Albert Einstein

PUÒ L'INERZIA DI UN CORPO DIPENDERE DAL SUO CONTENUTO DI ENERGIA ?(*)

(*) A. Einstein, Ist die Tràgheit eines Korpers von semem Energiegehalt abhangig?, in «Annalen der Physik », 17, 1905. Traduzione italiana in E. Bellone, La relatività da Faraday a Einstein, Loescher 1981, pagg. 200-204.

I risultati della precedente ricerca [*Sull'elettrodinamica dei corpi in movimento*, ndr] conducono ad una conclusione molto interessante che viene ricavata in quanto segue.

Ho basato quella ricerca sulle equazioni di Maxwell-Hertz per lo spazio vuoto, unite all'espressione maxwelliana dell'energia elettromagnetica dello spazio e, inoltre, al principio secondo il quale:

Le leggi conformemente alle quali gli stati dei sistemi fisici mutano sono indipendenti rispetto all'alternativa costituita dalla possibilità di riferire tali mutamenti di stato all'uno oppure all'altro fra due sistemi di coordinate che si trovino, l'uno relativamente all'altro, in un moto uniforme di traslazione parallela (principio di relatività) .

Utilizzando come base questi principi ho dedotto *inter alia* il seguente risultato:

Sia dato un sistema di onde piane di luce, riferito al sistema di coordinate (x, y, z) e dotato dell'energia ℓ; supponiamo che la direzione del raggio (la normale all'onda) faccia un angolo Φ con l'asse delle x del sistema. Se introduciamo un nuovo sistema di coordinate (ξ,η,ζ) che si muove rispetto al sistema (x, y, z), in modo da aversi una traslazione parallela uniforme e da poter collocare l'origine delle coordinate del nuovo sistema in moto lungo l'asse delle x con la velocità v, allora la nostra quantità di luce — misurata nel sistema (ξ,η,ζ) — possiede l'energia:

$$\ell' = \ell \frac{1 - \frac{v}{c}\cos\Phi}{\sqrt{1 - \frac{v_2}{c^2}}},$$

dove c indica la velocità della luce.

Poniamo un corpo stazionario nel sistema (x, y, z), e sia Eo la sua energia riferita al sistema (x, y, z). Sia Ho 1'energia del corpo relativamente al sistema (ξ,η,ζ), che si muove come precedentemente detto con la velocità v.

Supponiamo che questo corpo emetta, lungo una direzione che faccia un angolo Φ rispetto all'asse delle x, delle onde piane di luce con energia ½ L misurata relativamente ad (x, y, z), e, contemporaneamente, una eguale quantità di luce nella direzione opposta. Intanto il corpo rimane in quiete rispetto al sistema (x, y, z). A questo processo si deve applicare il principio dell'energia, e, in realtà, grazie al principio di relatività, ciò va fatto rispetto ad entrambi i sistemi di coordinate. Se indichiamo rispettivamente con E_1 e H_1 l'energia del corpo dopo l'emissione della luce, misurata relativamente ai astemi (x, y, z) e (ξ,η,ζ) allora, usando la relazione già data, otteniamo:

$$E_0 = E_1 + \frac{1}{2}L + \frac{1}{2}L$$

$$H_0 = H_1 + \frac{1}{2}L\frac{1-\frac{v}{c}\cos\Phi}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} + \frac{1}{2}L\frac{1-\frac{v}{c}\cos\Phi}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = H_1 + \frac{L}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

Da tali equazioni, per sottrazione, otteniamo:

$$H_0 - E_0 - (H_1 - E_1) = L\left\{\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1\right\}.$$

Le due differenze della forma H - E che sono presenti in questa espressione hanno dei semplici significati fisici. H ed E sono valori dell'energia dello stesso corpo riferiti a due sistemi di coordinate che sono in moto l'uno relativamente all'altro, mentre il corpo in questione è in quiete in uno dei due sistemi (il sistema [x, y, z]). È pertanto chiaro che la differenza H - E può differire dal1'energia cinetica K del corpo - rispetto all'altro sistema (ξ,η,ζ) — solo per una costante additiva C, che dipende dalla scelta delle costanti additive arbitrarie delle energie H ed E. Possiamo quindi porre:

$$H_0 - E_0 = K_0 + C$$

$$H_1 - E_1 = K_1 + C$$

in quanto C non cambia durante l'emissione della luce.
Abbiamo allora:

$$K_0 - K_1 = L\left\{\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - 1\right\}.$$

L'energia cinetica del corpo rispetto a (ξ,η,ζ) diminuisce come risultato dell'emissione della luce, e l'entità della diminuzione è indipendente dalle proprietà del corpo. Inoltre la differenza Ko — K_1 [...] dipende dalla velocità.

Trascurando grandezze del quarto ordine e grandezze di ordini ancor superiori possiamo scrivere:

$$K_0 - K_1 = \frac{1}{2} L \frac{v^2}{c^2}$$

Da questa equazione segue direttamente che:

Se un corpo emette energia L sotto forma di radiazione, allora la sua massa diminuisce di L / c^2. **Il fatto che l'energia estratta dal corpo divenga energia di radiazione non cambia evidentemente le cose, ragion per cui siamo condotti alla conclusione più generale secondo cui:**

La massa di un corpo è una misura del suo contenuto di energia; se l'energia cambia di una quantità L, allora la massa cambia nello stesso senso di una quantità L / 9.10^{20}, dove l'energia si misura in erg e la massa in grammi.

Non è impossibile che la teoria possa essere messa alla prova con successo nel caso di corpi il cui contenuto di energia è molto variabile (per esempio, i sali di uranio).

Se la teoria corrisponde ai fatti, allora la radiazione trasporta inerzia tra corpi emettenti e corpi assorbenti.