

Dinamica del punto

- Forza ed accelerazione
- La prima legge di Newton : l'inerzia
- La seconda legge di Newton: il principio fondamentale della dinamica
- La terza legge di Newton : azione e reazione
- Le differente forze et le loro leggi
- Attrito

Primo principio detto d'inerzia o di Galileo

Un corpo mantiene il proprio stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, finché una forza non agisce su di esso.

$$\vec{R} = \sum_n \vec{F}_n = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0$$

- *Per un oggetto non interagente con altri oggetti, è sempre possibile identificare un sistema di riferimento, detto inerziale, nel quale l'oggetto ha accelerazione nulla.*
- *In assenza di interazioni con l'esterno, un oggetto permane nel suo stato di quiete o di moto a velocità costante, se osservato da un sistema di riferimento inerziale.*

La forza è responsabile per l'accelerazione della particella

A distanza infinita, tutte le forze si cancellano : una particella può essere isolata.

Sistema di riferimento inerziale o galileano: un sistema nel quale si verifica la prima legge di Newton: si può determinare le cause di tutte le forze che agiscono sulla particella (non ci sono forze apparenti dovute all'accelerazione del sistema di riferimento).

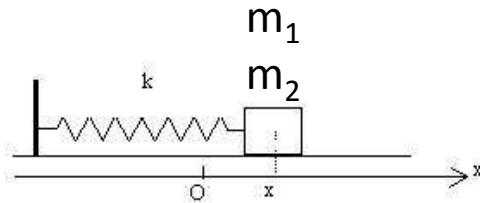
Esempio:

un sistema di riferimento legato alle stelle lontane, o in moto rettilineo uniforme rispetto a questo

La Terra in rotazione può essere considerata come sistema inerziale fino ad un certo punto (finché si può trascurare l'accelerazione legata alla rotazione terrestre)

Secondo principio detto di proporzionalità Il principio fondamentale della dinamica

L'accelerazione di un corpo è direttamente proporzionale e nella stessa direzione della forza netta agente su di esso, è invece inversamente proporzionale alla sua massa.



$$m_1 a_1 = m_2 a_2 \quad (m_1 \text{ e } m_2 \text{ subiscono la stessa forza})$$

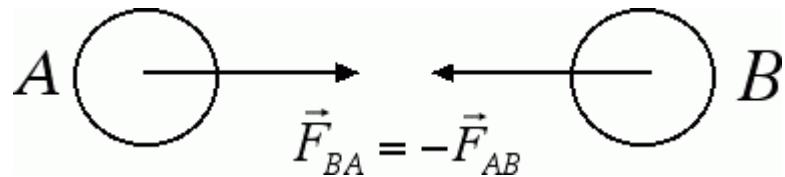
$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

$$m \cdot \vec{a} = \sum_n \vec{F}_n$$

- La forza si misura in Newton ($N=kg \cdot m/s^2$)
- Le forze sono vettori, la massa è scalare.
- La massa è una proprietà intrinseca del oggetto. È la proprietà che specifica quanta resistenza un oggetto oppone ai cambiamenti della sua velocità.

Terzo principio detto di azione e reazione

Per ogni forza che un corpo A esercita su di un altro corpo B, ne esiste istantaneamente un'altra uguale in modulo e direzione, ma opposta in verso, causata dal corpo B che agisce sul corpo A



Esempi:

- Libro appoggiato sul tavolo
- Pattinatori su ghiaccio che si spingono
- Rinculo del fucile dopo avere sparato

Da quest'ultimo principio, integrando rispetto al tempo, discende il principio della conservazione della quantità di moto e viceversa.

Esempi di forze

Possiamo distinguere le Forze in:

- Forze di contatto: conseguenza del contatto fisico fra due oggetti
- Campi di forze: agiscono tramite lo spazio, senza contatto fisico
Notare che a livello microscopico, esistono solo campi di forze.

Tipi di Forze: peso, reazione vincolare, tensione, attrito, elastica, elettromagnetica...

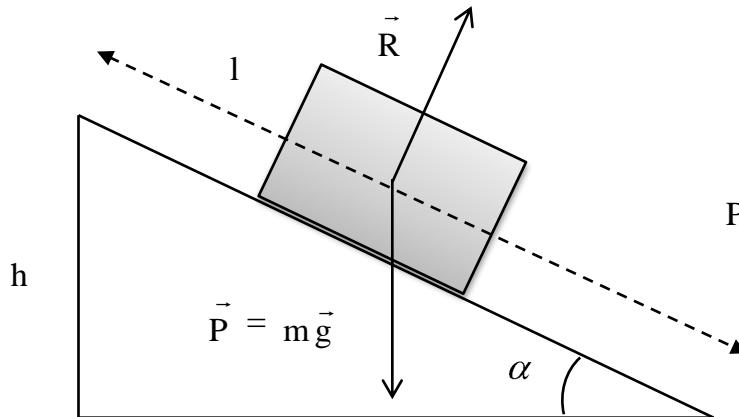
Il peso di un corpo risulta del effetto dell'attrazione terrestre su lui. Se la sua massa è m, il suo peso è : $P=mg$.

- Il Peso varia da luogo a luogo
- La Massa di un oggetto è sempre la stessa dappertutto

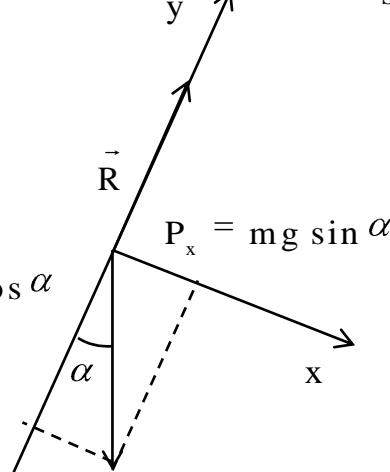
Sfruttando la relazione

• MOTO DI UN CORPO SU UN PIANO INCLINATO

- Le forze che agiscono sul corpo sono la forza peso \vec{P} e la reazione vincolare \vec{R}



$$P_y = -mg \cos \alpha$$



$$\frac{h}{\sin \alpha} = \frac{1}{\sin 90^\circ}$$

- Se proiettiamo le forze lungo gli assi cartesiani scelti ed applichiamo le leggi di Newton, non considerando per ora le forze di attrito, possiamo descrivere il moto del corpo lungo il piano inclinato.

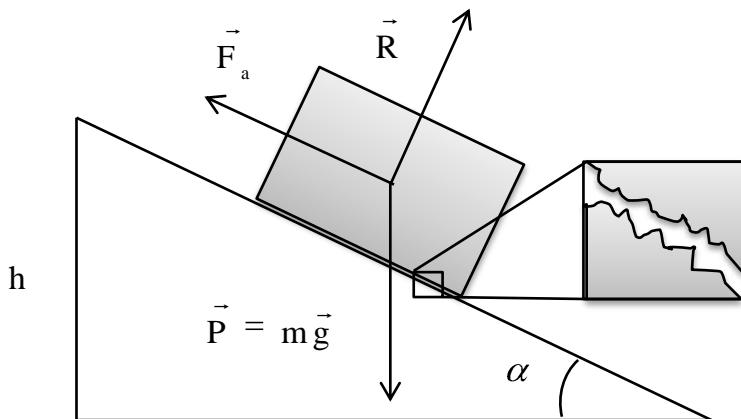
$$R_y = mg \cos \alpha = -P_y$$

$$m \vec{a} = \sum_i \vec{F}_i = \vec{P} + \vec{R} \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} ma_x &= P_x + R_x = mg \sin \alpha \\ ma_y &= P_y + R_y = P_y - P_y = 0 \end{aligned}$$

$$\rightarrow ma_x = mg \sin \alpha \rightarrow a_x = g \sin \alpha \rightarrow g \frac{h}{l}$$

L'accelerazione **non dipende dalla massa** ma soltanto dal rapporto tra l'altezza e la lunghezza (o dall'angolo alfa del piano inclinato) !

Attrito



Forza che si oppone al moto, è sempre in direzione ma verso opposto alla forza che tende a muovere il copro

Attrito statico : l'attrito è più intenso della forza, il corpo non si muove

Intensità:

μ_s coefficiente di attrito statico

$$f_s = \mu_s N$$

Attrito dinamico

μ_k coefficiente di attrito dinamico

$$f_k = \mu_k N$$

! Eq. non vettoriale !

La forza di attrito F_a :

- E' proporzionale alla reazione vincolare R del piano su cui l'oggetto è appoggiato dove μ è il coefficiente d'attrito che è una grandezza adimensionale.
- Non dipende dall'area delle superfici di contatto
- Una volta che il corpo è in moto, non dipende dalla velocità del corpo (non per l'attrito viscoso).
- Su scala **microscopica** la forza di attrito è dovuta alle forze di interazione tra gli atomi dei materiali a contatto. Questo implica che la forza necessaria al primo distacco (cioè per far sì che i corpi inizino a strisciare) è superiore a quella necessaria a tenerli in strisciamento.

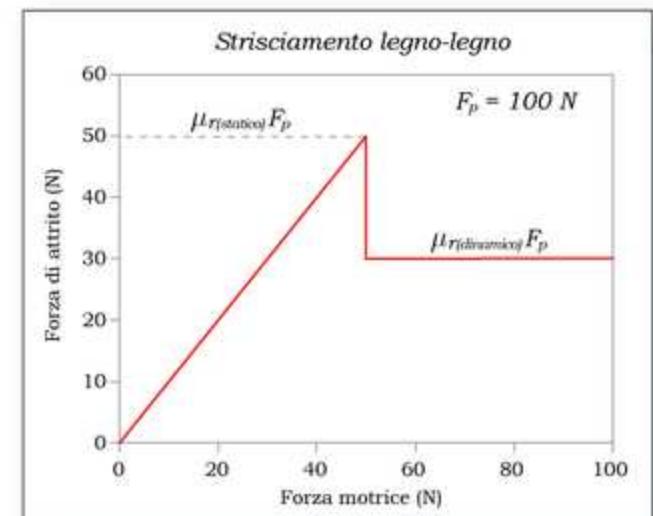


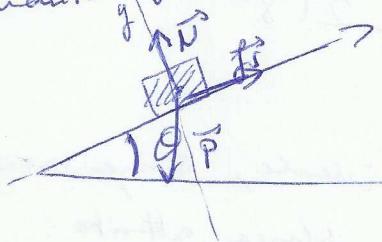
Tabella di coefficienti di attrito radente (fonte: www.roymech.co.uk)

Superficie	μ_{rs} (statico)	μ_{rd} (dinamico)
Legno - legno	0,50	0,30
Acciaio - acciaio	0,78	0,42
Acciaio - acciaio lubrificato	0,11	0,05
Acciaio - alluminio	0,61	0,47
Acciaio - ottone	0,51	0,44
Acciaio - teflon	0,04	0,04
Acciaio - ghiaccio	0,027	0,014
Acciaio - aria	0,001	0,001
Acciaio - piombo	0,90	n.d.
Acciaio - ghisa	0,40	n.d.
Acciaio - grafite	0,10	n.d.
Acciaio - plexiglas	0,80	n.d.
Acciaio - polistirene	0,50	n.d.
Rame - acciaio	1,05	0,29
Rame - vetro	0,68	0,53
Gomma - asfalto (asciutto)	1,0	0,8
Gomma - asfalto (bagnato)	0,7	0,6
Vetro - vetro	0,9 - 1,0	0,4
Legno <u>sciolinato</u> - neve	0,10	0,05
legno - cartone	0,32	0,23

Esercizi sulla dinamica svolti a lezione -

y piano inclinato di un angolo θ .

Cambiando θ , il blocco comincia a scivolare per $\theta = \theta_s$.
Quanto vale allora μ_s , il coefficiente di attrito statico?



il blocco è a riposo se:

$$\vec{N} + \vec{P} + \vec{f}_s = 0$$

Decomponiamo su n e y :

$$\begin{cases} N - mg \cos \theta = 0 \\ f_s - mg \sin \theta = 0 \end{cases}$$

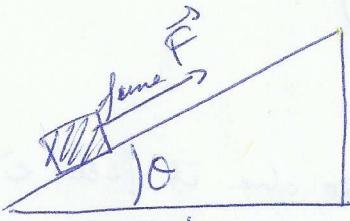
$$N = mg \cos \theta$$

$$f_s = \mu_s N = \mu_s mg \cos \theta$$

$$\rightarrow \mu_s = \tan \theta$$

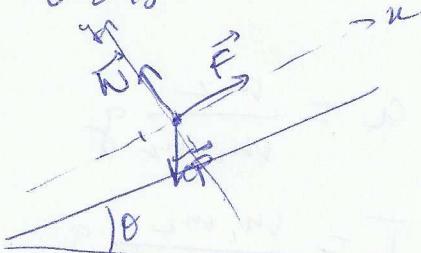
$\hookrightarrow f_s \leq \mu_s N$, $f_s = \mu_s N$ quando il blocco comincia a scivolare, quindi per θ_s tale che $\mu_s = \tan \theta_s$.

y



$$m = 50 \text{ kg}$$

$$\theta = 45^\circ$$



Il blocco è appeso alla fune

a) quanto vale F perché il blocco sia fermo, e x manca di attrito?

$$\vec{F} + \vec{N} + \vec{P} = 0$$

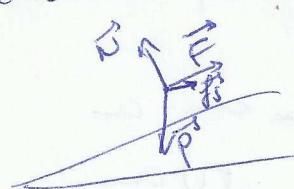
$$(x) : F - mg \sin \theta = 0$$

$$(y) : N - mg \cos \theta = 0$$

$$F = mg \sin \theta = 346.5 \text{ N}$$

b) se c'è attrito? per $\mu_s = 0.4$, quanto vale F ?

l'attrito si oppone al blocco che scivola verso il basso:



$$(x) F + f_s - mg \sin \theta = 0$$

$$f_s = \mu_s N, (y) N - mg \cos \theta = 0$$

$$F = mg \sin \theta - \mu_s mg \cos \theta = mg (\sin \theta - \mu_s \cos \theta)$$

$$F = 207.8 \text{ N}$$

c) e con quale inclinazione del piano, in presenza di attrito, il corpo resta in equilibrio?

$$f_s - mg \sin \theta = 0$$

$$N - mg \cos \theta = 0$$

$$\mu_s = \tan \theta$$

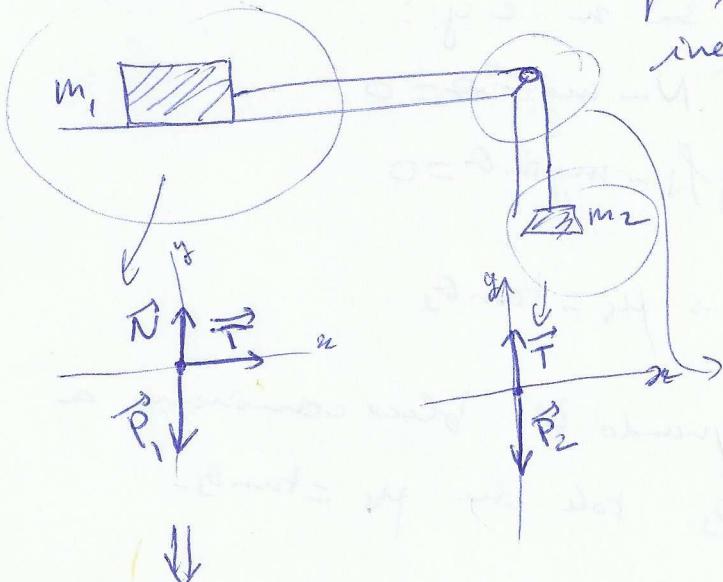
$$\theta = 21.8^\circ$$

3/ Puleggia

filo, puleggia ideale, senza massa; inestendibile - senza attrito.

Chiamiamo l'accelerazione a e la tensione nella corda T

La puleggia cambia la direzione della forza tensione ma non il modulo.



bloco 1

$$\begin{cases} N - m_1 g = 0 & (\text{niente accelerazione lungo } y) \\ T = m_1 a_{1x} & (\text{lungo } x) \end{cases}$$

bloco 2

$$T - m_2 g = -m_2 a_{2y}$$

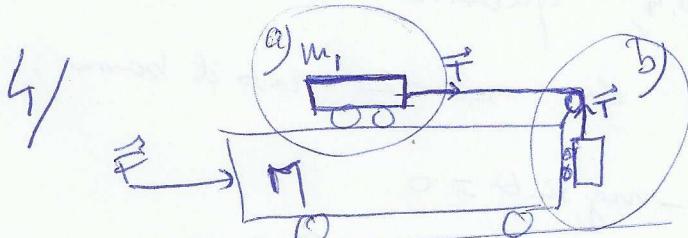
$$\rightarrow T = m_1 a$$

$$\rightarrow m_1 a - m_2 g = -m_2 a$$

Visto che il filo è in tensione, $a_{1x} = a_{2y}$

$$a = \frac{m_2}{m_1 + m_2} g$$

$$T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g$$



a)

$$\begin{matrix} N_1 & \uparrow \\ \downarrow P_1 & \rightarrow \end{matrix}$$

$$\begin{cases} N_1 - f_1 = 0 \\ T = m_1 a \end{cases}$$

b)

$$\begin{matrix} P_2 & \uparrow \\ \downarrow P_2 & \rightarrow \end{matrix}$$

$$T - P_2 = 0$$

$$a = \frac{m_2}{m_1} g, \quad F = (m_1 + m_2 + M) a$$

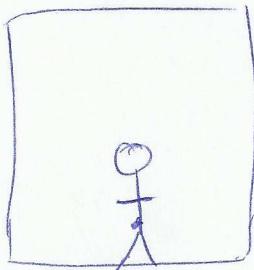
F per avviare m_1 e m_2 ferme?

il tutto accelera con a

$$c) F = (m_1 + m_2 + M) a$$

$$F = (m_1 + m_2 + M) \frac{m_2}{m_1} g$$

5) Peso in ascensore.



Un uomo sale con un ascensore.

Sotto i piedi ha una bilancia, che misura la reazione vincolare dello suolo dell'ascensore alla presenza del uomo.

Quanto vale questa forza quando l'ascensore è in fase di accelerazione ($a = 1 \text{ m/s}^2$), in moto uniforme e in fase di decelerazione ($a = -1 \text{ m/s}^2$)? La massa dell'uomo è 80 kg .



$$N - P = ma$$

in fase di moto uniforme:
 $a = 0 \rightarrow N = P = 800 \text{ N}$

P è il peso dovuto alla gravitazione terrestre
 $P = mg$
 $(g = 10 \text{ m/s}^2)$

in fase di accelerazione: $N = mg + ma$
 $= m(g+a) = 880 \text{ N}$

il peso apparente aumenta.

per $a < 0$: $N = mg + ma$
 $= m(g-a) = 80(10-1) = 720 \text{ N}$

il peso apparente diminuisce.