



Dinamica del punto materiale

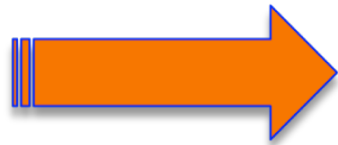
- Definizione di forza
- I tre principi di Newton
- Principali forze in fisica classica

Prof. Stefania Bufalino
Corso PIU-ROR a.a. 2017/2018

La Dinamica

In cinematica abbiamo imparato come avviene il moto

- **ma quali sono le cause fisiche del moto?**
- **perchè un corpo si muove con un moto piuttosto che un altro?**



DINAMICA: studia il moto dei corpi in relazione alle cause che lo hanno prodotto

Per tale studio devono essere conosciuti i seguenti elementi:

- ▶ le cause del moto;
- ▶ i parametri che intervengono in modo determinante nel moto (..resistenza esercitata dall'aria...)
- ▶ le equazioni del moto, che permettono di determinare il moto del corpo quando sono note le forze che agiscono su di esso.

Definizione operativa di Forza

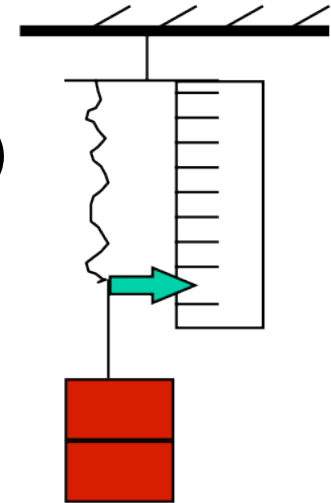
Forza: grandezza fisica *vettoriale* definita in modo operativo su base *sperimentale*

Metodo statico: utilizzo di un dinamometro (molla)

Corpo appeso a una molla



Estensione della molla proporzionale all'intensità della **Forza**, direzione e verso della Forza (**vettore**) dati dalla direzione e il verso in cui avviene l'estensione

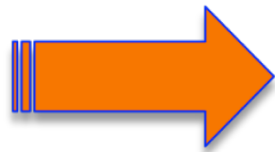


4 forze fondamentali in natura

- Interazioni gravitazionali, Interazione elettromagnetica, Interazione debole e interazione forte.
- La loro combinazione è all'origine delle forze che appaiono nell'esperienza comune

Primo principio di Newton

Enunciato: *un corpo non soggetto a forze non subisce cambiamenti di velocità, ovvero permane nel suo stato di quiete se era in quiete o procede nel suo movimento con moto rettilineo uniforme.*



l'assenza di forza non si traduce nell'assenza di moto ma nella non variazione della velocità del punto fisico.

Validità dal primo principio

- Difficile applicabilità in natura: si applica ad esempio nel caso in cui su un punto fisico agiscono molteplici forze con risultante (somma vettoriale) nulla.
- Sistemi di riferimento inerziali: ad esempio sistema delle stelle fisse e tutti i sistemi che si muovono rispetto ad esso con velocità costante (Terra)

Secondo principio di Newton

Se un punto fisico di massa m si muove di moto accelerato rispetto ad un sistema di riferimento inerziale e ad un certo istante la sua accelerazione è \vec{a} dice che il corpo è soggetto alla forza

$$\vec{F}_T = m \cdot \vec{a}$$

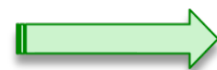
- ▶ **Dimensione** $[F]=[m][a]=[M][L][T]^{-2}$
- ▶ **Unità di misura** (sistema MKSA) → **Newton**=1 kg x 1 m/s²
 - ➡ intensità di una forza che agendo su un corpo di massa 1 kg gli imprime un'accelerazione di modulo 1 m/s².
- ▶ Se due corpi di masse diverse interagiscono tra di loro, il corpo di massa maggiore acquista un'accelerazione minore
 - ➡ inerzia di un corpo a mettersi in movimento e per questa ragione m è spesso chiamata massa inerziale.

Terzo principio di Newton

Enunciato: *se un corpo esercita una forza su un secondo corpo, quest'ultimo esercita sul primo una forza di uguale intensità e opposta*

Osservazione sperimentale

In un sistema di riferimento inerziale se due punti materiali, di massa m_1 e m_2 , interagiscono *solo* tra di loro e in un determinato istante il corpo m_1 possiede un'accelerazione di modulo a_1 e il corpo m_2 un'accelerazione a_2



$$\vec{a}_2 = -(m_1/m_2)\vec{a}_1$$

E in termini
di Forze



$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

Le due forze vengono denominate
azione e reazione

il terzo principio è infatti spesso
indicato come **principio di
azione e reazione.**

Principali tipi di Forze in fisica classica

Forza gravitazionale

Caratteristiche: questa forza appare su un punto fisico 1 di massa m_1 quando un altro punto fisico 2 con massa m_2 è ad una distanza r e l'effetto è quello di attirare il punto materiale 1 verso il punto materiale 2.

Definizione: la forza gravitazionale agisce sul punto 1, lungo la direzione che va da 1 a 2 e viene espressa dalla relazione

$$\vec{F}_G \equiv -\gamma \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{|\vec{r}_{21}|}$$

Con $\gamma = 6.673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{Kg}^{-2}$ in MKSA

Definizione simmetrica per punto fisico 1 e 2

Forza gravitazionale (superficie terrestre)

Caratteristiche: forza gravitazionale valutata sulla superficie terrestre, ad esempio in un volume di un'area di alcuni km² e un'altezza inferiore a 1 km

Nota: supponiamo che le forze generate da tutti i punti della Terra che attirano un punto di massa m nel volume è uguale alla forza generata da un singolo punto nel centro della Terra contenente tutta la massa M della Terra.

Forza su m



$$\vec{F}_G \equiv -\gamma \cdot \frac{m \cdot M}{(R + h)^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{|\vec{r}_{21}|} = -\gamma \cdot \frac{m \cdot M}{R^2 \left(1 + \frac{h}{R}\right)^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{|\vec{r}_{21}|}$$

h su R trascurabile rispetto a uno e la direzione della forza può essere approssimata dalla perpendicolare alla superficie orizzontale



$$\vec{F}_g \equiv -m \cdot g \cdot \vec{j}$$

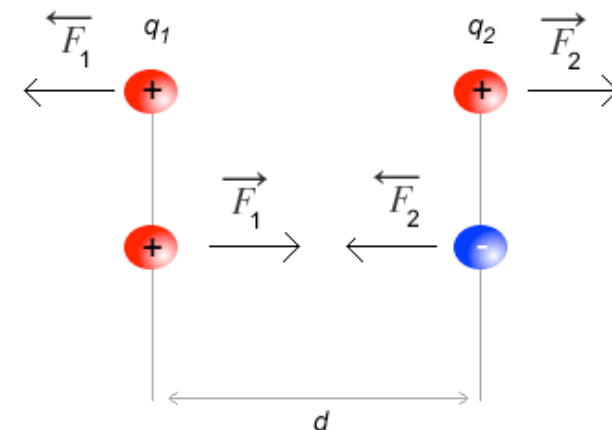
Definizione: la forza gravitazionale sulla superficie terrestre è una forza costante che agisce su ogni massa m , sempre verticale diretta verso il suolo e proporzionale a mg

Forza Elettrostatica (Coulomb)

Caratteristiche: appare su un punto fisico 1 elettricamente carico (carica q_1) quando un altro punto fisico 2 con carica q_2 è ad una distanza r ; la carica elettrica è una grandezza fisica misurata da classi di strumenti come gli amperometri o gli strumenti magnetoelettrici.

Definizione: agisce sul punto 1, lungo la direzione che va da 1 a 2. Il punto materiale 1 è attratto verso il punto materiale 2 se le cariche hanno segno diverso, altrimenti 1 è respinto dal punto fisico 2.

$$\vec{F}_E \equiv -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{|\vec{r}_{21}|}$$



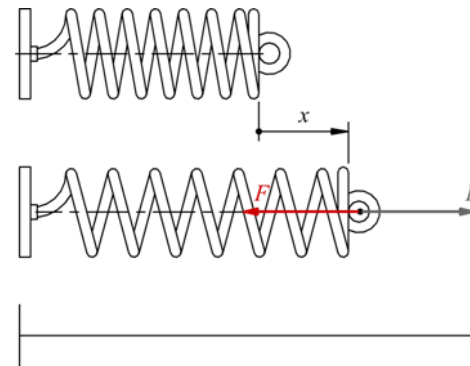
$d = \text{modulo del vettore } r_{21}$

Forza elastica

Caratteristiche: questa forza appare ad entrambe le estremità di un “oggetto estensibile” (molla, corda elastica...) quando viene allungato o accorciato di una quantità Δx rispetto alla lunghezza “a riposo”

Definizione: la forza elastica agisce su 2 masse collegate agli estremi dell'oggetto e ha modulo:

$$|\vec{F}_e| \equiv k \cdot |\Delta x|$$



**Caso semplice
forza solo a
un estremo**

La direzione della forza è la direzione dell'oggetto e la forza spinge entrambe le masse lontano dal centro se l'oggetto è compresso e attira verso il centro le masse se l'oggetto è allungato.

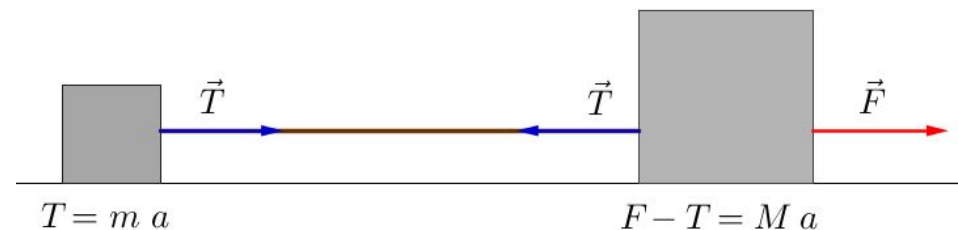
entrambe le masse subiscono la forza e questo significa che ci sono 2 forze alle estremità dell'oggetto. Queste 2 forze sono uguali ed opposte per definizione.

Tensione

Caratteristiche: questa forza appare ad entrambe le estremità di un oggetto non estensibile (per esempio una corda, una lastra rigida o un'asta ...). Un filo teso esercita agli estremi una tensione \mathbf{T} , che dipende dalle forze applicate e che si manifesta come una reazione del filo alla forza che lo tende

Definizione: la tensione agisce su 2 masse collegate alle estremità della corda

- a) è uguale a 0 se la distanza tra le estremità è inferiore alla lunghezza della corda;
- b) è diretta lungo la retta che unisce le estremità, sempre verso il centro della corda. Il modulo della forza è uguale in entrambe le estremità



Forza tra due superfici in contatto

Caratteristiche: quando 2 superfici piane sono in contatto (parallele e distanza nulla), appare una forza che agisce sulla superficie 1 dovuta al contatto con la superficie 2 e una forza agente sulla superficie 2 dovuta alla superficie 1.

Forze simmetriche.

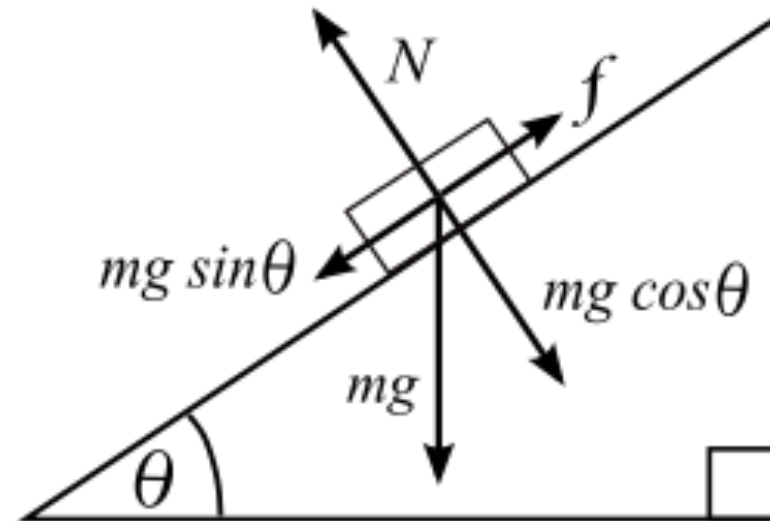
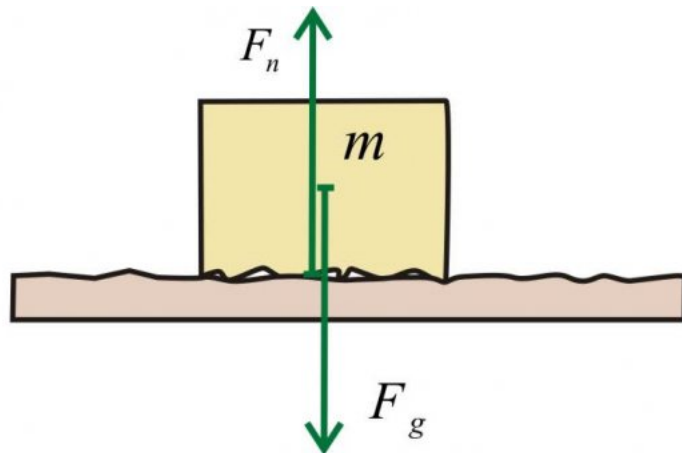
Superfici non piane ma hanno un grande raggio di curvatura, possono avere un contatto “quasi planare” in un punto e il piano tangente ad entrambe le superfici nel punto è considerato come piano di contatto

Queste forze di contatto hanno 2 componenti: una forza normale (alla superficie) e una parallela (alla superficie) che si chiama “attrito”.

Forza normale

Definizione: agisce sulla superficie 1 lungo la direzione perpendicolare al piano di contatto, dalla superficie 2 alla superficie 1 (mai nella direzione opposta) e il suo valore N è

- positivo se entrambe le superfici sono in contatto
- 0 se il contatto scompare (distanza > 0)



Forza di attrito statico e dinamico

Definizione attrito statico: agisce lungo il piano di contatto, quando entrambe le superfici sono in quiete una rispetto all'altra, in una direzione lungo il piano di contatto e con un opportuno valore assoluto che varia da 0 ad un massimo F_{sMAX} , che è dato da:

$$F_{sMAX} = \mu_s \cdot N$$

- Il coefficiente μ_s è chiamato coefficiente di attrito statico: dipende dalla coppia di materiali in contatto, ma non dalla superficie di contatto.

Definizione attrito dinamico: agisce lungo il piano di contatto, quando entrambe le superfici sono in moto relativo una rispetto all'altra, nel verso opposto al moto relativo, e la sua espressione è data da:

$$\vec{F}_d = -\mu_d \cdot N \cdot \frac{\vec{v}}{|\vec{v}|}$$

- Il coefficiente μ_d è chiamato coefficiente di attrito dinamico (o cinetico) e dipende dalla coppia di materiali in contatto, ma non dalla superficie di contatto.

Forza viscosa

Caratteristiche: questa forza appare quando un corpo si muove all'interno di un fluido come l'acqua, l'aria, olio, etc...

Definizione: la forza viscosa agisce sul corpo, è parallela alla velocità, con verso opposto: la sua intensità è proporzionale alla velocità (valida a basse velocità)

$$\vec{F}_v \equiv -\beta \cdot \vec{v}$$

Il coefficiente di viscosità β può essere scritto come prodotto di 2 quantità $\beta = \gamma \eta$
 γ dipende dalla forma del corpo e η dipende dal fluido e dalla sua temperatura.

A 20°: $\eta(\text{aria}) \approx 1.81 \cdot 10^{-5}$, $\eta(H_2O) \approx 1.79 \cdot 10^{-3}$, $\eta(Hg) \approx 1.68 \cdot 10^{-3}$ $\eta(\text{glicerina}) \approx 12.1$

A 0°: $\eta(\text{aria}) \approx 1.71 \cdot 10^{-5}$, $\eta(H_2O) \approx 1.00 \cdot 10^{-3}$, $\eta(Hg) \approx 1.554 \cdot 10^{-3}$ $\eta(\text{glicerina}) \approx 1.5$



Forza di Lorentz

Caratteristiche: questa forza si manifesta quando un punto di massa m dotato di carica q si muove in un campo magnetico di modulo B con una velocità v . Un campo magnetico è prodotto da metalli speciali o da corrente elettrica ed è caratterizzato da un vettore che è presente in ogni punto geometrico di una regione dello spazio.

Definizione: la forza di Lorentz agisce sul punto dotato di carica ed è espressa come

$$\vec{F}_L \equiv q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$$

Studiata approfonditamente in Fisica 2