

Introduzione alla dinamica del punto

La comprensione dettagliata del comportamento di un oggetto fisico richiede, oltre agli strumenti per la descrizione del suo moto forniti dalla cinematica, uno schema logico per spiegare l'origine e le cause del moto stesso. Di questi argomenti ci si interessa nel capitolo della meccanica tradizionalmente chiamato "dinamica del punto". Qui si delineano i concetti di massa, quantità di moto e forza. Tali grandezze fisiche acquistano concretezza e applicabilità alla luce delle "leggi della dinamica" formulate ed espresse da Isaac Newton e solidamente appoggiate sulle osservazioni di numerosi studiosi, primi fra questi Huygens e Galilei (seppure limitatamente agli effetti della forza di gravità terrestre). Le leggi della dinamica fanno chiarezza su molte questioni controversie relative alle connessioni fra forze applicate a un corpo e il suo stato di moto. In particolare, l'idea che un oggetto per proseguire di moto rettilineo uniforme (cioè a velocità vettoriale costante) debba essere soggetto all'azione di una forza viene del tutto abbandonata: quest'idea è in realtà legata alla presenza non eliminabile di effetti d'attrito. Per mantenere un oggetto in moto rettilineo uniforme ove siano presenti attriti è certamente necessario applicare una forza costante, che è tale però da bilanciare esattamente l'attrito. Dunque l'oggetto è sottoposto a una forza *nulla*.

Il punto fondamentale che dunque si configura, e riassunto dalla prima legge della dinamica di Newton, è relativo al tipo di moto compiuto da un oggetto isolato e non sottoposto ad alcun genere di forza netta. Tale moto è rettilineo uniforme. Per la corretta descrizione di questo fenomeno è necessario assicurarsi che la formulazione della legge avvenga in un sistema di riferimento "inerziale", ossia in moto relativo rettilineo uniforme rispetto un riferimento assoluto (che di fatto non può essere definito se non con elevatissima precisione numerica rispetto, per esempio, alle stelle "fisse"). Dunque la prima legge di Newton non distingue fra corpi in quiete (relativa) e quelli animati di moto rettilineo uniforme. Neppure ha senso operare questa distinzione alla luce della "relatività" imposta dalla definizione di sistema di riferimento inerziale. È peraltro importante convincersi che la legge in questione (in modo appropriato detta anche legge d'inerzia) non sarà più valida se il sistema di riferimento risulta accelerato rispetto un riferimento inerziale: un oggetto sarà soggetto ad accelerazioni "fittizie" (apparenti, relative) anche se non subisce l'effetto di forze. Questo è dovuto alle accelerazioni che descrivono il moto relativo fra i due sistemi di riferimento. È dunque non solo conveniente ma anche concettualmente importante vedere la prima legge come *definizione operativa di sistema di riferimento inerziale*. Tale è il sistema nel quale, ove non agiscano forze su un corpo isolato, si osserva per detto corpo un moto rettilineo uniforme (di quiete relativa).

Per comprendere gli effetti delle interazioni fra corpi, ossia per avvicinarsi alla descrizione di corpi non isolati, è necessario introdurre il concetto e la definizione operativa di "misura di inerzia al moto", ossia di massa "inerziale", per l'appunto). Inizialmente tale procedura era limitata all'ambito dell'inerzia al moto per effetto della forza di gravità (dunque una quantità proporzionale al peso di un oggetto, direttamente rilevabile tramite una bilancia). Pertanto sarebbe più corretto parlare di una definizione di "massa gravitazionale". In realtà è anche possibile estendere queste idee a interazioni fra corpi di ogni genere e sotto effetto di forze non solamente gravitazionali. In questi casi si parla più propriamente di "massa inerziale", infatti. I due tipi di massa, inerziale e gravitazionale, non presentano (sperimentalmente) nessuna differenza apprezzabile. Si assume dunque a principio l'equivalenza di queste due grandezze. Per ottenere una definizione operativa di massa ci si può riferire alle esperienze di collisione condotte da Huygens ed altri studiosi fra oggetti di varia natura. Il risultato è che, in seguito a tali interazioni, gli oggetti a coppie subiscono variazioni di velocità in rapporto costante. Si giunge dunque a un "postulato di interazione" che può essere scritto come $\Delta v_1/\Delta v_2 = -k_{12}$. La costante di interazione k_{12} è per necessità una proprietà dei due corpi che hanno interagito mutuamente, per cui è lecito definirla come

$k_{12}=m_2/m_1$, ossia rapporto fra le *masse* dei corpi (masse “dinamiche”, ossia riferite alla risposta più o meno inerte degli oggetti all’azione di forze reciproche).

E’ possibile convincersi, proprio attraverso questo tipo di definizione operativa, che le masse godono di proprietà additiva nonché di conservazione (limitatamente ai casi nei quali non entrino in gioco fenomeni tipici del mondo su scala atomica o subatomica).

La massa viene dunque definita *operativamente* e in senso dinamico del termine a partire da una misura di variazione relativa di velocità che risulta essere indipendente dalla natura e dalla durata delle interazioni in gioco. In pratica, è necessario riferirsi a un oggetto “campione”, con massa assunta arbitrariamente a valore unitario in un appropriato sistema di misura alla quale poi rapportare la grandezza di altre masse.

Allo scopo di inquadrare sistematicamente gli argomenti qui trattati è possibile adottare lo schema seguente:

- Il *principio di relatività di Galilei* stabilisce l’indipendenza delle leggi fisiche della meccanica quand’esse siano applicate in sistemi di riferimento in moto reciproco rettilineo uniforme. Si parla più propriamente di *covarianza* delle leggi della dinamica, nel senso che, pur presentando le leggi la stessa *forma*, i moti conseguenti all’azione di eventuali forze e la loro descrizione cinematica possono benissimo risultare diversi in sistemi di riferimento animati di moto relativo rettilineo uniforme (basti pensare alla descrizione di un oggetto che cade sotto l’azione della gravità in un vagone ferroviario che prosegue di moto rettilineo uniforme: esso compirà una traiettoria rettilinea rispetto l’osservatore sul vagone ma parabolica rispetto un osservatore nella stazione. La legge fisica è la stessa – il fenomeno è il medesimo – da cui la covarianza, ma i moti sono diversi).
- La *forza* viene inizialmente definita in un contesto *statico*, ossia come ente in grado di provocare deformazioni e/o sollecitazioni di oggetti. Si parla infatti dei dinamometri misuratori di forza. Tramite queste osservazioni è possibile dedurre la natura vettoriale di questa grandezza fisica.
- E’ poi di fondamentale importanza, come accennato sopra, stabilire l’esistenza e la natura di un sistema di riferimento “privilegiato”, che sarà il teatro per la realizzazione delle leggi della dinamica nella forma più semplice e diretta. Si parla dunque di *sistema di riferimento inerziale* come di quel sistema nel quale un punto materiale *libero* e in *quiete* rimane permanentemente in questa condizione. Grazie al principio di relatività di Galilei, dato un sistema di riferimento inerziale, tutti i sistemi animati di moto relativo uniforme rispetto a esso saranno anche inerziali.
- Con queste idee a disposizione è possibile formulare propriamente la **I legge di Newton**, detta anche legge di inerzia, che di fatto è una conseguenza del principio di relatività di Galilei (anche se dalla legge di Newton *non* consegue il principio di relatività, per la precisione). Si tratta di stabilire che un punto *isolato* e *libero* (non soggetto a forze nette non nulle) in un sistema di riferimento inerziale mantiene lo stato di moto rettilineo ed uniforme (eventualmente resterà in quiete relativa).