Sulle apparenze dovute alle grandi velocità

PROF. F. BOLLA

Sulle apparenze dovute alle grandi velocità.

Due proposizioni nella teoria della relatività riescono particolarmente contrarie al cosidetto « senso comune » : la contrazione dei corpi in moto e l'esistenza dei tempi locali.

E' noto che l'esperienza diretta non può insegnare nulla a tale proposito.

La contrazione dei corpi, ammesso che esista, non può essere posta in evidenza qualunque sia la sua importanza, dato che tutti i nostri metri subirebbero la contrazione (1): e anche se così non fosse la piccolezza dell'effetto è tale da sfuggire alla nostra osservazione. (2) Analogamente per il tempo: i nostri cronometri non sono così precisi da poterci permettere le osservazioni e le misure necessarie: (3) ed inoltre nessun mezzo esiste (secondo la teoria) per stabilire « la contemporaneità » degli avvenimenti in luoghi diversi e quindi per regolare due orologi in luoghi diversi, a fine di controllare se l'orologio regolato in un luogo resti regolato anche nell'altro (4).

Le conseguenze delle due proposizioni possono essere poste sotto forma particolarmente paradoscale se si considerano velocità vicine a quella della luce: applicando i risultati ai casi soliti della nostra vita risultano descrizioni di fenomeni bizzarre, atte a colpire vivamente l'immaginazione del lettore.

---

(1) Eddington Space, time and gravitation pag. 23.

(2) Marcolongo: Relatività pag. 68.

(3) » » » 65.

(4) Reichenbach: La th. de la relativité (in Revue philosophique n. 7-8-1922 pag. 14).

Einstein: La th. de la relativité restreinte et généralisée ch. VIII.

Lemeray: Le principe de relativité, ch. I.

Si trovano descrizioni di tale tipo nelle più note opere sulla teoria della relatività : ([5]) segnatamente in quelle di volgarizzazione : e ciò s'intende facilmente. Nelle opere di volgarizzazione occorre spiegare in parole ciò che altrove è espresso in formole ([6]).

Scopo di quanto segue è di mostrare come, con una scelta opportuna di ipotesi, sia possibile descrivere apparenze bizzarre anche accettando le teorie della fisica classica. Ciò che potrebbe significare essere la singolarità delle apparenze conseguenze delle grandi velocità, anzichè conguenza delle proposizioni prima nominate.

Non entra naturalmente in discussione il problema, (su cui vi è fra i relativisti disaccordo), (7) riguardante la la parte che nei fenomeni descritti è apparenza e la parte che è realtà. Nel caso della fisica classica si tratta unicamente di apparenze

Consideriamo un osservatore O e una serie di fenomeni (p. es. emissione di onde luminose) in numero fisso $(n + 1)$ indichiamo con $\underline{a_0 \; a_1 \ldots a_n}$ tali fenomeni e supponiamo che si producono alla distanza di un secondo l'uno dall'altro. Le onde luminose partiranno dalla terra alla velocità della luce $c = 300000$ km. e si seguiranno quindi a un secondo di tempo ; ovverosia alla distanza di 300.000 km.

Il nostro osservatore parte dalla terra e va indefinitamente in linea retta : la partenza è simultanea al primo segnale a_0. E' evidente che se la velocità costante dell'osservatore è uguale a quella della luce nessun nuovo segnale raggiungerà l'osservatore : se la velocità è maggiore l'osservatore vedrà per un attimo il primo segnale poi niente al-

---

(5) Cfr. per esempio
Eddington op. cit. pag. 26.
Favre : Les théories d'Einstein pag. 49.

(6) Eddington : pag. 27 l. c.

(7) Cfr. Marcolongo : Relatività, pag. 66 nota 18.
Bergson : Durée et simultanéité.
Eddington : l. c
Langevin La physique depuis vingt Ans pag. 293.

tro: se la sua velocità è minore vedrà tutti i segnali, ossia le varie onde raggiungeranno l'osservatore.

Ma se il nostro osservatore parte con l'ultimo segnale a_n a velocità maggiore di $\underline{c}$ finirà per raggiungere la prima onda a_0 come un ciclista che raggiunge una processione e la risale fino a chi porta la croce. La serie dei fenomeni apparirà rovesciata: ossia l'osservatore vedrà i fenomeni più recenti prima dei fenomeni più antichi. Abbiamo già dunque un caso di rovesciamento nell'ordine del tempo. Se invece dei fenomeni $a_o \dots a_n$ consideriamo gli istanti della vita d'una persona l'osservatore (purchè abbia buona vista) vedrà al momento della partenza quella persona e in seguito gli stati anteriori ossia il passato di quella persona. Se l'osservatore è ignaro del corso usuale della vita umana e della propria velocità dovrà conchiudere che gli uomini escono vecchi dalle tombe, poi si risvegliano, ringiovaniscono e giungono all'infanzia.

Fenomeni ancora più bizzarri si devono constatare se la velocità V dell'osservatore non è uniforme ma oscilla intorno alla velocità detla luce c.

Se $V < c$ i fenomeni si svolgono per l'osservatore nell'ordine $a_o \dots a_n$ (ossia passato, presente futuro).

Se $V > c$ i fenomeni si svolgono nell'ordine $a_n \dots a_o$

Se $V = c$ il passato e il futuro scompaiono: rimane solo il presente che diventa eterno.

Assumiamo per legge di velocità dell'osservatore la seguente:

$$v = c\ \left(1 - \frac{\pi}{2}\ \text{sen}\ \frac{\pi}{n}\ t\right) \qquad \text{c vel. della luce}$$

Ne ricaviamo poichè $ds = vdt$

$$s = \int_0^t c\left[1 - \frac{\pi}{2}\,\text{sen}\,\frac{\pi}{n}\,t\right] dt = ct + \frac{nc}{2}\left[\cos\frac{\pi}{n}\,t - 1\right]$$

l'accelerazione $\varphi = \frac{dv}{dt}$ sarà

$$\varphi = -\frac{c\,\pi^2}{2\,n}\cos\frac{\pi}{n}\,t$$

I massimi e i minimi della velocità sono dati dall'equazione $\varphi = o$ che dà

$$\cos \frac{\pi}{n} t = o \qquad t = \left[2k + 1 \right] \frac{n}{2} \qquad k = 0, 1, 2 \ldots\ldots$$

E' facile costruire la curva $v = f(t)$

Per $t = o$	$v = c$	
$t < \frac{n}{2}$	$\varphi < o$	la velocità diminuisce
$t = \frac{n}{2}$	$\varphi = o$	minimo di velocità
$t > \frac{n}{2}$	$\varphi > o$	la velocità cresce
$t = n$	$v = c$	
$t < \frac{3n}{2}$	$\varphi > o$	la vel. cresce
$t = \frac{3}{2} n$	$\varphi = o$	mass. di vel.

Con una velocità che ubbidisce alla legge data l'osservatore vedrà dapprima i fenomeni nell'ordine $a_o \ldots\ldots a_n$ nell'intervallo di tempo $t = o$ $t = n$; in seguito vedrà i fenomeni nel senso $a_n \ldots\ldots a_o$ sull'intervallo di tempo $t = n$ a $t = 2n$ e le due apparenze si seguiranno alternativamente alla distanza di n secondi. Il nostro osservatore sarà ben imbarazzato a definire il passato e il futuro dei fenomeni.

Se n è il numero di secondi vissuto da una persona: se la partenza dell'osservatore avviene al momento della nascita l'osservatore vedrà la nascita, la vita e la morte: poi subito la risurrezione la vita in senso rovesciato dalla vecchiaia alla giovinezza, poi ancora la nascita, la vita e la morte e così via.

Da notare che l'equidistanza di 1 sec. fra i fenomeni a_o.. a_1... a_n viene alterata per l'osservatore il quale assume anche delle velocità negative ossia ritorna di tempo in tempo verso il punto di partenza.

Assumiamo qualche altra legge di velocità

$$v = c \left[1 - \frac{\pi}{4} \operatorname{sen} \frac{\pi}{4n} t \right]$$

Ricaviamo:

$$s = ct + cn \left| \cos \frac{\pi}{4n} t - 1 \right|$$

$$\varphi = - \frac{c\,\pi^2}{16\,n} \cos \frac{\pi t}{4\,n}$$

Per questa legge la velocità non è mai nè nulla nè negativa.

Infatti $\frac{\pi}{4} \leq 1$ sen $\frac{\pi t}{4\,n} \leq 1$ la parentesi è sempre positiva.

I massimi e i minimi di velocità si hanno per cos $\frac{\pi t}{4\,n} = o$ ossia per $t = 2n\,(2k + 1)$ $k = o, 1, 2....$

la velocità assume i valori: ai massimi $v = c\,\frac{4 + \pi}{4}$

ai minimi $v = c\,\frac{4 - \pi}{4}$

L'osservatore vedrà il segnale a_0 quando a_0 ed O hanno compiuto lo stesso spazio nello stesso tempo t_1. Eguagliando le espressioni degli spazi percorsi si ha:

$$c\,t_1 = c\,t_1 + c\,n \left[\cos \frac{\pi t_1}{4\,n} - 1 \right]$$

$$\cos \frac{\pi t_1}{4\,n} = 1 \qquad \frac{\pi t_1}{4\,n} = 2k \qquad \underline{t_1 = 8\,k\,n}$$

L'osservatore vede il segnale a_n al tempo t_2 definito dall'equazione

$$c \left[t_2 - n \right] = c\,t_2 + c\,n \left[\cos \frac{\pi t^2}{4\,n} - 1 \right]$$

$$\cos \frac{\pi t_2}{4\,n} = o \qquad \frac{\pi t_2}{4\,n} = (2k + 1)\,\frac{\pi}{2}$$

$$\underline{t_2 = 2n\,(2k + 1)}$$

I cambiamenti di senso dell'accelerazione avvengono per cos $\frac{\pi t}{4\,n} = o$ ossia per $t = 2n\,(2k + 1)$

Possiamo ricavare la tavola seguente:

tempi	spazio percorso da a_0 (ossia posiz. di a_0)	posiz. di a_n	posiz. di o
o	$\boxed{o}$	o	o
2 n	2 n c	$\boxed{n\ c}$	n c
4 n	4 n c	3 n c	2 n c
6 n	6 n c	$\boxed{5\ n\ c}$	5 n c
8 n	$\boxed{8\ n\ c}$	7 n c	8 n c
10 n	10 n c	$\boxed{9\ n\ c}$	9 n c
12 n	12 n c	11 n c	10 n c
14 n	14 n c	$\boxed{13\ n\ c}$	13 n c
16 n	$\boxed{16\ n\ c}$	15 n c	16 n c
18 n	18 n c	17 n c	

I segni $\boxed{\quad\quad}$ indicano il fenomeno visto dall'osservatore nell'istante corrispondente,

L'osservatore vede d'apprima i fenomeni da a_o ad a_n nel tempo da o a 2n in seguito per il tempo da 2n a 6n non vede più nulla (vedrebbe i segnali emessi dopo a_n se ve ne fossero): al tempo 6n rivede il fenomeno a_o e tutti gli altri fino ad a_o durante il tempo da 6n a 8n: nel periodo seguente da 8n a 10n rivede i fenomeni nell'ordine a_o a_n: nel periodo 10n a 12n non vede nulla e così di seguito.

In questo caso la serie dei fenomeni considerata si svolge alternativamente nei due sensi (passato, presente, futuro e viceversa) ma con degli intervalli tra qualche serie e la successiva.

Anche qui applicando le formule ai casi della vita comune si possono ricavare descrizioni meravigliose simili a quelle descritte nella relatività.

Se n rappresenta i minuti secondi di durata di un pranzo l'osservatore vedrà dapprima il pranzo svolgersi quasi normalmente (le velocità sono alquanto alterate): poi tutto scompare la tavola imbandita, gli invitati, la sala: dopo ricompare il tutto con l'apparenza che aveva alla fine e il pranzo si svolge dalla fine al principio con i cibi che vanno dalla bocca al piatto di ognuno: e dal piatto di ognuno al piatto comune: con i camerieri che prendono i piatti grandi colmi e li riportano in cucina camminando a rinculoni: con le macchie di vino che ritornano nella bottiglia: coi piatti che ridiventan puliti e altre simili cose poco abituali. Finita questa parte il pranzo ricomincia fino alla fine e i fenomeni descritti si ripetono all'infinito.

Molte altre formole analoghe potrebbero venir proposte, per esempio

$$v = c \left[1 - \frac{3\pi}{8} \operatorname{sen} \frac{\pi}{4n} t \operatorname{sen} \frac{\pi}{2n} t \right]$$

che dà

$$s = ct - cn \operatorname{sen} \frac{3\pi}{4n} t$$

$$\varphi = \frac{3\pi c^2}{16n} \left[3 \operatorname{sen}^3 \frac{\pi t}{4n} - 2 \operatorname{sen} \frac{\pi t}{4n} \right]$$

$$\cos \varphi = o \quad \text{per} \quad \operatorname{sen} \frac{\pi t}{4n} = o \quad \text{e} \quad \operatorname{sen} \frac{\pi t}{4n} = \pm \sqrt{\frac{2}{3}}$$

ma i casi visti sono sufficienti per la dimostrazione cui volevamo giungere.