

Etere

James Clerk Maxwell

Encyclopaedia Britannica
IX edizione Vol. VIII pp. 568 - 572 (1879)

traduzione di Giuseppe Giuliani

Etere o *Ætere* . . . , una sostanza materiale di un genere molto più sottile dei corpi visibili, che si pensa esista in quelle regioni dello spazio che sono apparentemente vuote.

L'ipotesi di un etere è stata sostenuta da diversi studiosi sulla base di ragioni molto diverse. Per coloro che sostenevano l'esistenza di un 'pieno' sulla base di un principio filosofico, l'orrore della natura per il vuoto costituiva una ragione sufficiente per immaginare un etere che tutto avvolgeva, anche se altre argomentazioni erano contro di esso. Per Descartes, che fece dell'estensione l'unica proprietà essenziale della materia, la mera esistenza di corpi apparentemente separati costituiva una prova dell'esistenza di un mezzo continuo tra di essi.

Tuttavia, oltre a queste esigenze altamente metafisiche, gli 'eteri' dovevano svolgere funzioni più mondane. Sono stati *inventati* eteri affinché i pianeti potessero nuotarvi, per creare atmosfere elettriche ed effluvi magnetici, per convogliare sensazioni da una parte ad un'altra dei nostri corpi, e così via, finché tutto lo spazio fu riempito tre o quattro volte di seguito con eteri. Solo ricordando l'estesa e malefica influenza che le ipotesi sugli eteri solevano esercitare sulla scienza, possiamo apprezzare l'orrore per gli eteri che menti sobrie ebbero nel corso del diciottesimo secolo e che, probabilmente come una sorta di pregiudizio ereditario, discese sino allo scomparso John Stuart Mill.

I discepoli di Newton sostenevano che, per quanto riguarda la mutua attrazione gravitazionale dei corpi celesti, essi possedevano, grazie alla legge di Newton, una completa descrizione quantitativa dei loro moti; e tentarono di seguire il percorso aperto da Newton studiando e misurando le attrazioni e le repulsioni di corpi elettrizzati e magnetizzati, e le forze di coesione all'interno dei corpi, senza tentare di spiegare queste forze.

Lo stesso Newton, tuttavia, tentò di spiegare la gravitazione mediante differenze di pressione nell'etere; ma non pubblicò la sua teoria perché "non era in grado di fornire, sulla base di esperimenti od osservazioni, una giustificazione per questo mezzo e per il suo modo di operare nei principali fenomeni della natura".

D'altra parte, coloro che immaginarono eteri per spiegare [vari] fenomeni non erano in grado di specificare la natura del moto di questi mezzi e non potevano provare che i mezzi, come da loro immaginati, erano in grado di produrre gli effetti che avrebbero dovuto spiegare. Il solo etere che è sopravvissuto è quello inventato da Huygens per spiegare la propagazione della luce. *L'evidenza dell'esistenza dell'etere luminifero è andata accumulandosi via via che sono stati scoperti nuovi fenomeni della luce e di altre radiazioni; e si è scoperto che le proprietà di questo mezzo, dedotte dai fenomeni luminosi, sono esattamente quelle necessarie per spiegare i fenomeni elettromagnetici.*

Funzione dell'etere nella propagazione di radiazione

Le evidenze che sostengono la teoria ondulatoria della luce saranno pienamente illustrate nell'articolo sulla *LUCE*; tuttavia, possiamo dare qui un suo breve riassunto nella misura in cui esso riguarda l'esistenza dell'etere.

Che la luce non sia una sostanza può essere dimostrato con il fenomeno dell'interferenza. Un fascio di luce proveniente da una sorgente è diviso, mediante certi metodi ottici, in due parti e queste, dopo aver percorso cammini diversi, sono ricongiunte e cadono sopra uno schermo. Se uno dei due fasci è intercettato, l'altro cade sullo schermo e lo illumina; ma se entrambi i fasci passano, lo schermo diventa scuro in certi posti mostrando così che due porzioni di luce si sono distrutte a vicenda.

Ora, noi *non possiamo supporre che due corpi possano annichilarsi a vicenda quando messi insieme*; pertanto la luce non può essere una sostanza. Ciò che abbiamo mostrato è che una porzione di luce può esser l'esatto opposto di un'altra porzione, così come $+a$ è l'esatto opposto di $-a$, qualunque cosa a possa essere. Tra le grandezze fisiche, ne troviamo alcune che sono capaci di avere il loro segno cambiato, ed altre che non lo sono. Così uno spostamento in una direzione è l'esatto opposto di uno spostamento uguale nella direzione opposta. Queste grandezze sono misure, non di una sostanza, ma, sempre, di processi che si svolgono in una sostanza. Concludiamo pertanto che la luce non è una sostanza ma un processo che si manifesta in una sostanza, il processo che si manifesta nella prima porzione di luce essendo

sempre l'esatto opposto del processo che si manifesta nell'altra [porzione] allo stesso istante, così che quando le due porzioni sono congiunte, non si verifica alcun processo. Per determinare la natura del processo in cui consiste la luce, noi cambiamo la lunghezza di uno o di entrambi i cammini delle due porzioni del fascio e troviamo che la luce si estingue quando la differenza tra le lunghezze dei cammini è un multiplo intero dispari di una certa piccola distanza chiamata mezza lunghezza d'onda. In tutti gli altri casi c'è più o meno luce; e quando i cammini sono uguali, o quando la loro differenza è un multiplo intero di un'intera lunghezza d'onda, lo schermo appare quattro volte più luminoso di quando una [sola] porzione del fascio cade su di esso. Nella realizzazione usuale dell'esperimento, questi casi diversi sono mostrati simultaneamente in punti diversi dello schermo, così che noi vediamo sullo schermo un insieme di frange che consistono di linee scure ad intervalli uguali, con bande luminose di intensità variabile tra di esse.

Se consideriamo quello che accade in punti diversi dell'asse di un fascio di luce allo stesso istante, troveremo che se la distanza tra i punti è un multiplo di una lunghezza d'onda lo stesso processo si svolge nei due punti allo stesso istante; ma se la distanza è un multiplo dispari di mezza lunghezza d'onda, il processo che si svolge in un punto è l'esatto opposto del processo che si svolge nell'altro.

Ora, è noto che la luce si propaga con una certa velocità (3.004×10^{10} centimetri al secondo secondo Cornu). Se, pertanto, supponiamo che un punto mobile viaggi lungo il raggio con questa velocità, troveremo lo stesso processo svolgersi in ogni punto del raggio raggiunto dal punto mobile. Se, infine, consideriamo un punto fisso sull'asse del fascio, osserveremo un rapido alternarsi di questi processi opposti, l'intervallo di tempo tra processi simili essendo l'intervallo di tempo che la luce impiega a percorrere una lunghezza d'onda.

Questi fenomeni possono essere riassunti nell'espressione matematica

$$u = A \cos(nt - px + a)$$

che fornisce u , la fase del processo, in un punto la cui distanza da un punto fisso nel fascio è x al tempo t .

Non abbiamo determinato nulla per quanto concerne la natura del processo. Potrebbe essere uno spostamento, o una rotazione, o una perturbazione

elettrica, o qualunque grandezza fisica che è capace di assumere valori negativi e positivi. Qualunque sia la natura del processo, se è capace di essere espressa da un'equazione di questa forma, il processo che si svolge in un punto fisso si chiama vibrazione; la costante A è chiamata ampiezza; il tempo $2\pi/n$ è chiamato periodo; e $npx + a$ è la fase.

La configurazione ad un determinato istante è chiamata un'onda, e la distanza $2\pi/p$ è chiamata lunghezza d'onda, la velocità di propagazione è n/p . Quando contempliamo le diverse parti del mezzo che subiscono lo stesso processo in successione, usiamo la parola ondulatorio per denotare questa caratteristica del processo senza restringere in alcun modo la sua natura fisica.

Una visione più profonda della natura fisica del processo si ottiene dal fatto che se i due raggi sono polarizzati, e se il piano di polarizzazione di uno di essi è ruotato intorno all'asse del raggio, allora quando i due piani di polarizzazione sono paralleli il fenomeno di interferenza compare come descritto sopra. Mentre il piano [di polarizzazione] gira intorno, le bande scure e chiare divengono meno distinte e, quando i piani di polarizzazione sono perpendicolari, l'illuminazione dello schermo diventa uniforme e non si può scoprire alcuna traccia di interferenza.

Pertanto, i processi fisici coinvolti nella propagazione della luce non devono solo essere una grandezza direzionale o un vettore capace di avere la sua direzione invertita, ma questo vettore deve essere perpendicolare al raggio, e [posto] nel piano di polarizzazione o perpendicolare ad esso. Fresnel ha supposto che fosse uno spostamento del mezzo perpendicolare al piano di polarizzazione. Maccullagh e Neumann hanno supposto che fosse uno spostamento nel piano di polarizzazione. Il confronto tra queste due teorie deve essere rinviato a quando tratteremo i fenomeni nei mezzi densi.

Questo processo può, tuttavia, essere un processo elettromagnetico e, siccome in questo caso, lo spostamento elettrico e la perturbazione magnetica sono tra loro perpendicolari, ciascuno dei due può essere nel piano di polarizzazione.

Tutto quanto detto a proposito della radiazione che opera sui nostri occhi, e che chiamiamo luce, si applica anche a quelle radiazioni che non producono un'impressione luminosa sui nostri occhi, perché i fenomeni di interferenza sono stati osservati, e le lunghezze d'onda misurate, nel caso di radiazioni

che possono essere rivelate solo per i loro effetti chimici o calorici.

Elasticità, rigidità, e densità dell'etere

Avendo così determinato il carattere geometrico del processo, dobbiamo ora volgere la nostra attenzione al mezzo in cui si svolge. Possiamo usare il termine *etere* per denotare questo mezzo, qualunque cosa esso possa essere.

In primo luogo, è in grado di trasmettere energia. Le radiazioni che esso trasmette non solo sono in grado di agire sui nostri sensi, il che costituisce evidenza del lavoro svolto, ma anche di scaldare i corpi che le assorbono; e, misurando il calore trasmesso a questi corpi, l'energia della radiazione può essere calcolata.

In secondo luogo, questa energia non è trasmessa istantaneamente dal corpo irraggiante a quello assorbente, ma esiste per un certo [intervallo di] tempo nel mezzo.

Se adottiamo la forma di Fresnel o quella di Maccullagh della teoria ondulatoria, metà di questa energia è sotto forma di energia potenziale, dovuta alla distorsione delle porzioni elementari del mezzo, e metà sotto forma di energia cinetica, dovuta al moto del mezzo. Dobbiamo allora pensare che l'etere posseda un'elasticità simile a quella dei corpi solidi, ed anche una densità finita. Se prendiamo la stima di Poulliet di 1.7633 per il numero di unità grammi-centigradi di calore prodotto dalla luce diretta del sole sopra un centimetro quadrato in un minuto, ciò è equivalente a 1.234×10^6 erg per secondo. Dividendo questo [numero] per 3.004×10^{10} , la velocità della luce in centimetri al secondo, otteniamo per l'energia [contenuta] in un centimetro cubo 4.1×10^{-5} erg. Vicino al sole, l'energia [contenuta] in un centimetro cubo sarebbe circa 46000 volte tanto, cioè 1886 erg. Se assumiamo inoltre, con Sir W. Thomson, che l'ampiezza non è più di un centesimo della lunghezza d'onda, abbiamo $Ap = 2\pi/100$ cioè circa 1/16; abbiamo pertanto:

Energia per centimetro cubo

$$= \frac{1}{2}\rho V^2 A^2 p^2 = 1886 \text{ erg}$$

Massimo sforzo tangenziale per centimetro quadrato

$$= \rho V^2 Ap = 30.176 \text{ dyne}$$

Coefficiente di rigidità dell'etere

$$= \rho V^2 = 842.8$$

Densità dell'etere

$$= \rho = 9.36 \times 10^{-19}$$

Il coefficiente di rigidità dell'acciaio è di circa 8×10^{11} e quello del vetro 2.4×10^{11} .

Se la temperatura dell'atmosfera fosse dovunque di $0^{\circ}C$, e se fosse in equilibrio intorno alla Terra supposta in quiete, la sua densità ad una distanza infinita dalla Terra sarebbe 3×10^{-346} che è circa 3×10^{327} volte minore della densità stimata dell'etere. Nelle regioni dello spazio interplanetario la densità dell'etere è pertanto molto grande in confronto con quella della atmosfera attenuata dello spazio interplanetario, ma l'intera massa di etere entro una sfera il cui raggio è quello del pianeta più distante è molto piccola se paragonata con quella degli stessi pianeti.

L'etere distinto dalla materia

Quando la luce viaggia attraverso l'atmosfera è chiaro che il mezzo attraverso cui la luce si propaga non è l'aria medesima, perché in primo luogo l'aria non può trasmettere vibrazioni trasversali, e le normali vibrazioni che l'aria trasmette sono circa un milione di volte più lente della luce.

Corpi solidi trasparenti, come il vetro e i cristalli, sono senza dubbio in grado di trasmettere vibrazioni trasversali, ma la velocità di trasmissione è ancora centinaia di migliaia di volte minore di quella con cui è trasmessa la luce attraverso questi corpi. Siamo pertanto obbligati a supporre che il mezzo attraverso cui la luce si propaga è qualcosa di distinto dal mezzo trasparente a noi noto, sebbene esso penetri dentro tutti i corpi trasparenti e probabilmente anche i corpi opachi.

La velocità della luce, tuttavia, è diversa in mezzi trasparenti diversi; dobbiamo pertanto supporre che questi mezzi svolgano qualche ruolo in questo processo, e che le loro particelle vibrano come vibrano quelle dell'etere, ma l'energia delle vibrazioni delle particelle materiali deve essere molto minore di quella dell'etere, perché altrimenti una proporzione molto più grande della luce incidente sarebbe riflessa, di quanto troviamo essere il caso, quando un raggio passa dal vuoto al vetro o dal vetro al vuoto.

1 Moto relativo dell'etere

Dobbiamo pertanto considerare l'etere all'interno dei corpi densi come qualcosa debolmente connesso con i corpi densi, e dobbiamo allora chiederci se, quando questi corpi densi sono in moto attraverso il grande oceano dell'etere, essi portano con loro l'etere che contengono, o se l'etere passa tra di essi come l'acqua del mare passa attraverso le maglie di una rete quando è trascinata da una barca. Se fosse possibile determinare la velocità della luce osservando il tempo che essa impiega per viaggiare tra una stazione ed un'altra sulla superficie terrestre, potremmo, confrontando le velocità osservate in direzioni opposte, determinare la velocità dell'etere rispetto a queste stazioni terrestri. Tuttavia, tutti i metodi con cui è possibile determinare la velocità della luce con esperimenti terrestri dipendono dalla misura del tempo necessario per il doppio viaggio tra una stazione e l'altra e ritorno, e l'incremento di questo tempo dovuto ad una velocità relativa dell'etere uguale a quella della Terra sulla sua orbita sarebbe soltanto di circa un centomillesimo dell'intero tempo di trasmissione e sarebbe pertanto impercettibile.

La teoria del moto dell'etere non è sufficientemente sviluppata per permetterci di costruire una precisa teoria matematica dell'aberrazione della luce, tenendo conto del moto dell'etere. Il Professor Stokes, tuttavia, ha mostrato che, con un'ipotesi molto probabile circa il moto dell'etere, l'aberrazione non sarebbe sensibilmente modificata da quel moto.

Il solo metodo praticabile per determinare direttamente la velocità dell'etere relativa al sistema solare è quello di confrontare i valori della velocità della luce dedotta dall'osservazione delle eclissi dei satelliti di Giove quando Giove è visto dalla Terra in due punti quasi opposti dell'eclittica.

Arago ha proposto di confrontare la deviazione prodotta nella luce di una stella dall'attraversamento di un prisma acromatico quando la direzione del raggio dentro il prisma forma angoli differenti con la direzione di moto della Terra sulla sua orbita. Se l'etere si muovesse rapidamente attraverso il prisma, la deviazione potrebbe essere diversa quando la direzione della luce è la stessa di quella dell'etere, e quando queste direzioni sono opposte.

L'autore ha modificato l'esperimento per renderlo più praticabile usando un ordinario spettroscopio, in cui uno specchio piano sostituiva la fenditura del collimatore. I fili a croce del telescopio di osservazione erano illuminati.

La luce da ogni punto del filo passava attraverso l'obiettivo e, successivamente, [attraverso] il prisma come un sottile fascio parallelo finché non cadeva sull'obiettivo del collimatore ed era foccheggiato sullo specchio, da cui era riflesso e, dopo essere passato di nuovo attraverso l'obiettivo esso formava un fascio sottile passando attraverso ciascun prisma parallelamente alla sua direzione originaria, così che l'obiettivo del telescopio di osservazione lo foccheggiava sullo stesso punto del filo a croce da cui era inizialmente partito. Siccome l'immagine coincideva con l'oggetto, non poteva essere osservata direttamente, ma deviando il sottile fascio mediante una riflessione parziale sulla superficie piana di un vetro, si è trovato che l'immagine della linea più sottile del filo a croce poteva essere vista distintamente, sebbene la luce che formava l'immagine aveva attraversato due volte tre prismi di 60° . L'apparato fu poi sistemato in modo che la direzione della luce fosse opposta a quella del moto della terra. Se la deviazione del raggio da parte del prisma fosse stata aumentata o diminuita per questa ragione durante il primo viaggio, sarebbe stata diminuita o aumentata nel viaggio di ritorno, e le immagini sarebbero apparse da una parte dell'oggetto. Quando l'apparato fosse stato ruotato, essa sarebbe apparsa dall'altra parte. L'esperimento fu condotto diverse volte durante l'anno, ma sono stati ottenuti solo risultati negativi. Non possiamo, tuttavia, concludere con certezza da questo esperimento che l'etere, vicino alla superficie della Terra, è trascinato dalla Terra lungo la sua orbita, perché è stato mostrato dal Professor Stokes che secondo l'ipotesi di Fresnel la velocità dell'etere nel prisma relativamente a quella fuori di esso sarebbe inversamente proporzionale all'inverso del quadrato dell'indice di rifrazione, e che in questo caso la deviazione non sarebbe sensibilmente modificata dal moto del prisma attraverso l'etere.

Tuttavia, Fizeau, osservando la variazione del piano di polarizzazione della luce trasmessa obliquamente attraverso una serie di lastre di vetro, ottenne quella che egli suppose essere un'evidenza di una differenza nel risultato quando la direzione del raggio nello spazio era differente, e Angström ottenne risultati analoghi mediante diffrazione.

L'autore non sa se alcuno di questi difficile esperimenti siano stati verificati mediante ripetizione.

In un altro esperimento del Sig. Fizeau, che appare degno di maggiore confidenza, egli ha osservato che, in un flusso d'acqua, la luce si propaga con velocità maggiore nella direzione in cui l'acqua si muove che nella direzione opposta, ma che la variazione della velocità è minore di quella che sarebbe

dovuta alla reale velocità dell'acqua, e che il fenomeno non si presenta quando l'acqua è sostituita dall'aria. Questo esperimento sembra piuttosto verificare la teoria dell'etere di Fresnel; ma l'intera questione dello stato dell'etere luminifero nelle vicinanze della Terra, e la sua connessione con la materia, è ancora ben lungi dall'essere risolta mediante esperimenti.

Ruolo dell'etere nei fenomeni elettromagnetici

Faraday suppose che il medesimo mezzo in cui si propaga la luce potesse essere anche il principio attivo dei fenomeni elettromagnetici. “Da parte mia”, dice, “considerando la relazione tra il vuoto e la forza magnetica e le proprietà generali dei fenomeni magnetici esterni al magnete, sono più incline alla concezione che nella trasmissione della forza ci sia una tale azione, esterna al magnete, piuttosto che a quella secondo cui gli effetti siano meramente attrazioni e repulsioni a distanza. Tale azione potrebbe essere una funzione dell'etere; perché non è affatto improbabile che, se c'è un etere, esso svolga altre funzioni che non la semplice trasmissione delle radiazioni”.

Questa congettura è stata solo rafforzata da indagini successive.

L'energia elettrica è di due tipi, elettrostatica ed elettrocinetica. Abbiamo ragioni per ritenere che la prima dipenda da una proprietà del mezzo grazie a cui uno spostamento elettrico produce una forza elettrica nella direzione opposta, la forza elettrica per unità di spostamento [elettrico] essendo inversamente proporzionale alla capacità induttiva specifica del mezzo.

L'energia elettrocinetica, d'altra parte, è semplicemente l'energia del moto prodotta nel mezzo da correnti elettriche e magneti, questo moto non essendo confinato nei fili che portano la corrente, o nel magnete, ma esistendo in ogni luogo in cui possono essere trovate forze magnetiche.

Teoria elettromagnetica della luce

Le proprietà del mezzo elettromagnetico sono pertanto, per quanto ne sappiamo, simili a quelle dell'etere luminifero; ma il modo migliore di paragonarle è quello di determinare la velocità con cui una perturbazione elettromagnetica si propaga nel mezzo. Se questa fosse uguale alla velocità della luce, avremmo una forte ragione per credere che i due mezzi, siccome occupano il medesimo spazio, sono realmente identici. I dati per effettuare i calcoli sono forniti dagli esperimenti condotti per confrontare il sistema di unità di misura elettromagnetico con quello statico. La velocità di propagazione di una perturbazione elettromagnetica in aria, calcolata da diversi insiemi di dati,

non differisce maggiormente dalla velocità della luce in aria, determinata da diversi osservatori, di quanto i diversi valori calcolati di queste grandezze differiscano tra di loro.

Se la velocità di propagazione di una perturbazione elettromagnetica è uguale a quella della luce in altri mezzi trasparenti, allora in mezzi non magnetici, la capacità induttiva specifica dovrebbe essere uguale al quadrato dell'indice di rifrazione.

Boltzmann ha trovato che questo è vero, con grande accuratezza, per i gas che ha esaminato. Liquidi e solidi mostrano una maggiore discrepanza da questa relazione, ma non ci dobbiamo aspettare neppure una verifica approssimata quando dobbiamo confrontare i nostri lenti esperimenti elettrici con le alternanze della luce, che si verificano miliardi di volte al secondo.

La teoria ondulatoria, nella forma che tratta i fenomeni della luce come il moto di un solido elastico, è ancora appesantita da diverse difficoltà.

La prima e la più importante di queste è che la teoria indica la possibilità di ondulazioni consistenti in vibrazioni perpendicolari alla superficie dell'onda. Il solo modo di giustificare il fatto che i fenomeni ottici che trarrebbero origine da queste onde non si verificano è quello di assumere che l'etere è incompressibile.

La successiva è che, mentre i fenomeni della riflessione sono spiegati meglio dall'ipotesi che le vibrazioni sono perpendicolari al piano di polarizzazione, quelli della doppia rifrazione ci richiedono di assumere che le vibrazioni sono in quel piano.

La terza è che, per spiegare il fatto che in un cristallo birifrangente la velocità dei raggi in ogni piano principale e polarizzati in quel piano è la stessa, noi dobbiamo assumere certe relazioni estremamente artificiali tra i coefficienti di elasticità.

La teoria elettromagnetica della luce soddisfa tutte queste condizioni con la singola ipotesi che lo spostamento elettrico giace nel piano di polarizzazione. Non può esistere uno spostamento [elettrico] perpendicolare [al piano di polarizzazione] e, in cristalli birifrangenti, si assume, per ogni asse principale, che la capacità dielettrica specifica è uguale al quadrato dell'indice di rifrazione di un raggio perpendicolare a quell'asse e polarizzato in un piano perpendicolare a quell'asse. Boltzmann ha trovato che queste relazioni sono

approssimativamente vere nel caso dello zolfo cristallino, un materiale che ha tre assi diseguali. La capacità dielettrica specifica per questi tre assi sono rispettivamente

4.773	3.970	3.811
-------	-------	-------

e i quadrati degli indici di rifrazione

4.576	3.886	3.591
-------	-------	-------

Struttura fisica dell'etere

Qual'è la costituzione intima dell'etere? E' molecolare o continuo?

Sappiamo che l'etere trasmette vibrazioni a grandi distanze senza sensibile perdita di energia per dissipazione. Un mezzo molecolare, che si muova sotto condizioni tali che un gruppo di molecole inizialmente vicine rimangono vicine durante l'intero moto, potrebbe essere in grado di trasmettere vibrazioni senza una grande dissipazione di energia, ma se il moto fosse tale che la configurazione del gruppo di molecole non fosse semplicemente leggermente modificata, ma il gruppo fosse interamente dissolto, così che le sue molecole componenti passano in nuovi tipi di raggruppamento, allora nel passaggio da un tipo di raggruppamento ad un altro l'energia delle vibrazioni regolari verrebbe dissipata in quella delle agitazioni irregolari che chiamiamo calore.

Non possiamo pertanto supporre che la struttura dell'etere sia come quella di un gas, in cui le molecole sono sempre in uno stato di agitazione irregolare, perché in un simile mezzo una ondulazione trasversale è ridotta a meno di un cinquecentesimo della sua ampiezza in una singola lunghezza d'onda. Se l'etere fosse molecolare, il raggruppamento delle molecole deve rimanere dello stesso tipo, la configurazione dei gruppi essendo solo leggermente modificata durante il moto.

Il signor S. Tolver Preston ha supposto che l'etere sia come un gas di molecole che interferiscono l'una con l'altra molto raramente, così che il loro libero cammino medio è molto più grande di ogni distanza planetaria. Egli non ha studiato le proprietà di un tale mezzo con un qualche grado di completezza, ma è facile vedere che potremmo sviluppare una teoria in cui le molecole non interferiscono mai con il loro moto traslazionale ma viaggiano in ogni direzione con la velocità della luce; e se supponiamo inoltre che

i corpi vibranti hanno la capacità di imprimere su queste molecole qualche proprietà vettoriale (come la rotazione intorno ad un asse) che non interferisce con il loro moto di traslazione, e che allora è trasportata dalle molecole, e se l'alternarsi del valore medio di questo vettore per tutte le molecole entro un elemento di volume è il processo che chiamiamo luce, allora le equazioni che esprimono questo valore medio sarebbero della stessa forma di quelle che esprimono lo spostamento nella teoria ordinaria.

E' sovente affermato che il mero fatto che un mezzo sia elastico o compressibile è una prova che il mezzo non è continuo ma composto di parti separate aventi spazi vuoti tra di loro. Ma non c'è nulla di inconsistente con l'esperienza nel supporre che l'elasticità o la compressibilità siano proprietà di ogni porzione, per quanto piccola, in cui si può pensare che il mezzo sia diviso, nel cui caso il mezzo sarebbe rigorosamente continuo. Un mezzo, tuttavia, sebbene omogeneo e continuo rispetto alla sua densità, può essere reso inomogeneo dal suo moto, come nell'ipotesi di Sir W. Thomson di molecole - vortici in un liquido perfetto.

L'etere, se è il mezzo dei fenomeni elettromagnetici, è probabilmente molecolare, almeno in questo senso.

Sir W. Thomson ha mostrato che l'influenza magnetica sulla luce scoperta da Faraday dipende dalla direzione del moto di particelle mobili, e che ciò indica un moto rotazionale nel mezzo, quando magnetizzato. Si veda anche *Elettricità e Magnetismo* di Maxwell, art. 806, etc.

Ora, è chiaro che questa rotazione non può essere quella del mezzo nel suo insieme intorno ad un asse, perché il campo magnetico può essere di ogni ampiezza, e non vi è alcuna evidenza di alcun moto la cui velocità aumenta con la distanza da un singolo asse fisso nel campo. Se vi è qualche moto di rotazione, deve essere un moto di rotazione di porzioni molto piccole del mezzo, ciascuna intorno al proprio asse, così che il mezzo deve essere frammentato in un numero di vortici molecolari. Tuttavia, sappiamo che la forza magnetica è mantenuta nelle vicinanze di un magnete fin tanto che l'acciaio mantiene la sua magnetizzazione, e siccome non abbiamo ragioni di credere che un magnete d'acciaio possa perdere la sua magnetizzazione per il semplice trascorrere del tempo, concludiamo che i vortici molecolari non richiedono una continua spesa di lavoro per mantenere il loro moto, e che pertanto questo moto non deve necessariamente implicare dissipazione di energia.

Sinora, non è stata inventata alcuna teoria sulla struttura dell'etere che possa rendere conto di come un tale sistema di vortici molecolari possa essere mantenuto per un tempo indefinito senza che la loro energia sia gradualmente dissipata in quella agitazione irregolare del mezzo che, nei mezzi ordinari, è chiamato calore.

Qualunque siano le difficoltà che possiamo incontrare nell'elaborazione di un'idea consistente sulla struttura dell'etere, non ci può essere dubbio che gli spazi interstellari non sono vuoti ma sono occupati da una sostanza materiale o corpo, che è certamente il più grande e probabilmente il più uniforme corpo di cui abbiamo conoscenza.

Se questa vasta omogenea distesa di materia isotropa è adatta non solo come mezzo di interazione fisica tra corpi distanti, e a svolgere altre funzioni fisiche che, forse, non sappiamo ancora concepire, ma anche, come gli autore dell'*Universo invisibile* sembrano suggerire, costituisce l'organismo materiale di esseri che esercitano funzioni della vita e della mente altrettanto elevate o più elevate di quanto non siano le nostre attuali, è una questione che di gran lunga trascende i limiti della speculazione fisica.