

Lezione 2

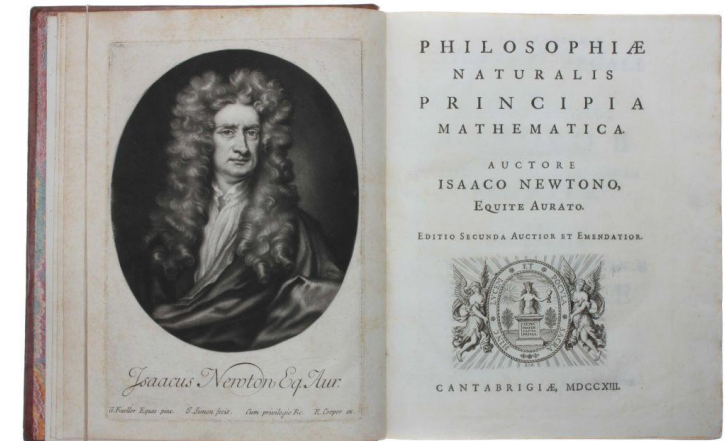
Principi della Dinamica

Versione: 1.02 – 25.10.16

Dinamica: Perché si muovono i corpi?

La **Cinematica** ci ha fornito gli strumenti per **descrivere il moto** di un corpo **senza però fare riferimento alle sue cause**.

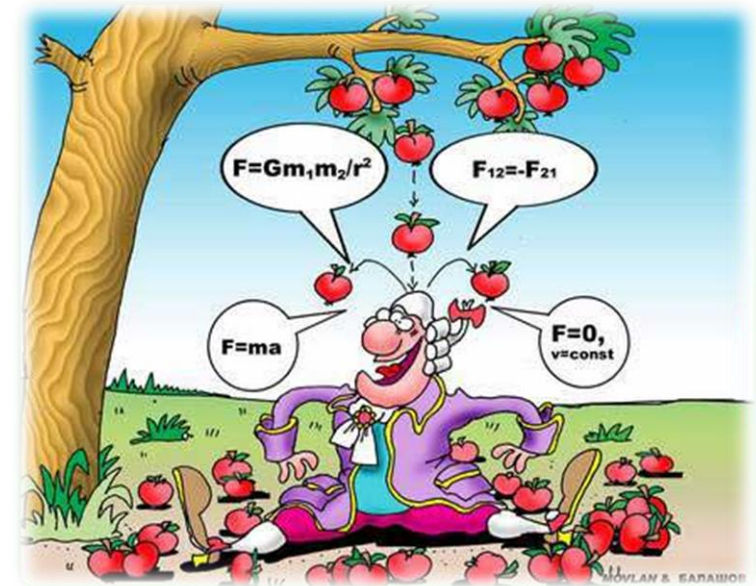
Nel XVII secolo Isaac Newton, partendo dai lavori di Galileo, nel celebre “Philosophiae Naturalis Principia Mathematica” formulò le **leggi fondamentali** che descrivono le **cause delle variazioni del moto**.



Lo studio di queste prende il nome di **Dinamica**, ed è completamente descritto dalle **tre leggi (o Princìpi) della Dinamica**.

Principi della Dinamica

- I **Principi della Dinamica** sono la base (svolgono il ruolo di *assiomi*) della corrispondente branca della **Meccanica**.
- Sono stati **dedotti attraverso il Metodo Scientifico** applicato allo studio di **fenomeni Naturali**, tipo palline che scendono lungo un piano inclinato, mele che cadono dagli alberi, etc., e verificati in moltissima altri contesti.
- Sono strettamente interconnessi l'uno con l'altro, nel senso che nell'enunciato di ciascuno di loro entrano sempre gli altri due, e **sono validi ed hanno significato solo se presi tutti e tre insieme**.
- Per questo motivo, procederemo prima ad enunciarli tutti e tre per poi vedere le applicazioni che coinvolgono maggiormente uno piuttosto degli altri (ma non è mai possibile separarli!!)



Primo Principio, o Legge di Galileo, o principio d'inerzia

Primo Principio: Se la **risultante delle forze** applicate su un corpo è **zero**, il corpo **rimane** nel suo stato di **quiete** o di **moto rettilineo e uniforme**.

Osservazioni:

- In formule:

$$\text{se } \vec{F}_{\text{risultante}} = 0, \quad \text{allora } \vec{v} = \text{cost.}$$

(se $\vec{v} = 0$ allora ho quiete, se $\vec{v} \neq 0$ allora ho un moto rettilineo e uniforme);

- **Quando è valido?** In tutti i **sistemi di riferimento inerziali**.

↳ I sistemi di riferimento inerziali sono quelli in cui vale il primo principio.

Primo Principio, o Legge di Galileo, o principio d'inerzia

Primo Principio: Se la **risultante delle forze** applicate su un corpo è **zero**, il corpo **rimane** nel suo stato di **quiete** o di **moto rettilineo e uniforme**.

Osservazioni: Sistemi di riferimento inerziali

- Il Principio di Galileo identifica una **famiglia** di Sistemi di Riferimento, quelli **inerziali**, ciascuno in **moto rettilineo ed uniforme rispetto all'altro**, in cui è **valido il Primo Principio** della Dinamica (ed anche tutti gli altri, come vedremo).
- **La Fisica (Dinamica) nei Sistemi di Riferimento inerziali è la stessa.**
Esempio: bere da una bottiglietta d'acqua è facile da **seduti su una panchina** esattamente come da **seduti in viaggio su un treno** (se questo non fa curve o scossoni).
- Cambia invece la **descrizione del moto** (in termini di **posizione** e **velocità relative al SR**)

Secondo Principio, o legge di Newton, o equazione del moto

Secondo Principio: la **variazione del moto** di un corpo è proporzionale alla **risultante delle forze** agenti su di esso.

Osservazioni:

- Il Secondo Principio è **valido solo nei riferimenti inerziali**, cioè quelli identificati dal Primo principio.
- Il Secondo Principio dice che **le Forze sono la causa delle variazioni dei moti** (e **NON dei moti stessi**: un corpo può trovarsi e continuare a muoversi di moto rettilineo e uniforme).

Secondo Principio, o legge di Newton, o equazione del moto

Secondo Principio: la **variazione del moto** di un corpo è proporzionale alla **risultante delle forze** agenti su di esso.

Osservazioni: Massa inerziale

- Se il corpo “non cambia” (in forma, composizione...) nel tempo, la **variazione del suo moto** è descritta dalla sua **accelerazione**, $\vec{a}$, e la costante di proporzionalità con la risultante delle forze prende il nome di **Massa inerziale: m** .

In formule:

se $m = \text{cost.}$, allora Il Principio: $\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}.$

Secondo Principio, o legge di Newton, o equazione del moto

Secondo Principio: la **variazione del moto** di un corpo è proporzionale alla **risultante delle forze** agenti su di esso.

Osservazioni: Massa inerziale (II)

- La **massa inerziale** è una **caratteristica fondamentale** di ogni corpo. Misura la quantità ed il **tipo di materia** in esso presente e, dal II Principio, **determina il suo comportamento dinamico** quando soggetto a forze esterne:

$$m \equiv F/a$$

(dove ho considerato le intensità/modulo di $\vec{F}$ e $\vec{a}$).

- Per un dato corpo, **a parità di forza**, l'**accelerazione** è inversamente proporzionale alla **massa**: "Più un corpo è **massiccio**, più bisogna **fare forza** per **smuoverlo**".

Secondo Principio, o legge di Newton, o equazione del moto

Secondo Principio: la **variazione del moto** di un corpo è proporzionale alla **risultante delle forze** agenti su di esso.

Osservazioni: Unità di misura

- La **massa inerziale** si misura nel **Sistema Internazionale (SI)** di unità di misura in **kilogrammi (kg)**. [Essendo una grandezza fondamentale non posso esprimere cos'è un kg in termini di ulteriori grandezze fondamentali]
- Poiché nel SI l'**accelerazione** si misura in **m/s²** (metri al secondo quadrato), **una forza sarà misurata in kg·m/s²**. La forza è una grandezza derivata (non fondamentale), come si vede dalle unità di misura (modo in cui è misurata) con cui è descritta.
- L'**unità di misura della forza** prende il nome di **Newton**: $1 \text{ N} = \text{kg} \cdot \text{m/s}^2$.
A parole: “un Newton è la forza necessaria ad imprimere un’accelerazione di 1 m/s^2 ad un corpo di massa 1 kg ”

Secondo Principio, o legge di Newton, o equazione del moto

Secondo Principio: la **variazione del moto** di un corpo è proporzionale alla **risultante delle forze** agenti su di esso.

Osservazioni: Quantità di moto

- Se **la massa inerziale varia** ($m \neq \text{cost.}$) allora posso generalizzare la precedente definizione introducendo una **grandezza vettoriale** chiamata **quantità di moto**:

$$\vec{q} \equiv m \vec{v}$$

e riscrivere il **Secondo Principio** come:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{q}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

Secondo Principio, o legge di Newton, o equazione del moto

Secondo Principio: la **variazione del moto** di un corpo è proporzionale alla **risultante delle forze** agenti su di esso.

Osservazioni: Forze come interazioni

- Il Secondo Principio **NON** è la **definizione di Forza** (in senso stretto).
- Le forze derivano dall'**interazione** (a distanza o di contatto) **tra corpi** ed hanno sempre un'**origine concreta e ben individuabile**.
- Tramite modelli, è possibile definire le **forze** come la **descrizione di un certo tipo di interazione**; per es. Forza di gravità (int. gravitazionale), Forza di Coulomb (interazione tra cariche ferme).

Secondo Principio, o legge di Newton, o equazione del moto

Secondo Principio: la **variazione del moto** di un corpo è proporzionale alla **risultante delle forze** agenti su di esso.

Osservazioni: forza risultante e corpi estesi

- Le **Forze sono grandezze vettoriali**. La **risultante** delle forze agenti su di un corpo è uguale alla **somma (vettoriale)** delle forze applicate su di esso se questo è **sufficientemente piccolo** (“puntiforme”) da poter assumere che **tutte le forze siano applicate nello stesso punto**.
- Per **corpi estesi non posso sommare** direttamente forze applicate in punti diversi. Ci sono **altri effetti** che entrano in gioco, come la **rotazione**, non descritti (esplicitamente) dal Secondo Principio.

Secondo Principio, o legge di Newton, o equazione del moto

Secondo Principio: la **variazione del moto** di un corpo è proporzionale alla **risultante delle forze** agenti su di esso.

Osservazioni: Equazioni del moto

- Se di un corpo sono **note** la **massa inerziale** m e la **risultante delle forze** $\vec{F}$ che agiscono su di lui, allora il Secondo Principio ci fornisce un'**equazione** (per l'accelerazione $\vec{a}$) **per risalire al moto del corpo**:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \Rightarrow \vec{r}(t)$$

Esempio: se il corpo è soggetto ad una **$\vec{F}$ costante**, allora anche **$\vec{a}$ è costante**, $\vec{a} = \vec{F}/m$: **moto uniformemente accelerato**, $\vec{r}(t) = \frac{1}{2} \frac{\vec{F}}{m} (t - t_0)^2 + \vec{v}_0 (t - t_0) + \vec{r}_0$.

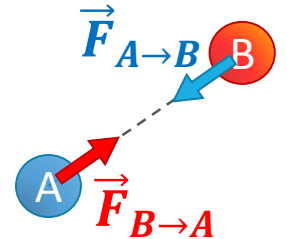
Terzo Principio, o di azione e reazione (o di interazione tra corpi)

Terzo Principio: se **due corpi interagiscono**, la **forza** che si applica su un corpo per effetto dell'altro è **uguale ed opposta** a quella che il primo applica sul secondo.

Osservazioni:

- In formule: se un corpo A interagisce con un corpo B , allora:

$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A}$$



(ricordarsi che le forze sono grandezze vettoriali: le precedenti sono **uguali in modulo**, hanno **stessa direzione** ma **versi opposti**. Inoltre, una è **applicata** su A ed una su B).

Terzo Principio, o di azione e reazione (o di interazione tra corpi)

Terzo Principio: se **due corpi interagiscono**, la forza che si applica su un corpo per effetto dell'altro è **uguale ed opposta** a quella che il secondo applica sul primo.

Osservazioni: interazioni e validità del Primo Principio

- Il Terzo Principio afferma che **le forze nascono dall'interazione tra corpi**, e descrive il concetto di interazione per mezzo di quello di Forza.
- Se **un corpo è "isolato"**, nel senso che non può interagire con niente, allora **su di lui non agisce nessuna forza**. Per lui **vale il Primo Principio** (nei SR inerziali).
- Non possono esistere "**forze isolate**" in **Natura**. Devono provenire da qualcosa!