

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA NAZIONALE
DEI LINCEI

ANNO CCCXX
1923

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1923

Risulta così che, nella prima fase una forza promuove il movimento, nella seconda, lo contrasta; e poichè il senso del movimento ascendente, conforme alle condizioni iniziali, è quello negativo, ossia quello della pressione d'attrito, mentre il senso del movimento discendente è quello positivo, potremo concludere che, nel primo caso, la *pressione d'attrito promuove il movimento* dell'asse del cilindro mobile, nel secondo lo contrasta.

Introducendo infine (7) in (8), otteniamo:

$$(9) \quad \alpha_2 = \alpha - \frac{32}{9} \mu^2 \alpha^3,$$

dalla quale si desume che il movimento oscillatorio, dopo una serie di oscillazioni, sensibilmente si estingue.

Fisica matematica. — *Sull'interpretazione del Principio della Relatività ristretta nella fisica classica.* Nota di PAOLO STRANEO, presentata dal Socio A. DI LEGGE.

Discutendo i fondamenti della teoria della relatività ristretta, vari autori affermano chiaramente, altri lasciano sottintendere, che per render conto di quel *principio di relatività* che l'esperienza ha dimostrato esistere, oltre che per i fenomeni meccanici, anche per quelli elettromagnetici, sia assolutamente necessario abbandonare lo sfondo classico della fisica ed assumere in sua vece quello einsteiniano.

Per quanto io pensi che coloro che hanno seguito con sufficiente senso fisico lo sviluppo di queste teorie debbano esser convinti che quest'affermazione sia fondata su un'equivoco, credo conveniente, dato il ripetersi di essa, anche in recenti trattati di notevole importanza, di trattare brevemente in questa Nota la delicata questione.

Ricercò perciò dapprima la causa dell'equivoco, che non esito ad attribuire ad un'erronea valutazione dal fatto che non sia mai stata data *neppur una* completa interpretazione esplicita, quasi direi meccanica, del principio di relatività nello sfondo classico.

In seguito, pur osservando che la rilevata deficienza non dimostra ancora affatto l'impossibilità di poter interpretare il principio secondo la fisica classica, troncò senz'altro la questione deducendo *una completa interpretazione esplicita*, che, come d'altra parte era prevedibile, non è neppur *meccanica*, ma semplicemente *cinematica*.

In questo modo credo colmata una piccola lacuna, che era però una non dubbia causa di errata valutazione del significato fisico della teoria della relatività.

1. *Interpretazione di singole esperienze.* — Durante il secolo passato la fisica si è ripetutamente trovata nella necessità di render conto dell'esito negativo di vari tentativi (diretti e indiretti) di risolvere il problema di determinare il moto di un sistema relativamente all'etere, problema che aveva naturalmente preso consistenza fin da quando essa aveva creduto opportuno di invocare l'esistenza di questo mezzo per riferirvi i suoi fenomeni.

Nel far ciò ha seguito sempre uno stesso concetto fondamentale, tanto che si trattasse dell'etere elastico, quanto dell'etere sede dei fenomeni elettromagnetici.

La teoria faceva prevedere un effetto atto a porre in evidenza il moto di un sistema; l'effetto non si riscontrava in realtà; ciò doveva interpretarsi ammettendo che si fosse prodotto un nuovo fenomeno secondario tale da compensare esattamente l'effetto previsto dalla teoria.

È noto che seguendo questo criterio si interpretò facilmente l'assenza di effetti del primo ordine (proporzionali a v/c , con v velocità del sistema relativamente all'etere e c velocità della luce nell'etere stesso); ma che solo più difficilmente il Lorentz, coll'ipotesi della *contrazione*, riuscì a interpretare l'assenza dei fenomeni del secondo ordine in tutto un ampio gruppo di possibili esperienze, fra le quali erano comprese *tutte quelle fino allora eseguite*.

2. *Principio di relatività e sua interpretazione formale.* — Ma frattanto, per il moltiplicarsi delle esperienze coll'identico risultato negativo, la constatata impossibilità aveva raggiunto il valore di un *principio della natura*. Si era così resa desiderabile — quasi direi imposta — la ricerca di un'interpretazione che valesse per *tutte le esperienze immaginabili* e per *qualsiasi ordine di effetto prevedibile*.

Fu ancora il Lorentz che risolse la questione, però con un metodo eminentemente più formale dei precedenti.

Il concetto del Lorentz, perfezionato in qualche dettaglio dal Poincaré, si può riassumere così: se una traslazione uniforme di tutto il sistema lascia invariata l'apparenza di tutti i fenomeni che possono ricondursi ad azioni elettromagnetiche, deve necessariamente esistere una trasformazione che lascia invariate le equazioni fondamentali dell'elettromagnetismo. Supponendo l'asse delle x di un sistema cartesiano orientato secondo la direzione della traslazione, tale trasformazione è notoriamente

$$1) \quad x' = \kappa(x - vt), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \kappa \left(t - \frac{vx}{c^2} \right), \quad \kappa = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Come si sa, considerando la velocità v come un parametro variabile, tutte le trasformazioni di questo tipo formano un gruppo continuo, purchè si ammetta per la v la legge di composizione: $v_{1,2} = (v_1 + v_2) / \left(1 + \frac{v_1 v_2}{c^2} \right)$.

Ora per render conto *formalmente* del principio di relatività basterà ammettere che, per trasformare le equazioni che descrivono un fenomeno fisico qualsiasi in un sistema fisso relativamente all'etere, nelle corrispondenti equazioni dello stesso fenomeno in un sistema in moto traslatorio rispetto all'etere, si debbano usare le equazioni 1), anzichè le solite equazioni galileiane:

$$2) \quad x'' = x - vt, \quad y'' = y, \quad z'' = z, \quad t'' = t.$$

3. *Interpretazione fisica della trasformazione 1) secondo lo schema classico.* — Per ogni valore di v possiamo operare la trasformazione 1) in due volte, eseguendo dapprima la trasformazione galileiana 2) e poscia la trasformazione:

$$3) \quad x' = \kappa x'', \quad y' = y'', \quad z' = z'', \quad t' = \kappa \left(t'' - \frac{vx''}{c^2} \right),$$

o viceversa. Il risultato finale sarà identico.

Ma se le equazioni 1) rappresentano la trasformazione che lascia invariata l'espressione dei fenomeni fisici, — e la 2) la trasformazione che corrisponde ad una *traslazione pura* (cioè una traslazione che si suppone non provochi altri fenomeni secondari), e che quindi, applicata alle equazioni dei fenomeni fisici, pone solamente in evidenza gli effetti diretti di questa traslazione sopra quelle equazioni, — le 3) costituiranno necessariamente la trasformazione che pone in evidenza gli effetti dei fenomeni secondari, che si deve supporre accompagnino la traslazione, perchè possa sussistere il principio di relatività. In tal senso le 3) potranno esser considerate come la trasformazione che corrisponde ai detti fenomeni secondari, nella stessa guisa che le 2) corrispondono alla traslazione pura.

Queste teorie si sono svolte in un periodo di tempo in cui la fisica teorica considerava essenziale possedere buone espressioni formali dei fenomeni, ma quasi indifferente, o almeno non essenziale, conoscerne delle interpretazioni meccaniche. Ma nondimeno quei fisici che avevano persino creduto opportuno studiare delle interpretazioni molecolari dell'ipotesi della contrazione, avrebbero certamente cercato anche qualche interpretazione meccanica delle equazioni 3), se non fosse improvvisamente avvenuta la grande evoluzione nelle idee fondamentali determinata dall'Einstein.

4. *Interpretazione einsteiniana della trasformazione 1).* — L'idea fondamentale dell'Einstein, come è notissimo, è quella di interpretare il principio di relatività, anzichè come una conseguenza di ipotetici fenomeni, escogitati appunto a quello scopo, come la *necessaria* conseguenza degli stessi nostri concetti fondamentali di spazio e di tempo debitamente intesi. Allora le equazioni 1) divengono automaticamente quelle che corrispondono alla traslazione pura, precisamente come lo sono le 2) nella concezione classica, e quindi non è più necessario supporre che si producano altri fenomeni fisici secondari.

Entrati in quest'ordine di idee, l'etere diviene un secondo *corpo* α persino indefinibile e la ricerca precedente perde ogni senso fisico. Ciò però non significa affatto che essa sia impossibile nell'ordine delle idee classiche e di fatto non lo è perchè è risolta dalle equazioni 3).

5. *Un'interpretazione meccanica completa.* — Le equazioni 3) sono pure suscettibili di un'interpretazione meccanica abbastanza semplice. La prima di esse rappresenta null'altro che l'ipotesi della contrazione, come aveva rilevato pure il Lorentz, che aveva effettivamente sempre ragionato su equazioni equivalenti alle 3) e non alle 1), come ordinariamente si crede. La quarta delle 3) rappresenta, a meno del fattore x , la variabile ausiliaria, che il Lorentz aveva detta *tempo locale*, e impiegata come un puro artificio matematico. Quest'equazione è appunto quella che d'ordinario genera l'equivoco rilevato in principio, perchè fa apparire l'ipotetico fenomeno fisico che si dovrebbe ammettere per giustificare il principio di relatività, e che essa dovrebbe esprimere, come dipendente da un punto di riferimento nel sistema fisso, punto che potremmo scegliere ad arbitrio. Ora se ciò dovesse realmente verificarsi, sarebbe in stridente contrasto col carattere di intrinseicità che siamo soliti ad attribuire a tutti i fenomeni fisici.

Ma questo è solo apparente. Basta infatti eliminare la x per mezzo della 1^a e della 4^a delle 2) per avere

$$t' = x \left[t'' - \left(\frac{v}{c^2} x'' + vt'' \right) \right] = \frac{1}{x} t'' - x \frac{v}{c^2} x'',$$

cioè un'equazione che determina t' in funzione solamente di costanti e di quantità intrinseche del sistema mobile.

I due termini di cui si compone la quantità t' sono di facile interpretazione meccanica.

Infatti il primo esprime che la durata di tutti i fenomeni temporali, in conseguenza del movimento rispetto all'etere, debba essere uniformemente *rallentato*; ipotesi questa che non ha nulla di più insolito di quella della uniforme contrazione. Quantitativamente tale rallentamento è un *effetto del second'ordine*.

Il secondo termine invece ci dice che nel sistema in movimento si produce anche un *effetto di prim'ordine* e quindi, per le velocità ordinarie, enormemente prevalente sul precedente.

Per esso, l'osservatore posto nel luogo $x'' = 0$ giudicherà un fenomeno temporale che si produca nel luogo di coordinate x'' , come se esso, per effetto del moto, fosse anticipato di un tempo proporzionale alla velocità del sistema e a quella coordinata.

Così se egli osserverà fenomeni assolutamente contemporanei, ossia contemporanei relativamente al sistema privilegiato *etere*, li vedrà invece anticipati guardando nel senso del movimento e ritardati nell'altro.

Se egli osserverà un fenomeno periodico lo vedrà come se esso fosse sfasato in quella stessa direzione e tempo. Non è difficile di dare interpretazioni meccaniche di fenomeni di questo tipo. Basterà ricordare, per es., gli andamenti di certe oscillazioni elettriche in conduttori di capacità e auto-induzioni non trascurabili.

Se poi volessimo proprio ricondurre la misura del tempo alla marcia di orologi ideali distribuiti lungo l'asse delle x'' , basterà pensare che il sistema in movimento acquisti, relativamente alla visione dei quadranti degli orologi, un potere rotatorio proporzionale alla velocità del sistema e alla distanza dalla quale si guarda l'orologio stesso; precisamente come uno strato di soluzione zuccherina manifesta un potere rotatorio relativamente al piano di polarizzazione della luce, proporzionale alla sua concentrazione e al suo spessore. Questo sfasamento del tempo lungo l'asse delle x'' determina la posizione dei quadranti a meno di una qualsiasi rotazione comune. Possiamo quindi ancora porre la condizione che gli orologi del sistema mobile, che passano innanzi a quello dell'origine nel sistema fisso, debbono sempre essere in fase con esso. Sarà allora indipendente dal tempo anche lo sfasamento fra ciascun orologio del sistema fisso e tutti gli orologi del sistema mobile che gli passeranno innanzi, come è facile verificare.

Possiamo quindi concludere che, ammettendo che si producano nel sistema in movimento i due fenomeni fisici del second'ordine della contrazione delle lunghezze e del rallentamento dei fenomeni temporali, e quello del prim'ordine dello sfasamento di questi ultimi (tutti fenomeni assolutamente intrinseci di quel sistema e per nulla dipendenti da arbitrarie scelte di punti di riferimento), si rende perfettamente conto, nello sfondo della fisica classica, del fatto che un osservatore nel sistema in moto non possa in alcun modo riscontrare il proprio movimento.

Fisica. — *Esperienze di fotoelettricità* ⁽¹⁾. Nota di SEB. TIMPANARO, presentata dal Corrisp. P. CARDANI.

Il campo favorevole alla corrente fotoelettrica si può evidentemente creare sia dando al corpo illuminato dai raggi ultravioletti una carica negativa, sia mettendo in presenza di esso, in posizione opportuna, una lastra o una reticella carica positivamente. Il Cardani ⁽²⁾ ha avuto l'idea di creare il campo per mezzo di un disco di ebanite. Si arma il disco con una lastra metallica e, tenendo l'armatura a terra, si batte con un panno di lana la faccia libera. Invertendo poi le facce, cioè mettendo in contatto con l'armatura e nello stesso tempo a terra la faccia battuta, l'altra presenterà, com'è

⁽¹⁾ Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisica della R. Università di Parma.

⁽²⁾ Questi Rendiconti, 1921, II, pag. 478.