

Cinematica: “descrizione” del movimento del punto  
→ “*Come*” il punto si muove

Nota la traiettoria  $\mathbf{r}=\mathbf{r}(t)$ , sappiamo cosa sono  $\mathbf{v}$  e  $\mathbf{a}$  istante per istante

Oppure, nota  $\mathbf{a}(t)$  istante per istante (e note le condizioni iniziali!) sappiamo cosa sono  $\mathbf{v}$  e  $\mathbf{r}$

Oppure, nota  $\mathbf{v}(t)$  istante per istante (e note le condizioni iniziali!), sappiamo cosa sono  $\mathbf{a}$  e  $\mathbf{r}$ .

Dinamica: “comprensione” del moto del punto  
→ “*Perche’* ” il punto si muove in un dato modo

Cosa vuol dire capire le cause che determinano il moto del punto?

→ Costruire un modello matematico del sistema fisico, coerente, semplice, aderente alle osservazioni note, capace di prevederne delle nuove

Due principi fondamentali, fondati sull'osservazione e sull'esperimento, alla base della meccanica:

*Principio di inerzia*

*Principio di relativita'*

Entrambi messi in chiaro per la prima volta da Galilei  
*per mezzo di esperimenti e osservazioni*

(in emersione anche nel lavoro di contemporanei, predecessori e successori, ma prima di lui in genere senza supporto sperimentale)

PdI

(nella forma nota come I Legge di Newton)

*Ogni corpo rimane nello stato di quiete o di moto rettilineo uniforme fino a quando non sia costretto a cambiarlo da una forza esterna*

Questioni:

*Che cos'è una forza?*

*In quale SR vale il PdI?*

Risposte:

*Vedi dopo*

*Esistono i SRI*

PdI

In forte contrasto con la fisica aristotelica (quiete: stato naturale dei corpi; forze: necessarie al movimento), che trascurava esperimento/osservazione e privilegiava astratti principi metafisici /antropocentrici/teocentrici

Moto: sempre riferito a un SR.

SRI: connesso a un sistema fisico che esso stesso non e' soggetto a forze. Ma: Come si fa a sapere che un corpo non e' soggetto a forze?

Bisogna conoscere tutte le forze...

Definizione con evidenti problemi di circolarita'; tuttavia e' possibile individuare *osservativamente* una gerarchia di SR nei quali il moto dei corpi non soggetti a forze conosciute e' "sempre piu' " rettilineo ed uniforme

Logica sperimentale: se in questo modo risulta possibile costruire un modello coerente e fedele della dinamica di ogni sistema (meccanico) osservabile, sto approssimando bene la realta', pur in assenza di una definizione di SRI logicamente inattaccabile

Quindi: altro modo di esprimere il PdI

*Esistono SRI*

SRI copernicano:

Centro nel Sole, con assi orientati verso le stelle fisse  
SRI usato da Newton: Soddisfacente per spiegare moto di pianeti, satelliti, comete in base all'unica forza in gioco ( $\leftarrow$ gravitazione universale) v. Dopo

Non SRI in senso assoluto (rotazione del Sole nella Galassia, etc): possibile mettere in evidenza effetti di accelerazione su corpi non soggetti a forze note

Altri SR:

Terra

Soddisfacente *in prima approssimazione* per spiegare moto di corpi vicino alla superficie terrestre; facile mettere in evidenza effetti della rotazione diurna, piu' difficile quelli della rivoluzione annua

Come interpretare il cambiamento, osservabile in molte situazioni, dello stato di moto del punto?

Le grandezze cinematiche ( $\mathbf{r}$ ,  $\mathbf{v}$ ,  $\mathbf{a}$ ) non sono sufficienti a descrivere le osservazioni: l'esperienza mostra che

*corpi diversi, dotati della stessa velocità, interagendo con lo stesso agente esterno variano la velocità in misura diversa*

→ Occorre una nuova grandezza, propria di ogni corpo, che ne completi le caratteristiche dinamiche

*Massa (inerziale)*: proprietà di ogni corpo, che misura la sua *inerzia* a cambiare il proprio stato di moto sotto un'azione esterna qualsiasi; grandezza scalare; grandezza fondamentale nel SI. Unità kg (campione etc).

Proprietà fondamentali:

Grandezza *additiva* (approssimativamente..)

*Indipendente* dalla natura dell'agente esterno

*Indipendente* dalla velocità del corpo → = in tutti i SRI

Altro (v. dopo); def. operativa per mezzo della bilancia

Definizione:

Quantita' di moto  $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$

Grandezza vettoriale

Costante per un corpo non soggetto ad azioni esterne

Definizione:

Forza  $\mathbf{F}$

Grandezza, di varia natura e origine, capace di modificare lo stato di moto dei corpi (ovvero, di certi corpi secondo di quale forza si tratta)

In concreto: quando due corpi (es due punti) sono relativamente vicini esercitano azioni rispettive l'uno sull'altro, con il risultato di modificare lo stato di moto.

Domande:

*Quanto vicini?*

*Quali corpi su quali altri?*

Risposta:

Dipende dal tipo di forza, e dalle caratteristiche dei corpi

## Legge fondamentale della dinamica (nella forma nota come II Legge di Newton)

$$\underbrace{F \Delta t}_{\text{Impulso}} = \underbrace{\Delta p}_{\text{Var. quantita' di moto}}$$

$$\rightarrow \mathbf{F} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{p}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$$

Se  $m = \text{costante}$

$$\rightarrow \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} = m \frac{d(\mathbf{v})}{dt} = m\mathbf{a}$$

Proiezioni:

$$F_x = \frac{dp_x}{dt} = m \frac{dv_x}{dt} = ma_x$$

$$F_y = \frac{dp_y}{dt} = m \frac{dv_y}{dt} = ma_y$$

$$F_z = \frac{dp_z}{dt} = m \frac{dv_z}{dt} = ma_z$$

Dimensioni:

$$[F] = [M][L][T^{-2}]$$

Unità:

$$kg \ m \ s^{-2} \quad \text{newton} \quad N$$



Sulla nozione di forza:

Nozione 'primitiva' (in senso statico/dinamico, legata all'idea di sforzo fisico), successivamente precisata

Grandezza fisica, vettoriale: verifica sperimentale

Nel SI grandezza derivata

Modi di leggere la II legge di Newton:

- (i) Definizione di forza (anche operativa)
- (ii) Note le forze, risolve il problema del moto

Per  $m = \text{costante}$  :

$$F_x = \frac{dp_x}{dt} = m \frac{dv_x}{dt} = ma_x = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$F_y = \frac{dp_y}{dt} = m \frac{dv_y}{dt} = ma_y = m \frac{d^2y}{dt^2}$$

$$F_z = \frac{dp_z}{dt} = m \frac{dv_z}{dt} = ma_z = m \frac{d^2z}{dt^2}$$

$$\left. \begin{aligned} F_x &= m \frac{d^2x}{dt^2} \\ F_y &= m \frac{d^2y}{dt^2} \\ F_z &= m \frac{d^2z}{dt^2} \end{aligned} \right\} \text{Sistema di 3 eq. differenziali}$$

Eq. diff. ordinarie del II ordine

→ Soluzione: dipende da  $3 \times 2 = 6$  costanti arbitrarie

→ Determinate da *condizioni iniziali* (non fissate dalla  $F$ )

Es

Forza identicamente nulla

$$F_x = m \frac{d^2 x}{dt^2} = 0 \rightarrow m \frac{dv_x}{dt} = 0 \rightarrow v_x(t) = v_{x0} \rightarrow x(t) = v_{x0}t + x_0$$

$$F_y = m \frac{d^2 y}{dt^2} = 0 \rightarrow m \frac{dv_y}{dt} = 0 \rightarrow v_y(t) = v_{y0} \rightarrow y(t) = v_{y0}t + y_0$$

$$F_z = m \frac{d^2 z}{dt^2} = 0 \rightarrow m \frac{dv_z}{dt} = 0 \rightarrow v_z(t) = v_{z0} \rightarrow z(t) = v_{z0}t + z_0$$

→ Eq. orarie: moto rettilineo + uniforme

$$\begin{aligned} \rightarrow \mathbf{r}(t) &= \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0 t \\ \mathbf{v}(t) &= \mathbf{v}_0 \end{aligned} \quad \text{forma vettoriale}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \mathbf{r}(0) &= \mathbf{r}_0 \\ \mathbf{v}(0) &= \mathbf{v}_0 \end{aligned}$$

$\mathbf{r}_0, \mathbf{v}_0$ : 3 + 3 componenti posizione + velocità a  $t = 0$ : valori iniziali

Forza nulla  $\leftrightarrow$  Moto rettilineo uniforme

Per il I principio: risultato valido in SRI

→ *La II legge di Newton vale nei SRI*