetto all'etere e c è la velocità della luce. Questa formula sarà la cosiddetta trasformazione di

Lorentz per lo spazio, valida solo per velocità minori o uguali a c (ma nessuno fisico si accorse del perché).

- **1902**- I fisici continuavano ad essere talmente influenzati dall'idea dell'etere che le teorie di Lorentz persuasero Morley ed il suo collega Miller ad intraprendere una nuova serie di esperimenti. L'accorciamento dipende dal tipo di molecole cui erano fatti in bracci, quindi iniziarono a costruirli prima in una struttura di legno e poi di acciaio.

Il risultato con due estremi materiali di legame molecolare era sempre *uguale a zero*. La velocità della Terra rispetto all'etere non era riscontrabile. Era come se la natura *congiurasse* contro tutti gli sforzi umani.

Poincaré fece notare che una congiura universale sarebbe anch'essa una legge della natura ed avanzò l'ipotesi che vi sia veramente una legge di questo tipo tale che nessun esperimento consenta di scoprire un vento d'etere o di determinare una velocità assoluta.

- **1904**- Lorentz pubblica i risultati finali della sua teoria in un articolo sui fenomeni elettromagnetici in un sistema che si muove con qualunque velocità inferiore a c .

L'articolo contiene l'ultima versione più complicata della sua teoria. Egli formulò l'ipotesi che gli elettroni fossero sfere cariche che si contraggono in ellissoidi quando sono in movimento. Egli trovò utile introdurre un nuovo concetto di "*tempo locale*".

Era solo un espediente matematico per semplificare le equazioni di Maxwell compiendo calcoli per gli oggetti materiali in movimento. Sarà la cosiddetta trasformazione di Lorentz per il tempo. Queste trasformazioni hanno un ruolo importante nel calcolo di Lorentz, ma sono come degli ausilii matematici dal significato fisico molto oscuro.

- Poincaré al Convegno di Scienze e Arti di St. Luis del **1904**, in occasione dell'esposizione universale, fornisce una chiara definizione della relatività: "*Il principio di relatività è quello secondo cui le leggi dei fenomeni fisici dovrebbero essere le stesse sia per un osservatore fisso sia per un osservatore trasportato in un movimento uniforme di traslazione, così che non abbiamo e non potremmo avere, il modo di capire se siano o no trasportati da questo moto*".

Riferisce il lavoro di Michelson che ha portato la precisione ai limiti estremi e ribadisce che il principio di relatività deve essere spiegato ed è proprio ciò che Lorentz stava cercando di fare anche se utilizzando però troppe ipotesi arbitrarie. Poiché le trasformazioni di Lorentz non hanno più valore a velocità maggiori di c , egli intuisce che forse si dovrà costruire una meccanica nuova di cui sia ha solo un barlume. Poincaré termina la conferenza lasciando la "*nuova meccanica*" come una congettura irrealizzata.

Giugno 1905 – L'apoteosi- Su "*Annalen der Physik*", la più importante rivista di fisica tedesca, appare l'articolo "*Sull'elettrodinamica dei corpi in movimento*". Il giovane Albert Einstein manda all'aria: l'etere e tutte le concezioni dello spazio e del tempo sulle quali si era basata la fisica. E' un articolo di una semplicità impressionante. L'unico riferimento all'etere è la famosa frase nel secondo paragrafo: "*L'introduzione di **un etere luminoso si rivelerà superflua**, allo stesso modo in cui la teoria che svilupperò qui non richiederà uno spazio assolutamente statico*".

Einstein formula l'ipotesi che la velocità della luce sia *una costante universale* sottolineando che è valida solo in sistemi di riferimento che si muovono uniformemente l'uno rispetto all'altro.

Con semplici esperimenti mentali colloca da per tutto due semplicissimi strumenti noti a tutti i fisici dell'ottocento: righelli e orologi". L'etere non esiste, sono le leggi di Newton a perdere validità quando ci si muove con velocità confrontabili con c .

Le leggi da cambiare sono quelle della meccanica e non quelle dell'elettrodinamica.

La principale differenza fra la relatività di Einstein e di Newton - Galileo sta nelle leggi di trasformazione che legano le coordinate spaziali (x, y, z) e il tempo (t) di due sistemi in moto relativo. Le trasformazioni sono proprio quelle di Lorentz, ma con un'enorme differenza: per Einstein la contrazione dei corpi non è attribuibile ad un modello di forze che tengono insieme la materia. La contrazione della lunghezza è insita nel procedimento per cui le lunghezze sono misurate da righelli, allo stesso modo in cui la dilatazione del tempo non ha niente a che vedere con la costruzione materiale dell'orologio, ma piuttosto con il confronto della lettura degli orologi.

Le equazioni di Maxwell non variano se sono soggette alle trasformazioni di Lorentz, il che equivale a dire che soddisfano al principio di relatività. E' la famosa relatività ristretta per la quali i fisici-filosofi hanno usato oceani d'inchiostro, e molto spesso a sproposito, senza aver capito la teoria.

L'articolo di Einstein non fa riferimento e non cita nessun fisico. Alla fine l'unico ringraziamento è per l'ingegnere Besso, un collega dell'ufficio brevetti, sul quale scrive: " *Per finire desidero dire che nell'elaborazione del problema qui trattato ho avuto la fedele assistenza dall'amico Michelangelo Besso, che gli sono debitore di molti validi suggerimenti*".

- **Nel 1906** Poincaré fu il primo di una lunga serie a contestare Einstein, in merito sia alla relatività ristretta, sia per un suo risultato, il famoso $E=mc^2$ (settembre 1905: quarto articolo di Einstein in pochi mesi). Scrisse che concorda con gli esperimenti di Kaufmann (1904), il quale fece una lunga serie di misure atte a valutare l'incremento della massa iniziale degli elettroni. Poincaré scrive che questi risultati conferiscono valore alla teoria d'Abraham (un modello d'elettrone differente da quello di Lorentz). In pratica Poincaré appoggia la teoria in disaccordo sia con Lorentz sia con Einstein. Solo nel 1916 si scoprirà che gli strumenti di Kaufmann erano inadeguati.

- La semplicità degli articoli di Einstein, senza dimostrazioni teoriche matematiche e scritte da un ingegnere sconosciuto, fece sì che fu ignorato da molti. La reazione fu in genere d'indifferenza e rifiuto. Ma non per tutti: il professor Witkowski di Cracovia lesse l'articolo della relatività ristretta e si accorse che era nato un nuovo Copernico. Quando **nel 1907** incontrò Born ad un convegno di fisica, gli parlò di Einstein e gli chiese se avesse letto l'articolo. Nessuno dei partecipanti al convegno lo lessero. Andarono tutti in biblioteca presero dagli scaffali il volume 17 degli *Annalen der Physik* e iniziarono a leggerlo. Max Born ne riconobbe la grandezza e la necessità di generalizzazioni formali. In seguito le ricerche di Born sulla teoria della relatività divennero uno dei primi contributi importanti. Born aveva solo 24 anni quando lesse l'articolo, ma d'altronde tutte le scoperte veramente grandi della fisica teorica sono state compiute da uomini al di sotto dei trent'anni.

- Fino alla sua morte (**1912**) **Poincaré** tenne numerose conferenze pontificando che il principio di relatività non possiede il valore rigoroso che si vuole attribuirgli. In nessuna conferenza menzionerà mai il contributo di Einstein.

Passerà alla storia per aver scoperto, nel 1903, che le trasformazioni di Lorentz formano un gruppo. Ciò significa che quando si combinano due trasformazioni successive il risultato è sempre una trasformazione di Lorentz. Questo gruppo è detto oggi " *gruppo di Poincaré* "

- Solo **nel 1915 Lorentz** accetterà, ma non del tutto, la teoria di Einstein (che comincia ad essere letto e noto ai fisici contemporanei) modificando l'ultimo capitolo della nuova edizione del suo libro del 1909 " *The theory of Eletronics*".

A pagina 230 scrive: *"Comunque è difficile non pensare che l'etere sia fornito di un grado di consistenza con una sostanza totalmente diversa dalla materia ordinaria "*. Farà riferimento all'etere anche negli ultimi anni della sua vita, considerandolo un concetto che presenta alcuni vantaggi.

- **Nel 1922** Miller ritenta la ricerca del vento d'etere. Dall'osservatorio di Mount Wilson dimostra l'esistenza dell'etere dichiarando di aver trovato un effetto Michelson diverso da zero. Risulterà presto smentito perché sarà dimostrato che il suo esperimento era sbagliato.

- Michelson non accettò mai la teoria della "relatività ristretta " fino alla fine. Incontrerà Einstein per la prima e ultima volta **nel 1931**, pochi mesi prima di morire a 79 anni, manifestando il suo disprezzo per un tale "mostro di teoria".

Le locuzioni sono dure a morire. In questo momento sto assaggiando delle ciliege sotto spirito e qualche lettore di Via Lattea parla ancora, spero poeticamente, delle onde nell'etere, pur essendo ormai fuori discussione che **l'etere cosmico non esiste** e che le onde radio, come la luce, si propagano nel vuoto.

Ing. Gianfranco Verbana