NECESSITA' DI UNA NUOVA DINAMICA

Abbiamo visto che i postulati di Einstein modificano radicalmente l'ordinaria cinematica. E' evidente che anche la dinamica dovrà essere riformulata in conseguenza delle modificazioni cinematiche.

Per capire questa affermazione possiamo fare una esemplificazione qualitativa.

La seconda legge di Newton, come comunemente la si conosce, è nella forma seguente

$$\mathbf{F = m.a.}$$

Proviamo ad utilizzarla così come è in questioni che invece necessiterebbero di una trattazione relativistica.

Supponiamo di applicare una forza **F** costante ad un dato oggetto di data massa **m**. Questa massa acquisterà, una accelerazione costante **a**. La forza continui ad essere costante: l'accelerazione seguirà ad essere costante ed accelerazione costante vuol dire variazione costante di velocità nel tempo. In pratica il nostro oggetto aumenterà con continuità la sua velocità. Dopo un certo tempo, più o meno lungo a seconda dell'intensità di **F**, l'oggetto arriverà a possedere la velocità della luce; qualche istante dopo questa velocità verrà superata (se la forza imprime alla nostra massa un'accelerazione dell'ordine di quella di gravità, e cioè circa 10 m/s^2, occorrerà circa un anno perché essa raggiunga la velocità della luce).

Da questo banale ragionamento risulta evidente che la seconda legge di Newton, almeno in questa formulazione, non è in accordo con il secondo postulato di Einstein (la velocità della luce non risulterebbe più una velocità limite).

Proviamo ad usare un'altra definizione per la forza: la variazione della quantità di moto (**p**) nell'unità di tempo. Vediamo a cosa ci porta questa definizione in una visione non relativistica:

$$\mathbf{F} = \Delta\mathbf{p}/\Delta\mathbf{t} = \Delta(\mathbf{mv})/\Delta\mathbf{t} = \mathbf{d(mv)/dt = dp/dt} \tag{15}$$

[si tenga conto che negli ultimi due membri abbiamo eseguito un passaggio al limite].

Nei passaggi intermedi della (l5) abbiamo il prodotto di una massa per una velocità (quantità di moto) sotto il segno Δ che indica variazione della quantità che segue. La velocità è una grandezza che può variare, la massa è rigorosamente costante (principio di conservazione della massa di Lavoisier): di conseguenza possiamo portare la costante fuori dal segno di variazione ottenendo:

$$\mathbf{F = m\ (\Delta v/\Delta t) = ma}$$

ed in questo modo abbiamo ritrovato la seconda legge di Newton.

Ma questa era la relazione che non frizionava e, se ben si osserva, essa è ottenuta dalla precedente (variazione della quantità di moto nell'unità di tempo) per quel passaggio nel quale, ammettendo la sua costanza, portavamo la massa fuori dal segno di variazione. Già altre volte abbiamo avvertito che non bisogna dare nulla per scontato; facciamo così anche questa volta. Riprendiamo quindi la formulazione (15) e vediamo se essa funziona in una discussione qualitativa del primo esempio che abbiamo discusso (una massa sottoposta ad una forza costante). Ora anche la massa compare sotto il segno Δ di variazione; quindi, applicando una forza costante al nostro oggetto, esso non dovrà necessariamente arrivare alla velocità della luce poiché ora c'è anche la massa che può variare in modo tale da compensare la mancata acquisizione, da parte dell'oggetto, di un aumento di velocità.

Le cose potrebbero sembrar sistemate (a patto di rinunciare al principio di conservazione della massa): partiamo dalla (15) e tutto torna.

Attenzione però ad una nuova difficoltà che si presenta. Fino ad ora abbiamo discusso la nostra esemplificazione nell'ipotesi implicita che l'oggetto sia in moto rispetto ad un riferimento in quiete (quello di noi che l'osserviamo). E se l'oggetto fosse in moto rispetto ad un riferimento S' in moto con velocità **v** rispetto a noi (sistema S) che l'osserviamo ?

In questo caso bisognerebbe tener conto anche della composizione delle velocità ed ancora ci troveremmo nella condizione di dover modificare la (15). Si può allora dire che se da una parte è vero che bisogna partire dalla (15) per una definizione della forza, dall'altra sarà necessario modificarla per far si che le leggi della meccanica, in accordo con il principio di relatività, siano le stesse in tutti i sistemi inerziali.

Non e' però agevole partire da una ridefinizione della quantità di moto tale che la nuova formulazione risulti invariante per una trasformazione di Lorentz (è chiaro che qualunque sia la nuova forma che daremo alla quantità di moto essa dovrà soddisfare il principio di relatività). Allo stesso modo non è possibile, ad esempio, partire dal principio di azione e reazione poiché in generale (a parte cioè le forze di contatto) questo principio implica forze agenti a distanza e quindi la simultaneità tra due eventi che, come sappiamo, è relativa per eventi che si svolgono su riferimenti in moto l'uno relativamente all'altro. Dovremo quindi prendere in considerazione solo azioni istantanee a contatto (le azioni di campo ad esempio). Nel cercare le equazioni del moto dovremo sempre tener conto che per $\mathbf{v} \ll \mathbf{c}$ si dovranno riottenere le leggi della meccanica classica confermate dall'esperienza (per $\mathbf{v} \ll \mathbf{c}$). Infine possiamo decidere a priori sulla validità o meno di alcuni principi fondamentali nella fisica classica (conservazione della quantità di moto, conservazione dell'energia, ...), fermo restando che ogni risultato che troveremo dovrà essere controllato con l'esperienza, e cercare nuovi principi di conservazione (almeno: nuovi nella forma).

Il fenomeno che si presta meglio a ricavare una nuova dinamica è quello dell'urto tra due masse.

Classicamente sappiamo che in un sistema isolato i processi d'urto portano ad affermare la conservazione della quantità di moto (o terzo principio della dinamica). Questa conservazione, come abbiamo visto all'inizio di questo lavoro, è invariante per una trasformazione di Galileo. Inoltre un urto è un processo che, con ottima approssimazione, può essere considerato come istantaneo e non pone quindi problemi di simultaneità. Nell'urto poi la forza risultante è nulla e quindi non ci troviamo nella difficoltà annunciata di dover trovare direttamente equazioni di trasformazione per le forze.

Inizieremo quindi a studiare dei processi d'urto nell'ipotesi che la conservazione della quantità di moto sia valida anche in una trattazione relativistica. Occorrerà trovare una formulazione per la legge di conservazione che sia invariante per una trasformazione di Lorentz (in accordo con il principio di relatività). Nel far ciò seguiremo, in parte, il procedimento sviluppato da Lewis e Tolman nel 1909 (Phil. Mag, 18, 510).

Torna alla pagina principale