DINAMICA

- Forze
- Prima legge di Newton (legge di inerzia)
- Seconda legge della dinamica
- Terza legge di Newton
- Forza peso e Legge di gravitazione universale
- Reazione vincolare
- Forza elastica
- Tensione
- Forze di attrito statico e dinamico

CINEMATICA → Studio del moto degli oggetti

DINAMICA → Spiega le cause del moto degli oggetti: perché una particella si muove in un modo piuttosto che in un altro?

Tutti i corpi per loro natura sono in uno stato di QUIETE, sono fermi rispetto a sistemi di riferimento (proprietà inerziale).

Il moto degli oggetti è determinato dai corpi che li circondano.

LE INTERAZIONI FONDAMENTALI

-Interazione gravitazionale
-Interazione debole
-Interazione elettromagnetica
-Interazione forte (o nucleare)

Interazioni = forze

LE FORZE

Forza : grandezza fisica correlata con l'accelerazione degli oggetti

Forza = «sforzo muscolare» $\longrightarrow$ azione capace di modificare lo stato di moto dell'oggetto sul quale si esercita

<u>Un corpo è soggetto all'azione di una forza (derivante dalla sua interazione con gli altri corpi che lo circondano) ogni volta che la sua velocità cambia nel tempo, ossia possiede un'accelerazione.</u>

Forze A LUNGO RAGGIO: attive a grandi distanze

Forze A CORTO RAGGIO: attive solo quando c'è un contatto

DEFINIZIONE DI FORZA E UNITÀ DI MISURA

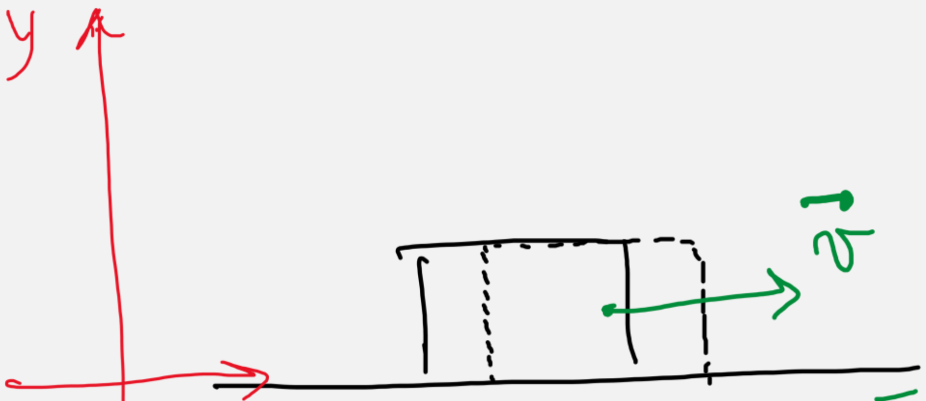
La forza è una grandezza vettoriale

La forza possiede la stessa <u>direzione</u> e lo stesso <u>verso</u> dell'accelerazione; il suo <u>modulo</u> è proporzionale a quello dell'accelerazione

L'*intensità* della forza *non* descrive in maniera completa la forza stessa, ma occorre anche considerarne la *direzione* e il *verso*.

$$[F] = [MLT^{-2}]$$

unità di misura: $\boxed{Newton\ (N) = kg \cdot \underbrace{m \cdot s^{-2}}_{\vec{a}}}$



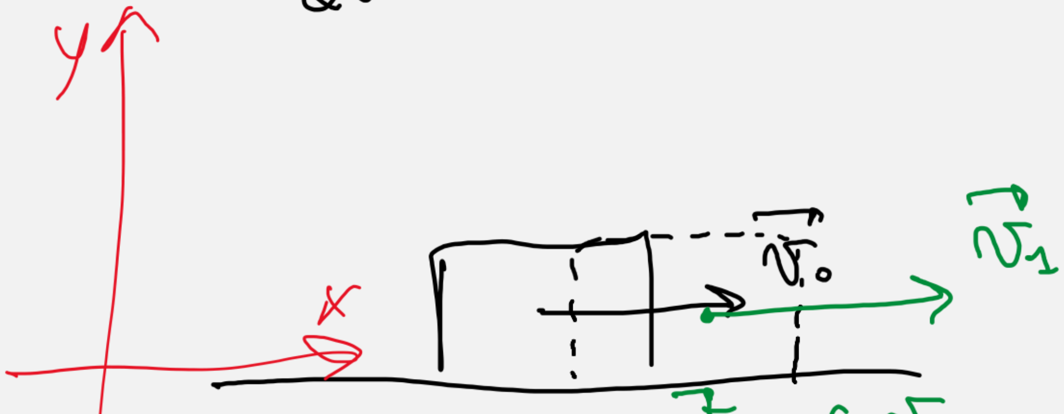
$\vec{v}_0 = 0$

$\Delta\vec{r} = 0$

QUIETE

$v_1 = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$

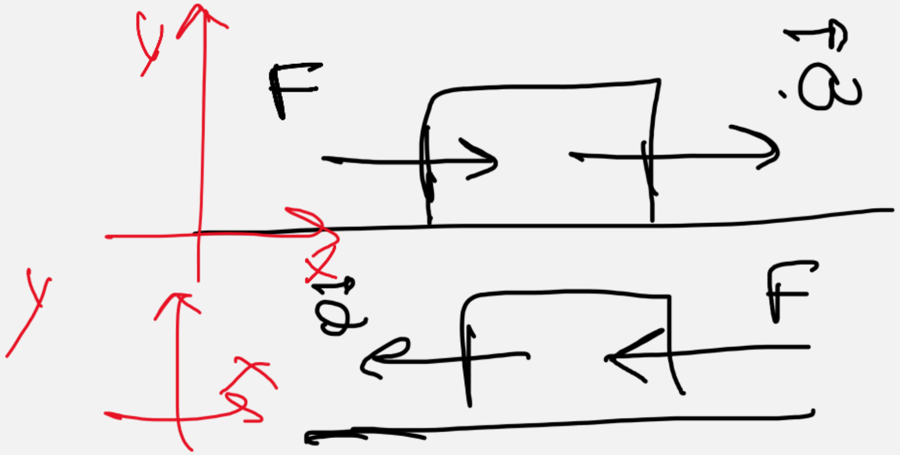
$\Delta\vec{r} \neq 0$

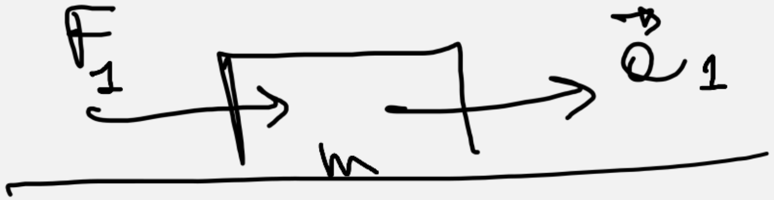


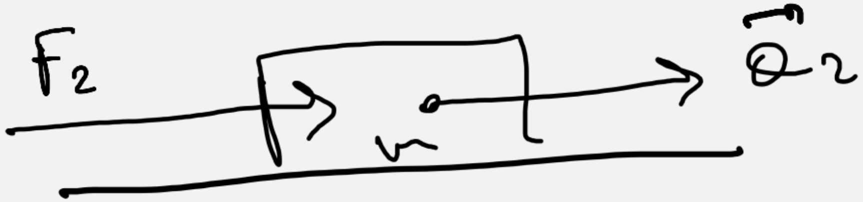
$v_0 = \text{cost}$ $\qquad$ $\vec{v}_1 = \text{cost}$

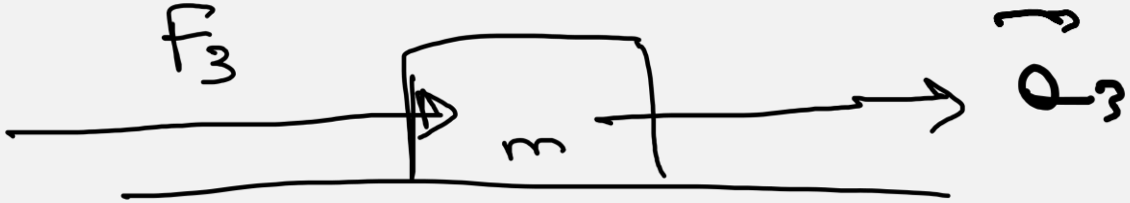
t_1 $\qquad$ t_2

$\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{a}$









F	a
$F_2 = 2F_1$	$a_2 = 2a_1$
$F_3 = 3F_1$	$a_3 = 3a_1$

DEFINIZIONE DI FORZA E UNITÀ DI MISURA

Forza totale (forza netta o risultante delle forze)

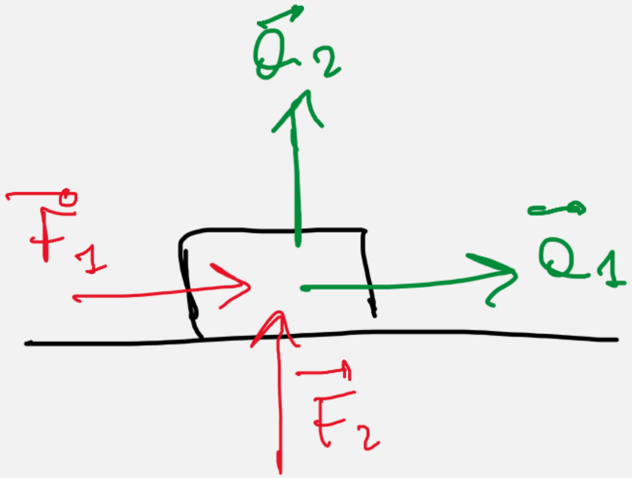
Quando su un oggetto agiscono più forze, il moto dell’oggetto è determinato dalla forza totale (o forza netta o risultante delle forze) agente sull’oggetto.

La forza totale è il vettore ottenuto <u>sommando</u> tutte le forze agenti sull’oggetto.

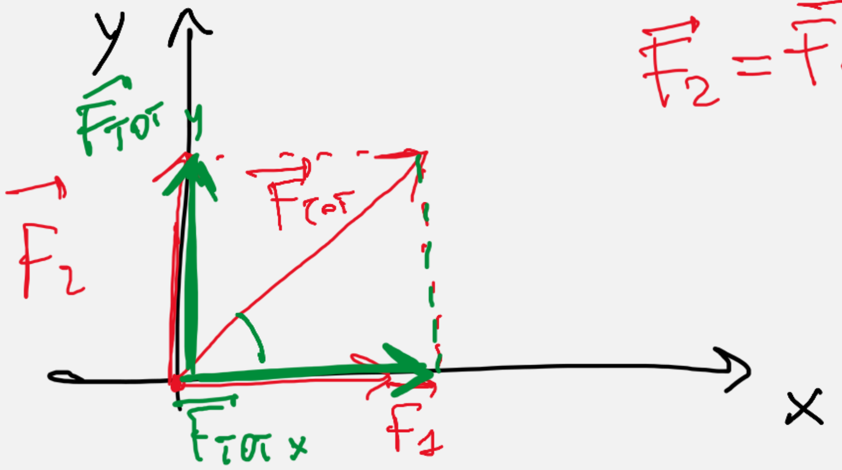
$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{1x}$$

$$\vec{F}_2 = \vec{F}_{2y}$$



$$\boxed{\vec{F}_{TOT}} = \sum_{i=1}^{n} \vec{F_i}$$



$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_{TOT}$$

$$\begin{cases} x : \vec{F}_{1x} + \cancel{\vec{F}_{2x}} = \vec{F}_{TOT\,x} \\ y : \cancel{\vec{F}_{1y}} + \vec{F}_{2y} = \vec{F}_{TOT\,y} \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} x : \\ y : \end{cases}$$

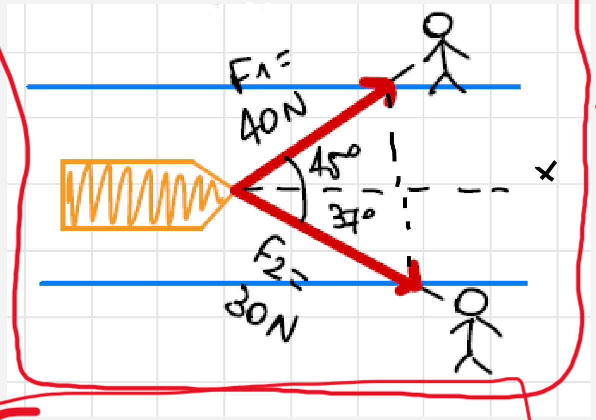
EQ VETTORIALI

EQ. SCALARI

DEFINIZIONE DI FORZA E UNITÀ DI MISURA

Esempio

Calcolare la somma delle due forze che agiscono sulla barca mostrata in figura. F1= 40N, F2 = 30N. Gli angoli formati da F1 e F2 sono rispettivamente di 45° e 37°.



$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_{TOT}$

(x) : $\vec{F}_{1x} + \vec{F}_{2x} = \vec{F}_{TOT\,x}$

(y) : $\vec{F}_{1y} + \vec{F}_{2y} = \vec{F}_{TOT\,y}$

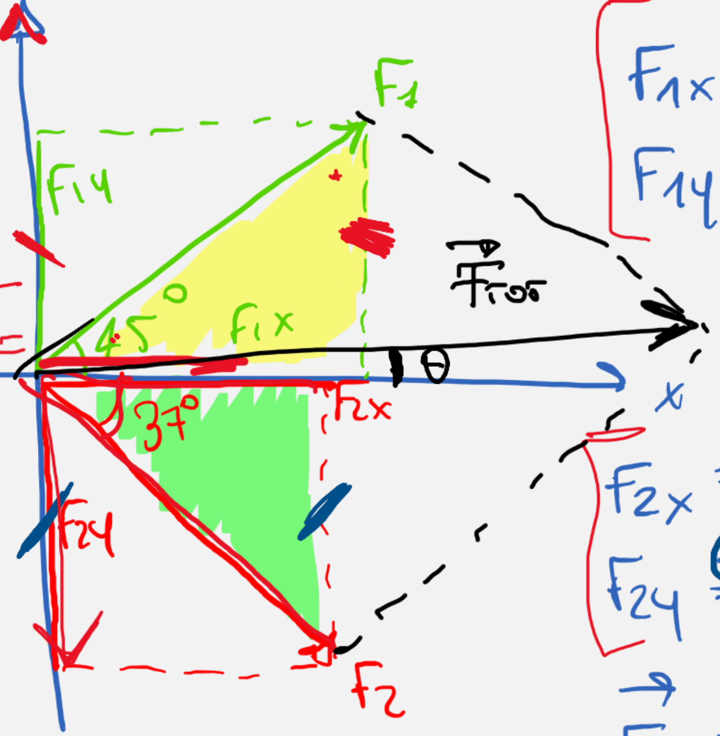
$F_{1x} + F_{1y} + F_{2x} + F_{2y} =$

$F_{TOTx} + F_{TOTy}$

$\vec{F}_{TOT} = F_{TOTx} + F_{TOTy}$

$F_{TOTx} = F_{1x} + F_{2x}$

$F_{TOTy} = F_{1y} + F_{2y}$



$F_{1x} = F_1 \cdot \cos 45^\circ = 28.3N$

$F_{1y} = F_1 \cdot \sin 45^\circ = 28.3N$

$F_{2x} = F_2 \cdot \cos 37^\circ = 24N$

$F_{2y} = -F_2 \cdot \sin 37^\circ = -18.1N$

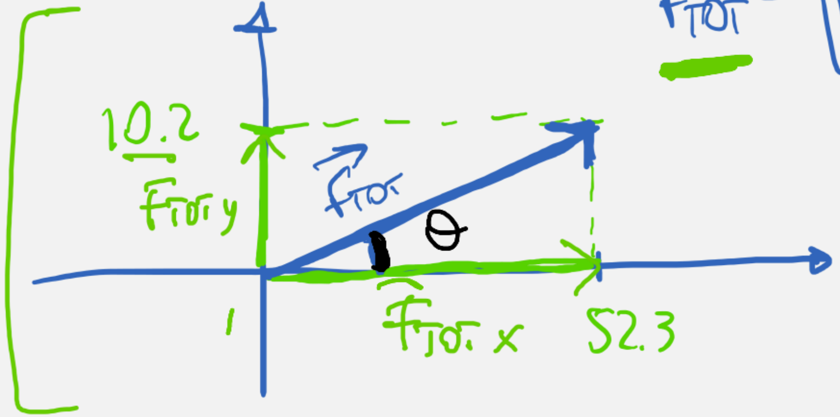
$\vec{F}_{TOT} = \sqrt{F_{TOTx}^2 + F_{TOTy}^2} =$

$53.3N$

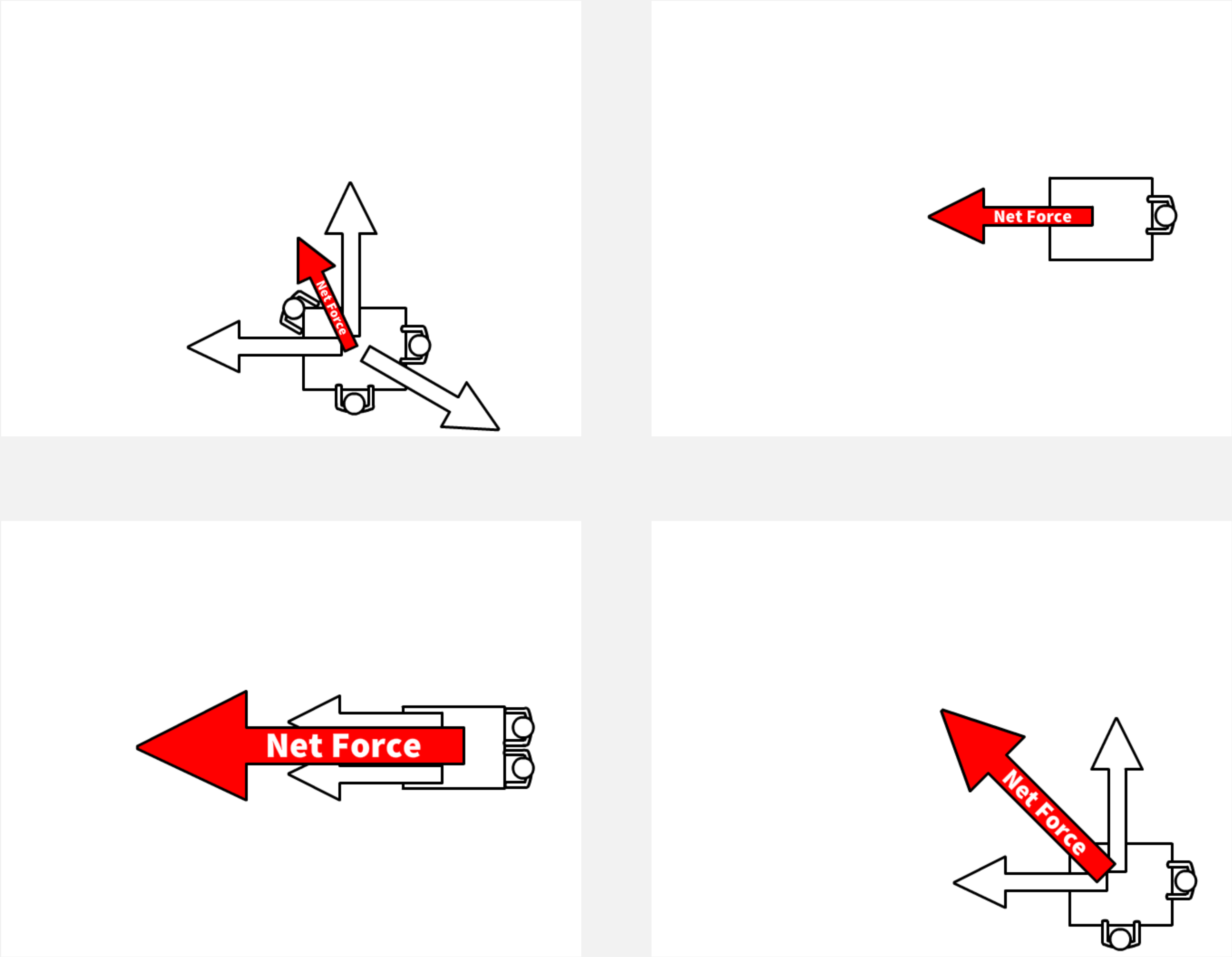
$F_{TOTx} = 52.3N$

$F_{TOTy} = 10.2N$

$\boxed{\theta = \tan^{-1} \frac{F_{TOTy}}{F_{TOTx}}} = \frac{10.2N}{52.3N} = 11^\circ$



$F_{TOT} = \sqrt{52.3^2 + 10.2^2}$


Net Force
Net Force
Net Force
Net Force

PRIMA LEGGE DELLA DINAMICA (LEGGE DI INERZIA)

In un sistema inerziale un corpo permane nel suo stato di quiete o nel suo stato di moto

rettilineo uniforme se non soggetto a forze o se soggetto a forze la cui risultante è nulla.

$$\boxed{\vec{F} = 0 \Leftrightarrow \vec{v} = costante}$$

In fisica, *inerzia* significa resistenza ai cambiamenti di velocità.

I sistemi di riferimento in cui vale la prima legge di Newton sono chiamati SISTEMI DI RIFERIMENTO INERZIALI

STATO NATURALE

QUIETE (FERMO) $\vec{v} = 0 \Rightarrow \Delta\vec{v} = 0$

MOTO RETTILINEO UNIFORME $\vec{v} = cost \Rightarrow \Delta\vec{v} = 0$

$\vec{a} = 0$

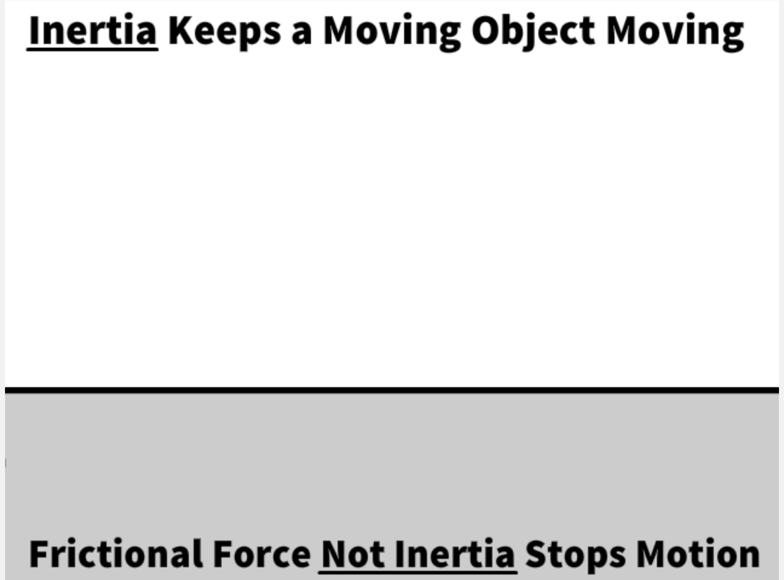
CONDIZIONE DI EQUILIBRIO $\vec{a} = 0$ $\Sigma\vec{F} = 0$

CONCETTO DI MASSA

CONCETTO DI MASSA: misura dell'inerzia di un corpo. Misura della quantità di materia che costituisce l'oggetto

Quanta più massa ha un corpo, tanto più difficile è cambiare il suo moto. È più difficile fermarlo quando si muove, o deviarne il percorso, o farlo muovere quando è fermo

Nel SI la misura della massa è il KILOGRAMMO (kg)



SECONDA LEGGE DELLA DINAMICA

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

Una forza genera un'accelerazione

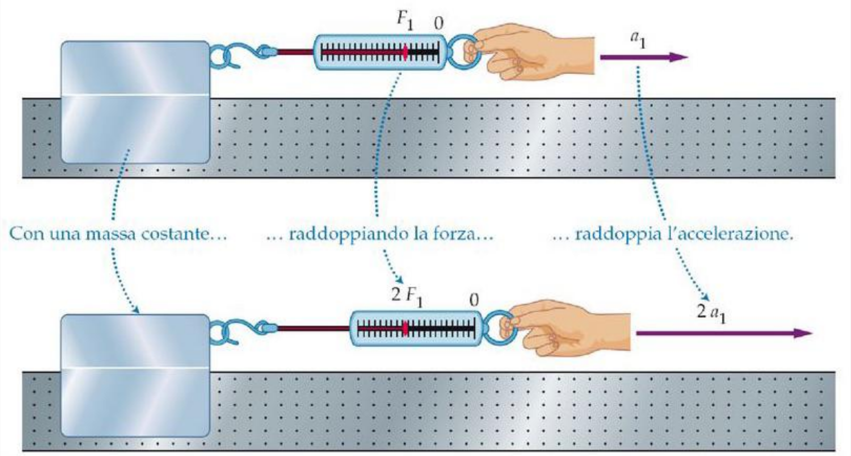
$$|\vec{F}| \quad |\vec{a}|$$

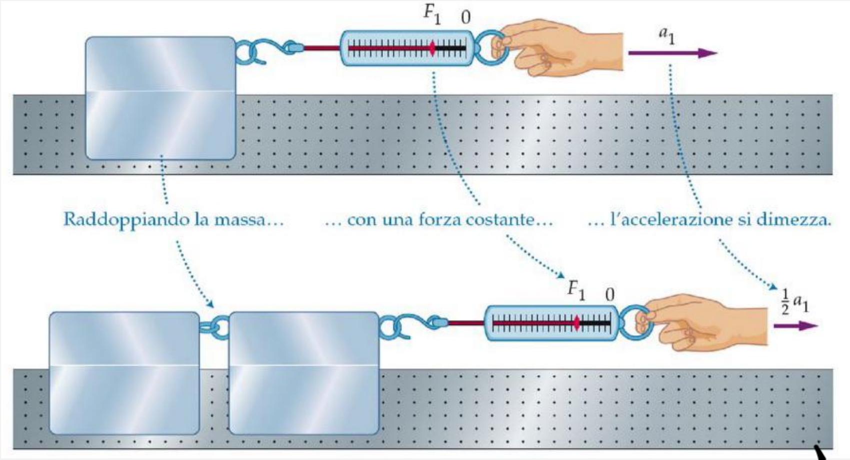
Sono proporzionali a meno di una costante che è la massa, o la massa inerziale.

Corpi diversi, sottoposti all'azione della medesima forza, acquistano accelerazioni diverse.

SECONDA LEGGE DELLA DINAMICA

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





$$\vec{a} \propto \vec{F} \qquad \vec{a} \propto \frac{1}{m}$$

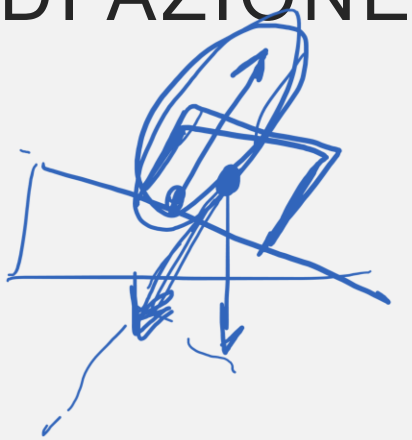
$$\vec{\boldsymbol{a}} = \frac{1}{m}\sum \vec{\boldsymbol{F}} \quad e \quad \boxed{\sum \vec{\boldsymbol{F}} = m\vec{\boldsymbol{a}}}$$

L'accelerazione di un oggetto è direttamente proporzionale alla forza risultante che agisce su di esso ed è inversamente proporzionale alla sua massa

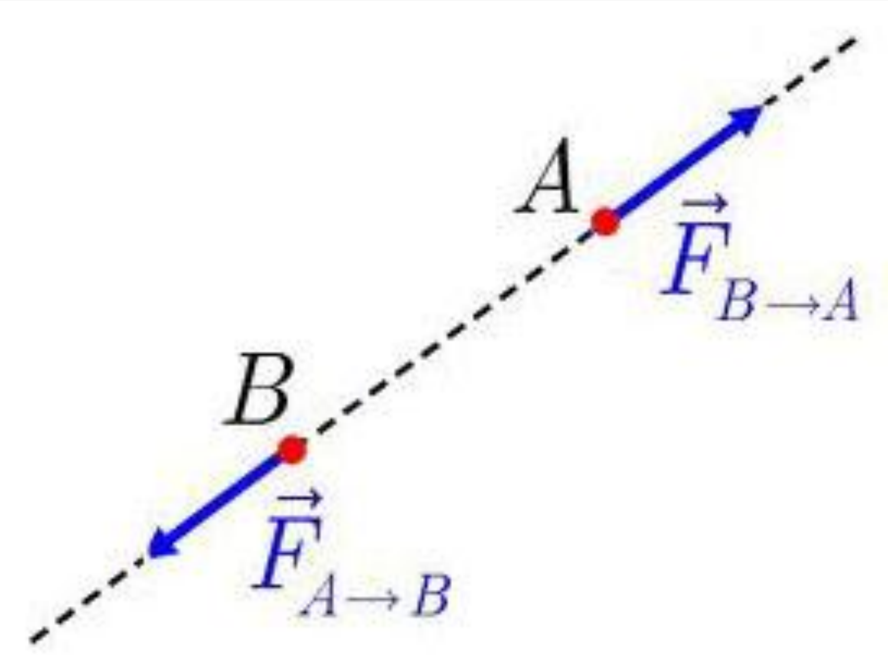
La direzione e il verso dell'accelerazione sono la stessa direzione e lo stesso verso della forza risultante che agisce sull'oggetto

https://app.jove.com/embed/player?id=12646&t=1&s=1&fpv=1

TERZA LEGGE DELLA DINAMICA (PRINCIPIO DI AZIONE E REAZIONE)

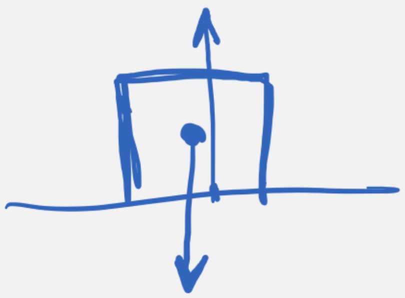


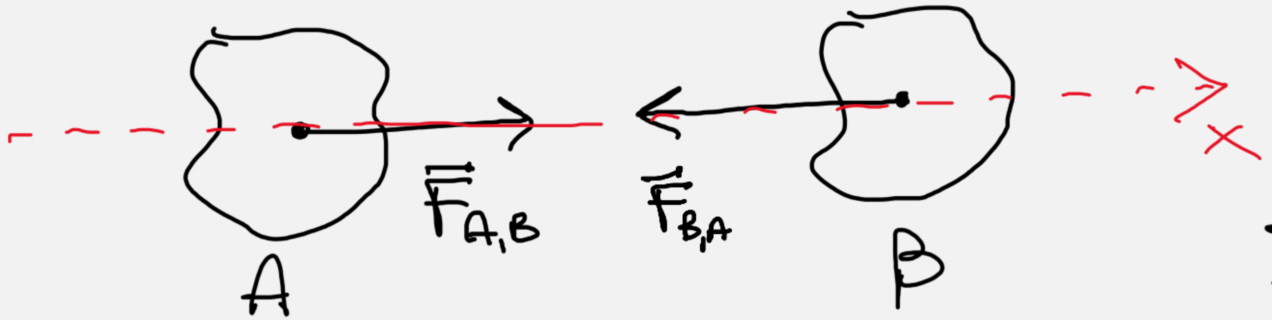
Se un corpo A esercita una forza $\vec{F}$ su un corpo B, allora B eserciterà su A una forza di uguale modulo e direzione, ma verso opposto.



COPPIA DI FORZE: forza di azione e forza di reazione.

Quando un oggetto esercita una forza su un secondo oggetto, il secondo esercita una forza uguale in modulo e direzione, ma di verso opposto, sul primo





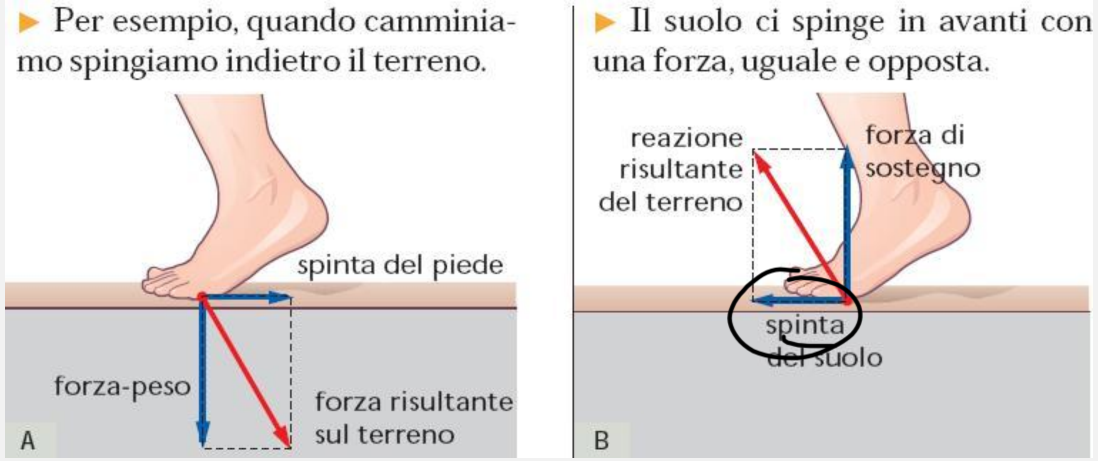
INTERAZIONE
ATTRATTIVA

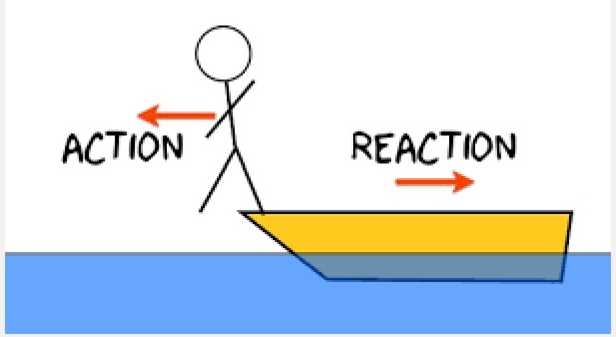
$$\vec{F}_{A,B} = -\vec{F}_{B,A}$$

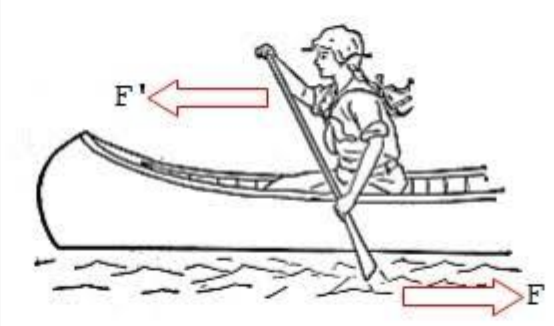
INTERAZIONE
REPULSIVA

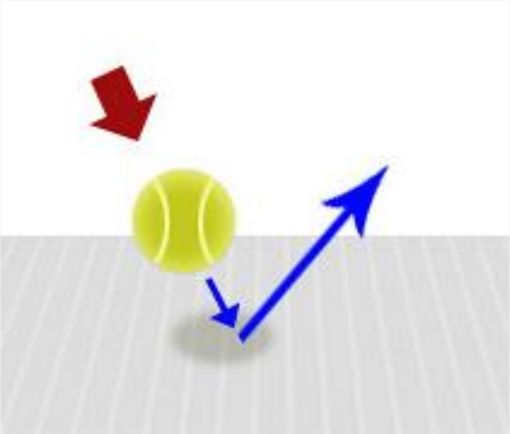
$$F_{A,B} = -\vec{F}_{B,A}$$

TERZA LEGGE DELLA DINAMICA (PRINCIPIO DI AZIONE E REAZIONE)





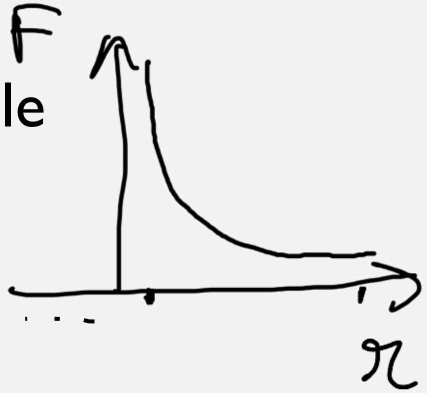


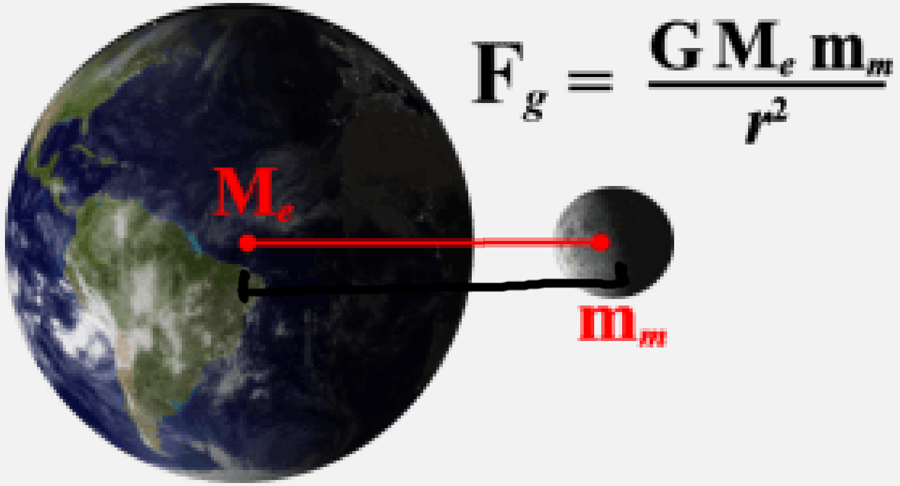


ESEMPI DI FORZE
LEGGE DI GRAVITAZIONE UNIVERSALE E FORZA PESO

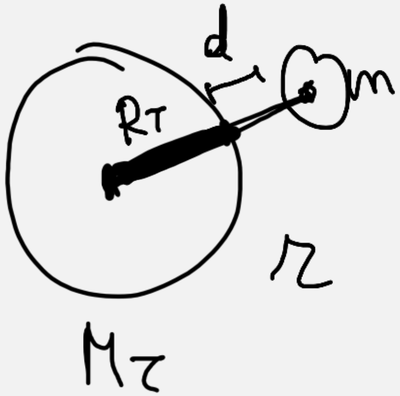
$$\boxed{\vec{F} = G\frac{m_A m_B}{r^2}}$$

$G \cong 6.67 \times 10^{-11} \dfrac{N \cdot m^2}{Kg^2}$ G = costante gravitazionale





Corpo in prossimità della superficie terrestre: la distanza fra il corpo e il centro della Terra è praticamente identica al valore medio del raggio terrestre $R_T = 6.37 \cdot 10^6\ m$.
La massa terrestre è $M_T = 5.97 \cdot 10^{24}\ kg$



$R_T \gg d$

$$F = G\frac{M_T m}{R_T^2} = m\left(\frac{GM_T}{R_T^2}\right)$$

Valori costanti per qualsiasi corpo in prossimità della superficie terrestre

ESEMPI DI FORZE
LEGGE DI GRAVITAZIONE UNIVERSALE E FORZA PESO

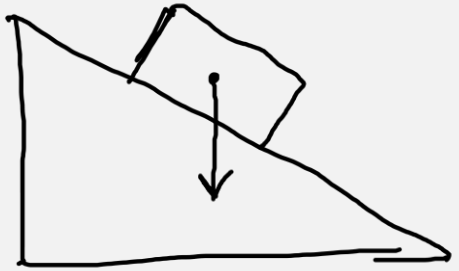
$$\frac{GM_T}{R_T^2} = g$$

Campo gravitazionale $\vec{g} \rightarrow \vec{a}$ vicino alla superficie terrestre

Quanti N di forza gravitazionale sono esercitati su un corpo per ogni kg di massa del corpo

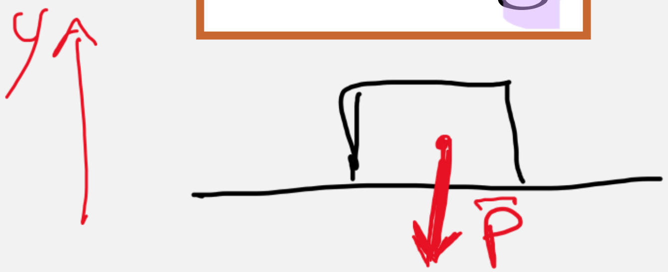
$$g = \frac{GM_T}{R_T^2} = \left[\frac{(6.674\cdot10^{-11}Nm^2kg^{-2})\cdot(5.97\cdot10^{24}kg)}{(6.37\cdot10^6 m)^2}\right] \approx 9.8\,N/kg = 9.8\,m/s^2$$

$$\frac{\cancel{kg}\cdot m/s^2}{\cancel{kg}}$$



$$F = m\underbrace{\left(\frac{GM_T}{R_T^2}\right)} = mg$$

$$\boxed{\vec{P} = m\vec{g}}$$



La FORZA PESO (o PESO) è la forza relativa all'attrazione gravitazionale esercitata dalla Terra sui corpi in vicinanza della superficie terrestre; è diretta secondo la verticale (direzione) ed orientata verso il basso (verso).

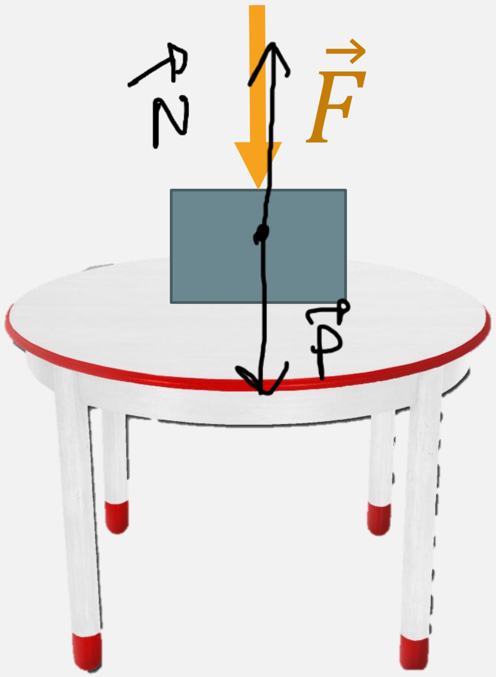
PESO: grandezza vettoriale.

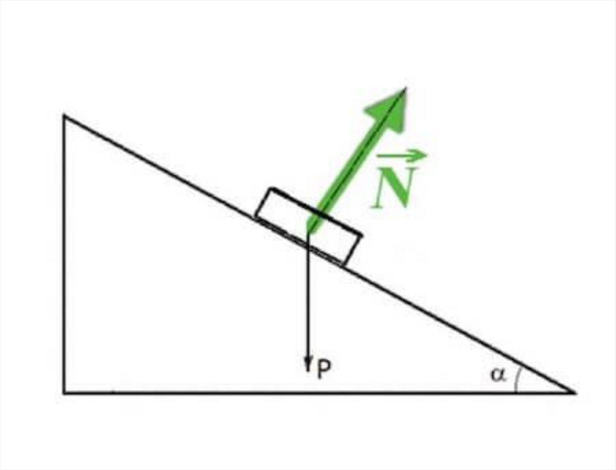
MASSA: grandezza scalare, caratteristica del corpo, il cui valore non dipende dalla posizione di altri oggetti che gli sono attorno.

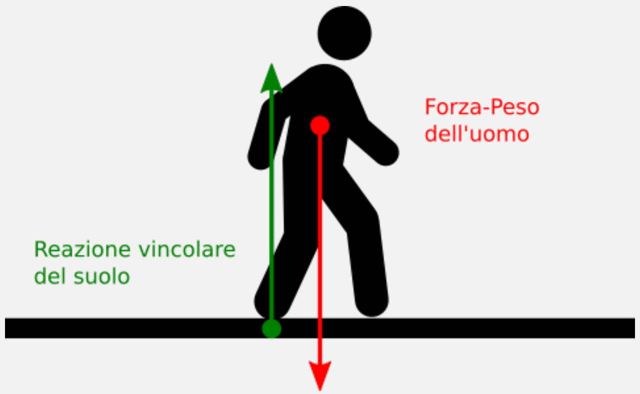
ESEMPI DI FORZE

REAZIONE VINCOLARE (O FORZA NORMALE)

$\vec{R}_V$ $\vec{N}$





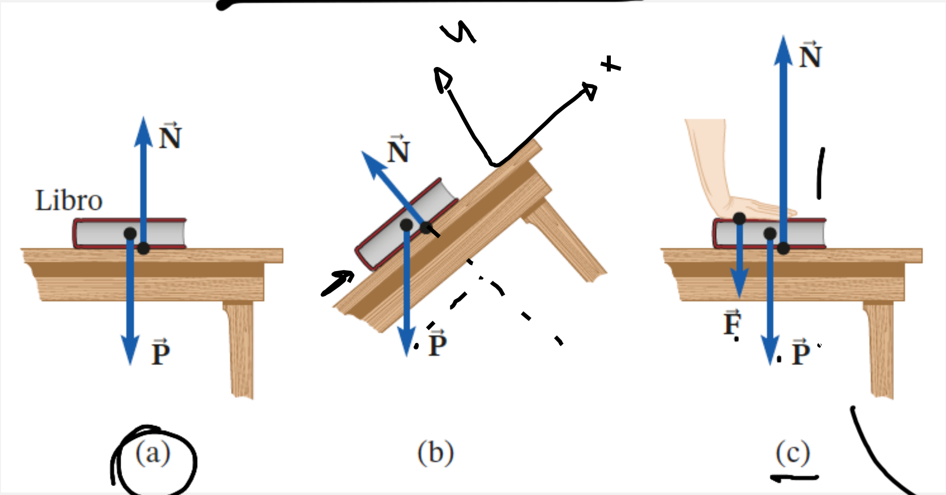


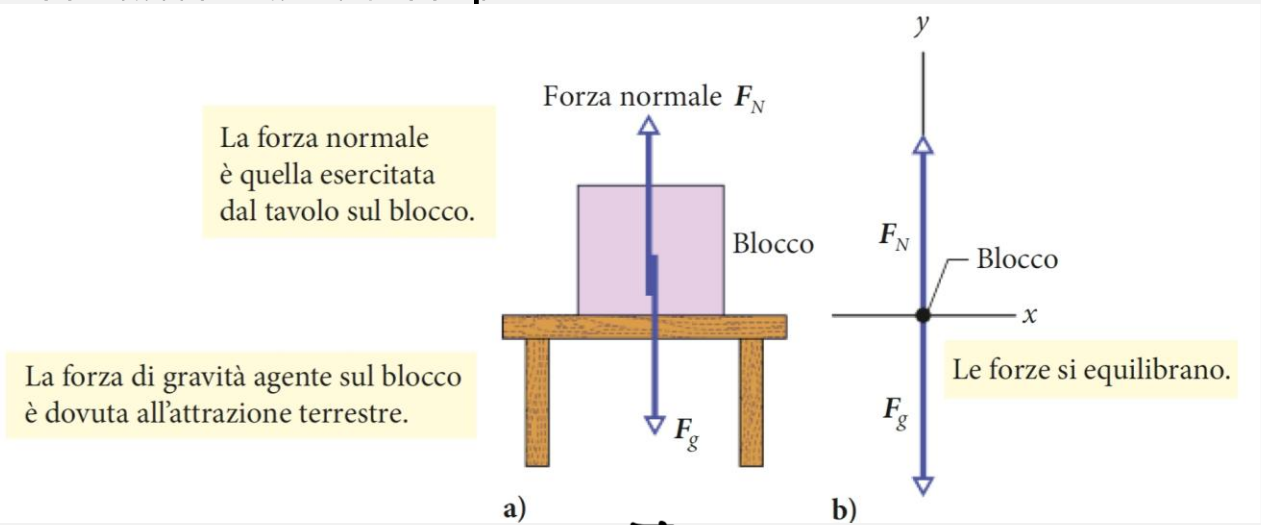
I vincoli cui è soggetto il corpo possono esercitare essi stessi delle forze.
L'azione del vincolo è rappresentata da una forza detta reazione vincolare.

ESEMPI DI FORZE
REAZIONE VINCOLARE (O FORZA NORMALE)

FORZA VINCOLARE DI APPOGGIO

Forza che agisce perpendicolarmente alla superficie di contatto fra due corpi





$\Sigma \vec{F} = 0$ EQUILIBRIO

La forza normale ha sempre direzione perpendicolare alla superficie di contatto e la sua intensità può essere ricavata solo dopo aver analizzato tutte le altre forze in gioco

la reazione vincolare è sempre ortogonale alla superficie che costituisce il vincolo ed è uscente da essa

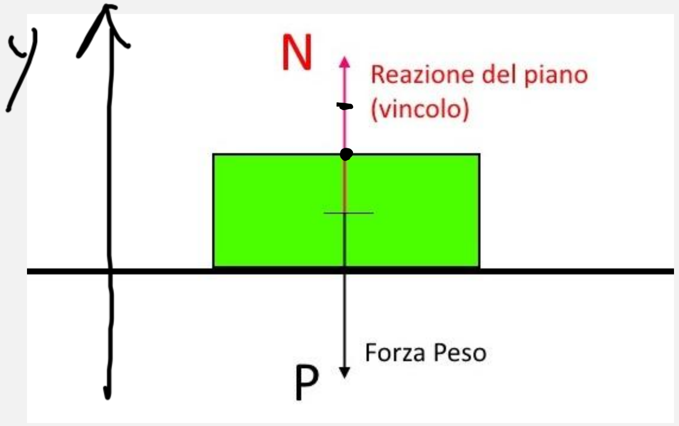
https://app.jove.com/embed/player?id=12651&t=1&s=1&fpv=1

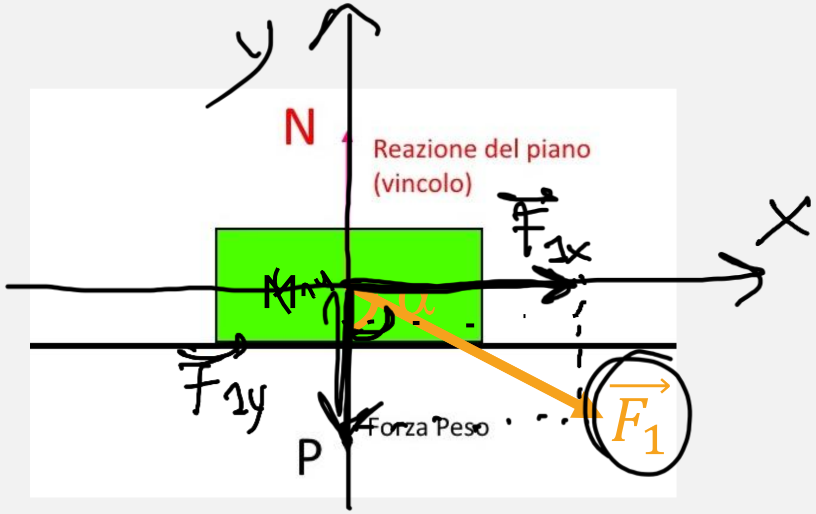
ESEMPI DI FORZE

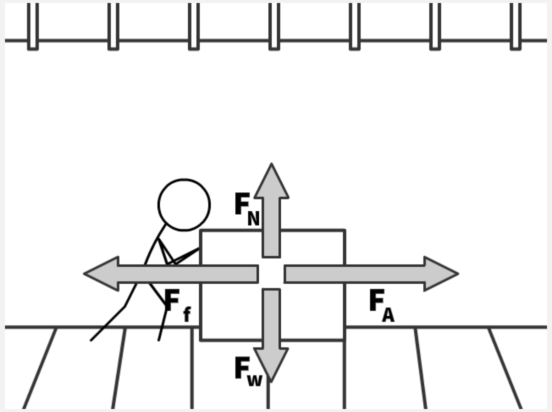
REAZIONE VINCOLARE (O FORZA NORMALE)

FORZA VINCOLARE DI APPOGGIO

Forza che agisce perpendicolarmente alla superficie di contatto fra due corpi







Il corpo è in equilibrio, quindi la somma delle forze che agiscono su di esso sarà pari a zero:

$$\Sigma \vec{F} = 0$$

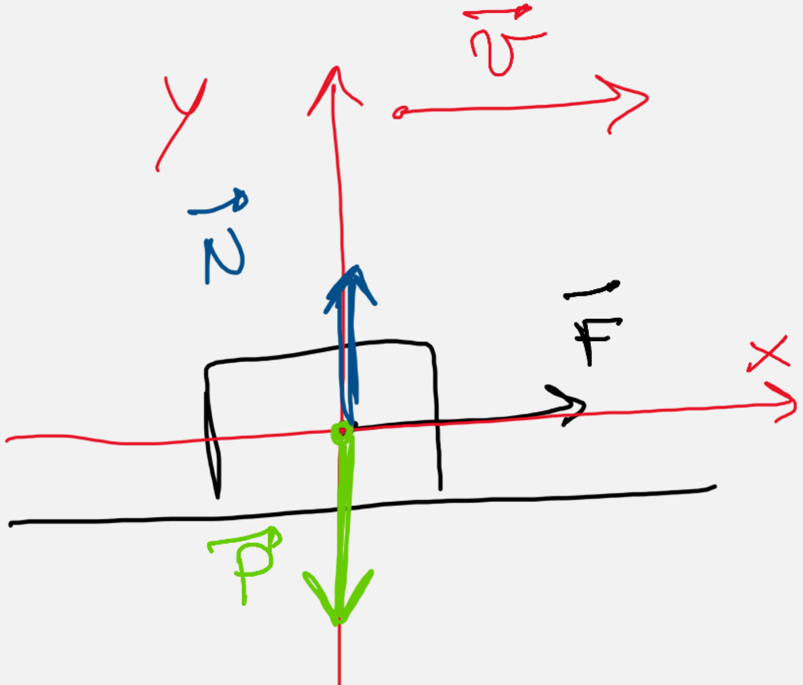
$$\vec{N} + \vec{P} = 0$$
$$\vec{N} = -\vec{P}$$
$$\vec{N} = -\mathrm{m}\vec{g}$$

Oltre alla forza peso, c'è una forza esterna $\vec{F_1}$ che è obliqua e forma una angolo α con l'asse verticale:

Se il corpo è in equilibrio, la reazione vincolare sarà data dalla somma di forza peso e componente verticale di $\vec{F_1}$:

$$\Sigma \vec{F} = 0$$

$$|\vec{N}| = F_1 \cos\alpha + P$$



$m = 1\,kg$

$\mu = 0$

$\vec{F} = 2N$

$\boxed{\vec{a} = ?}$

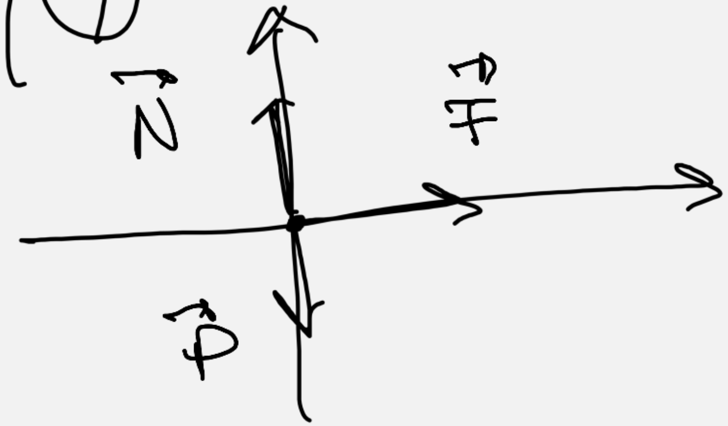
$\vec{N} = ?$

$$\boxed{\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}} \qquad (1)$$

$$\underbrace{\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}}_{\Sigma \vec{F}} = m \cdot \vec{a} \qquad (2)$$

$$(3) \begin{cases} (x) : \vec{F} = m \cdot \vec{a}_x \\ (y) : \vec{P} + \vec{N} = m \cdot \cancel{\vec{a}_y} = 0 \end{cases}$$

$$(4) \begin{cases} (x) : F = m \cdot a_x \\ (y) : -P + N = 0 \end{cases}$$



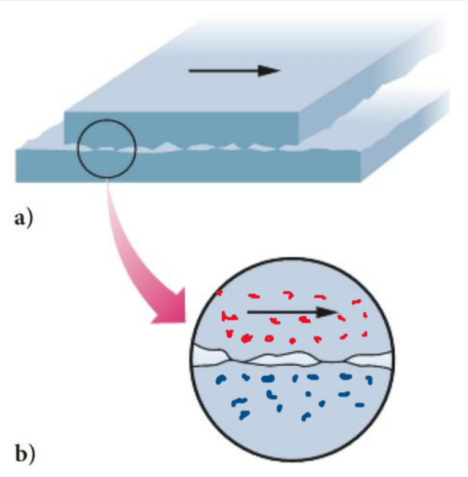
$$\begin{cases} a_x = \dfrac{F}{m} = \dfrac{2N}{1\,kg} = \underline{2\ m/s^2} \\ N = P = m \cdot g = 1 \cdot 10 = 10\,N \end{cases}$$

ESEMPI DI FORZE

FORZA DI ATTRITO STATICO

FORZE DI COESIONE

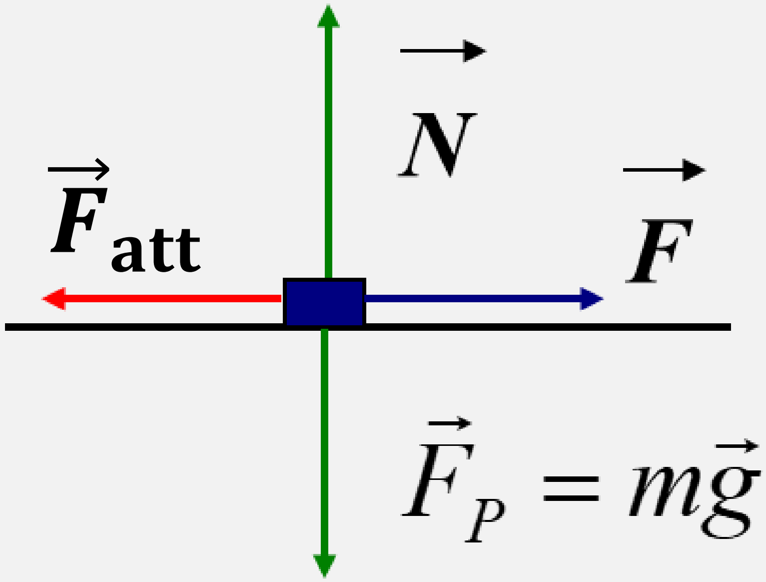
FORZE DI ADESIONE



Forza che agisce parallelamente alla superficie di contatto e si oppone al movimento di un **corpo fermo rispetto alla superficie**

Corpo su piano orizzontale sottoposto a una forza $\vec{F}$ ma non si muove: $\vec{F} = \overrightarrow{A_S}$

$$\vec{F} \leq \vec{\mathrm{F}}_{\mathrm{att}\,max} = \mu_S \overrightarrow{F_P} = \mu_S \vec{N}$$



$$\boxed{0 \leq \vec{F}_{att} \leq \mu_S \cdot N}$$

Piano di appoggio orizzontale:

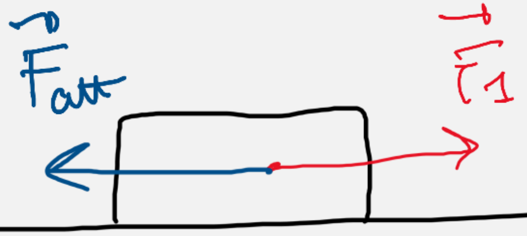
$$\left|\vec{F}_P\right| = \left|\vec{N}\right| = mg \qquad \vec{F}_P = -\vec{N}$$

$$\boxed{\mathrm{F}_{\mathrm{att}} = \mu_s \mathrm{N}}$$

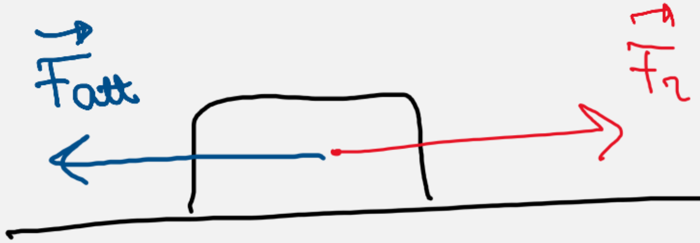
QUIETE $\Rightarrow \Sigma \vec{F} = 0$

$F_{att} = \boxed{0}$

$F_{att} = F_1$



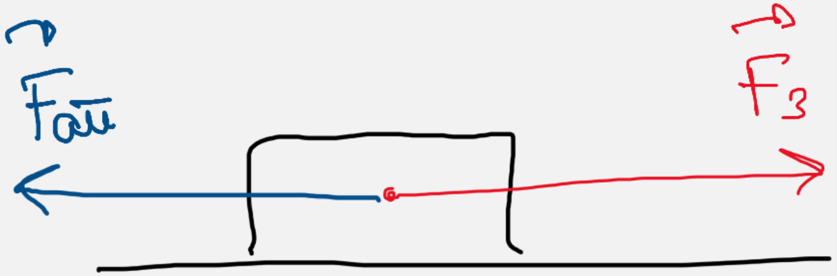
$F_{att} = F_2$

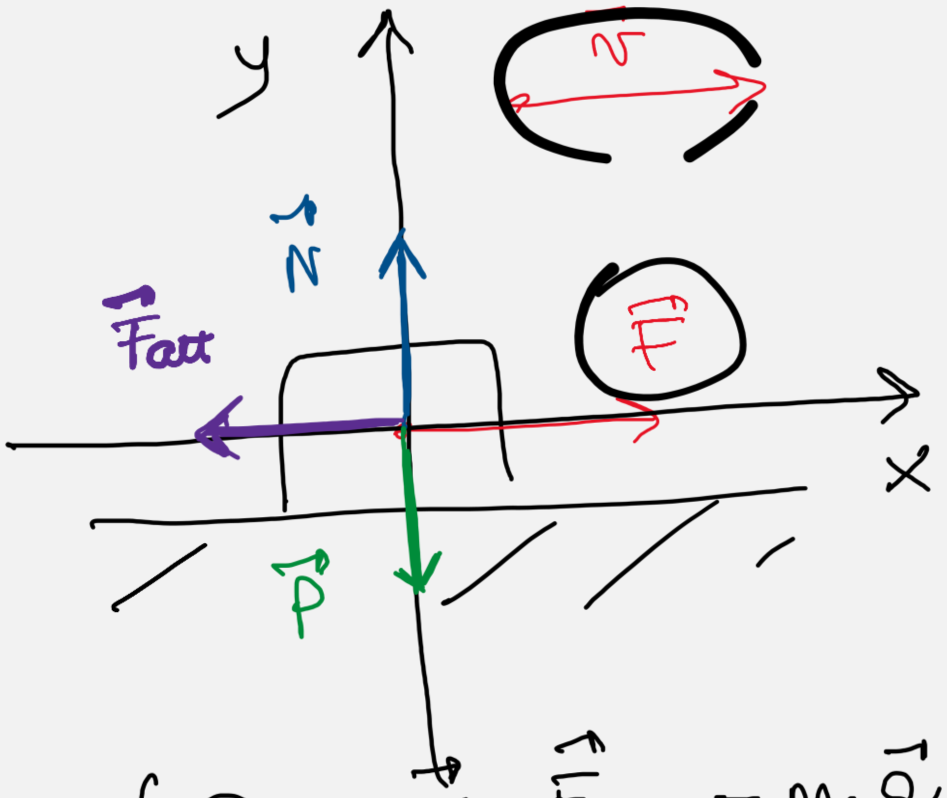


$F_{att} = F_3$

LIMITE !!!

$\mu_s \cdot N = F_{att_{MAX}}$





$m = 1\ kg$

$\mu_s = 0{,}5$

$F = 12\,N$

$\vec{a} = ?$

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

$$\vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{att} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

$$\boxed{\vec{F}_{att} = \mu_s \cdot \vec{N}}$$

$$\begin{cases} x: \ \vec{F} + \vec{F}_{att} = m \cdot \vec{a}_x \\ y: \ \vec{P} + \vec{N} = m \cdot \cancel{\vec{a}_y} = 0 \end{cases} ; \quad \begin{cases} F - F_{att} = m \cdot a_x \\ -P + N = 0 \end{cases} ; \quad \begin{cases} F - (\mu_s \cdot N) = m \cdot a_x \\ N = P = m \cdot g = 1 \cdot 10 = 10\,N \end{cases}$$

$$a_x = \frac{F - (\mu_s \cdot N)}{m} = \frac{12 - (0{,}5 \cdot 10)}{1} = \underline{7\ m/s^2}$$

FORZA DI ATTRITO STATICO

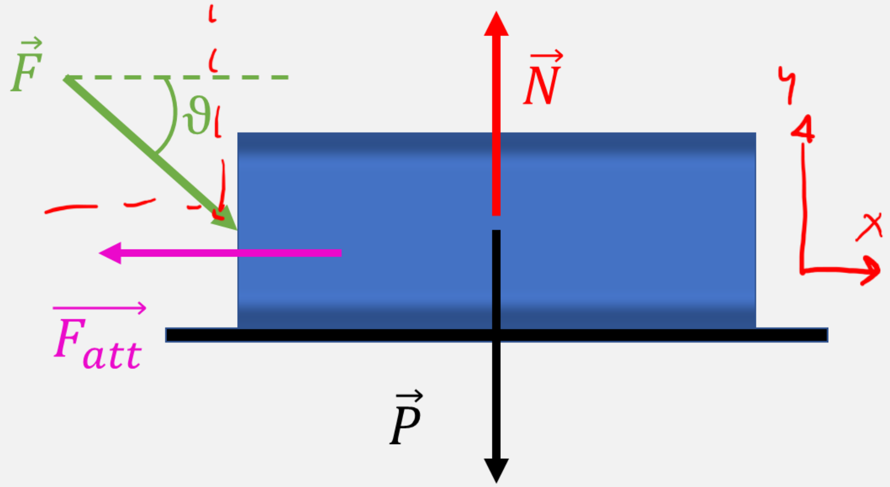
Equilibrio → la risultante delle forze è pari a 0 $\sum \vec{F} = 0$

Lungo l'asse x → componente della forza peso orizzontale ($F \cos\theta$) e forza di attrito ($\overrightarrow{F_{att}}$)

$$F\cos\theta - F_{att} = 0$$

Lungo l'asse y → reazione vincolare e componente della forza peso verticale ($F_g \sin\theta$):

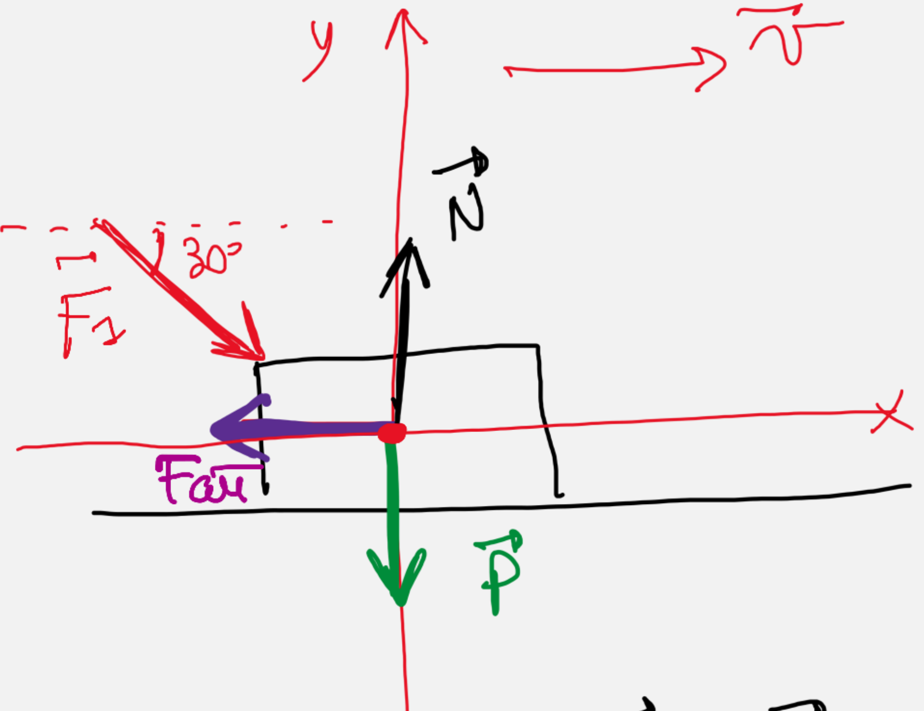
$$mg + F\,sin\,\theta - N = 0 \rightarrow F\,sin\,\theta + mg = N$$



$\Sigma F_x = m a_x = 0$

$\Sigma F_y = m a_y = 0$

$$\mu_s = \frac{F_{att}}{N} \qquad \mu_s = \frac{F\cos\theta}{F\sin\theta + mg}$$

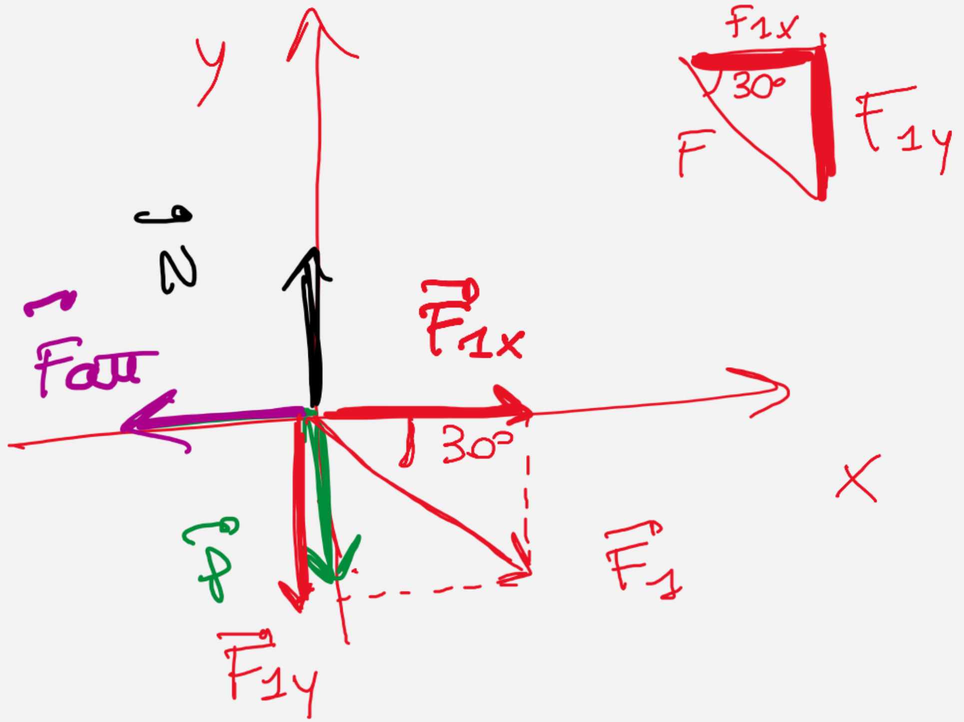


$m = 20\ kg$

$\mu_s = 0{,}5$

$\vec a = 0$

$\vec F_1 = ?$



$$\vec N + \vec{F}_{at} + \vec P + \vec F_1 = 0$$

$$\Sigma \vec F = 0$$

$$\begin{cases} x: \ \vec F_{1x} + \vec F_{at} = 0 \\ y: \ \vec N + \vec P + \vec F_{1y} = 0 \end{cases} ; \qquad \begin{cases} x: \ F_1 \cdot \cos 30° - (\mu \cdot N) = 0 \\ y: \ N - P - (F_1 \cdot sen\, 30°) = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x: \ F_1 \cos 30° = \mu \cdot N \\ y: \ \underline{N} = P + (F_1 \cdot sen\, 30°) \end{cases} ; \qquad \begin{cases} \underline{F_1 \cdot \cos 30° = \mu \cdot (P \cdot F \cdot sen\, 30°)} \\ u \end{cases}$$

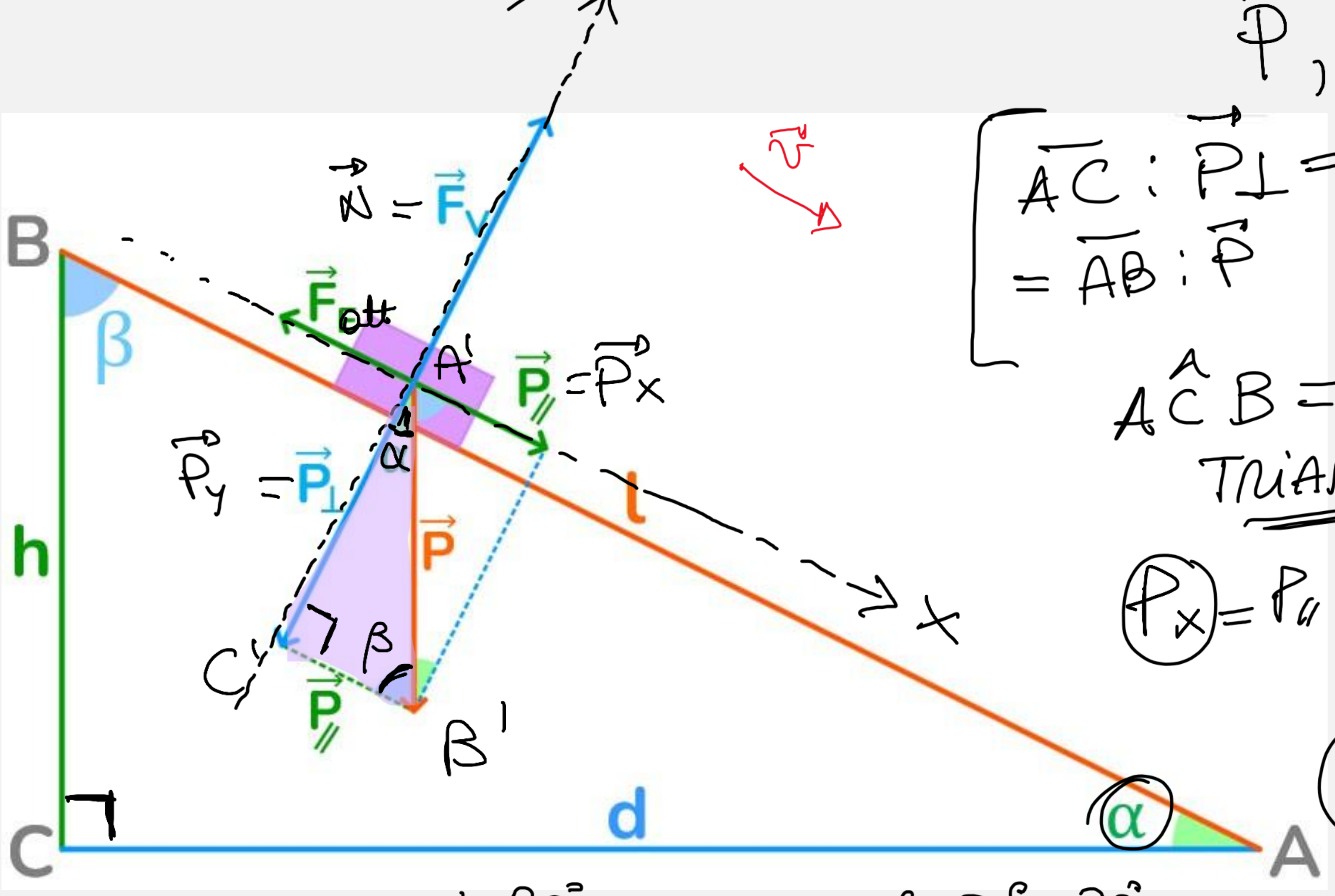
$$F_1 \cdot \cos 30° = \mu \cdot P \underbrace{+ \mu \cdot F_1 \cdot \operatorname{sen} 30°}$$

$$F_1 \cdot \cos 30° - \mu \cdot F_1 \cdot \operatorname{sen} 30° = \mu \cdot P$$

$$F_1 \left(\cos 30° - \mu \cdot \operatorname{sen} 30° \right) = \mu \cdot P$$

$$F_1 = \frac{\mu \cdot P}{\cos 30° - \mu \cdot \operatorname{sen} 30°} = \frac{0{,}5 \cdot 20 \cdot 10}{0{,}616} = \underline{\underline{162\ N}}$$

PIANO INCLINATO



$\vec{P}, \vec{F}_{att}, \vec{N}$

$$\boxed{\overline{AC} : \vec{P}_{\perp} = \overline{BC} : \vec{P}_{\parallel} = \overline{AB} : \vec{P}}$$

$$A\hat{C}B = A'\hat{C'}B' = 90^\circ$$

TRIANGOLI SIMILI

$$P_x = P_{\parallel} = P \cdot \operatorname{sen}\alpha = P \cdot \cos\beta$$

$$P_y = P_{\perp} = P \cdot \cos\alpha = P \cdot \operatorname{sen}\beta$$

180°

$\alpha = 30^\circ$

$\beta = 180^\circ - 90^\circ - 30^\circ =$

Esempio

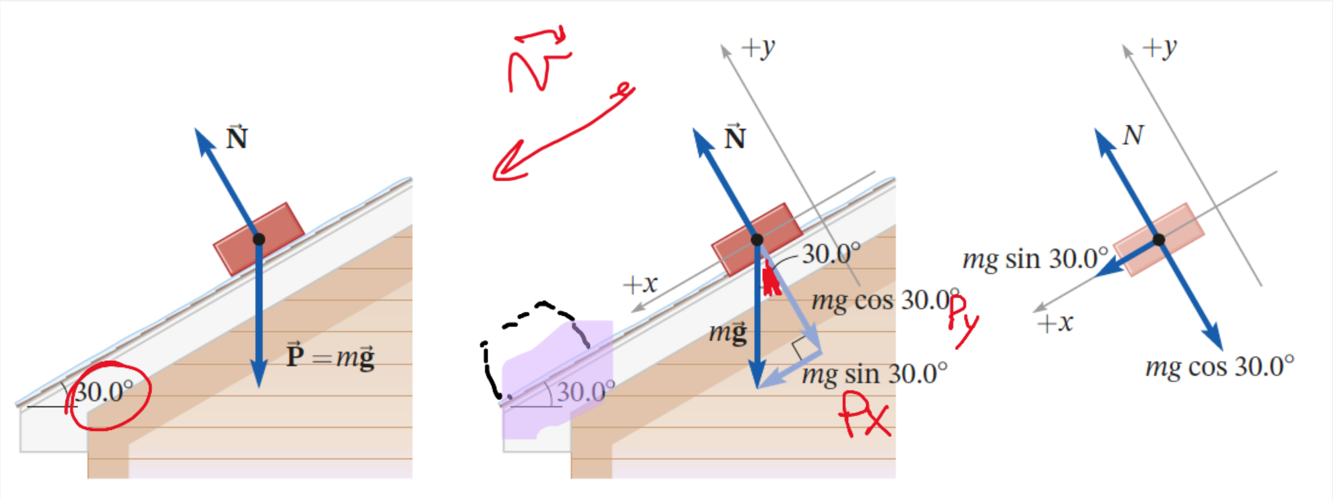
Un mattone con massa pari a 1kg scivola sulla superficie ghiacciata di un tetto, inclinato di 30°. Se il mattone parte da fermo, che velocità avrà dopo 0.9s, quando cioè avrà raggiunto il bordo del tetto? Si trascuri l'attrito.

$m = 1\ kg$

$\alpha = 30°$

$v_0 = 0$

$v = ?\qquad t = 0{,}9\ s$



(a) (b) (c)

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

$$\vec{N} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

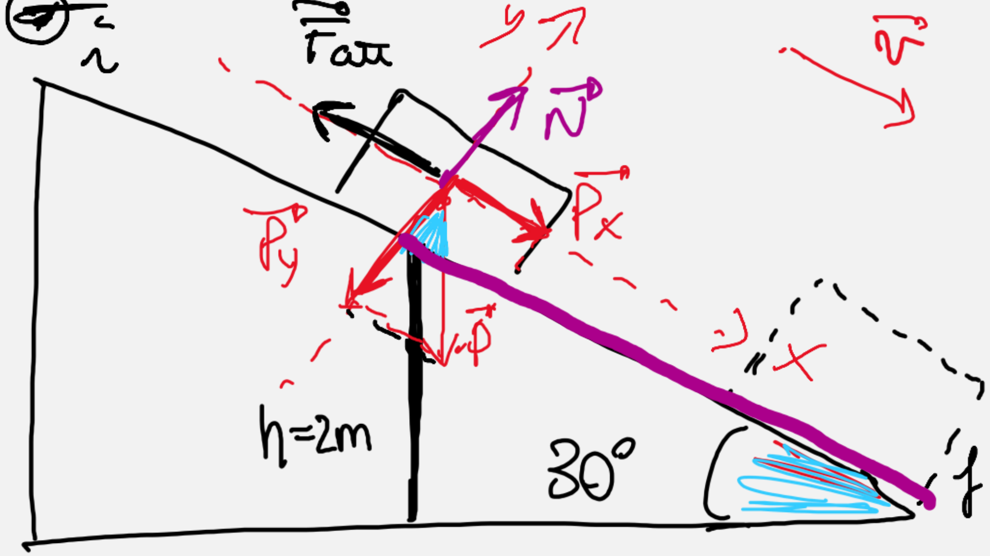
$$\begin{cases} x:\ P_x = m \cdot a_x \\ y:\ N - P_y = m \cdot \cancel{a_y} = 0 \end{cases}$$

MRUA

$$\begin{cases} \vec{r} = \cancel{\vec{r}_0} + \cancel{\vec{v}_0} t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 \\ \vec{v} = \cancel{\vec{v}_0} + \vec{a}t \end{cases}$$

$$a_x = \frac{P_x}{m} = \frac{\cancel{m} \cdot g \cdot \text{sen}\,30°}{\cancel{m}} = 10 \cdot \frac{1}{2} = 5\ m/s^2$$

$$v = a \cdot t = 5 \cdot 0{,}9 = 4{,}5\ m/s$$



$m = 0{,}1\ kg$

$\alpha = 30°$

$h = 2\ m$

$v_0 = 2\ m/s$

1 $v_f = ?$ (base, senza attrito)

→ 2 $v_f = ?$ (base, $\mu = 0{,}2$) $\boxed{MRUA}$

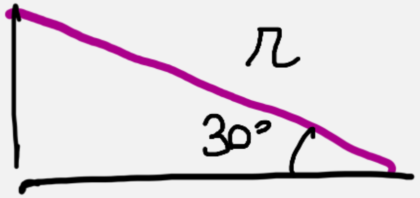
→ $\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a}$

$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_{att} = m \cdot \vec{a}$

$$\begin{cases} x: \vec{F}_{att} + \vec{P}_x = m \cdot \vec{a}_x \\ y: \vec{N} + \vec{P}_y = m \cdot \cancel{\vec{a}_y} = 0 \end{cases} ; \quad \begin{cases} x: -(\mu \cdot N) + (P \cdot \text{sen}\,30°) = m \cdot a_x \\ y: N = P_y = P \cdot \cos 30° = m \cdot g \cdot \cos 30° = \\ \quad = 0{,}1 \cdot 10 \cdot \cos 30 = 0{,}86\ N \end{cases}$$

$$a_x = \frac{-(\mu \cdot N) + (m \cdot g \cdot \text{sen}\,30°)}{m} = \frac{-(0{,}2 \cdot 0{,}86) + (0{,}1 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2})}{0{,}1} = 3{,}28\ m/s^2$$

→ 2



$r = \frac{2}{\text{sen}\,30°} = \frac{2}{0{,}5} = 4\ m$

$c_2 = i_r \cdot \text{sen}\,30°$

MRUA

$$\begin{cases} \vec{r} = \cancel{\vec{r}_0} + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2}\vec{a}t^2 \\ \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \end{cases}$$

$r_0 = 0$

$r = i$

$$4 = 0 + 2 \cdot t + \cancel{\frac{1}{2}} \cdot \overset{1,64}{\cancel{3,28}} \cdot t^2$$

$$1,64t^2 + 2t - 4 = 0$$

$$t_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-2 \pm \sqrt{4 + 26,24}}{3,28} = \begin{cases} \cancel{t_1 = -2,28\,s} \\ t_2 = 1,06\,s \end{cases}$$

$$[v \quad \mu = 0,2]$$

$$v = 2 + 3,28 \cdot 1,06 = 5,47\ m/s$$

② v_f ? $\mu = 0$

$$\begin{cases} \vec{P_x} = m \cdot \vec{a}_x \\ \vec{P_y} + \vec{N} = m \cdot \cancel{\vec{a}_y} = 0 \end{cases} \; ; \; \begin{cases} \cancel{m} \cdot g \cdot \text{sen}\, 30° = \cancel{m} \cdot a_x \\ N = P_y = m \cdot g \cdot \cos 30° \end{cases}$$

$$a_x = g \cdot \text{sen}\, 30° = 10 \cdot \frac{1}{2} = 5 \text{ m/s}^2$$

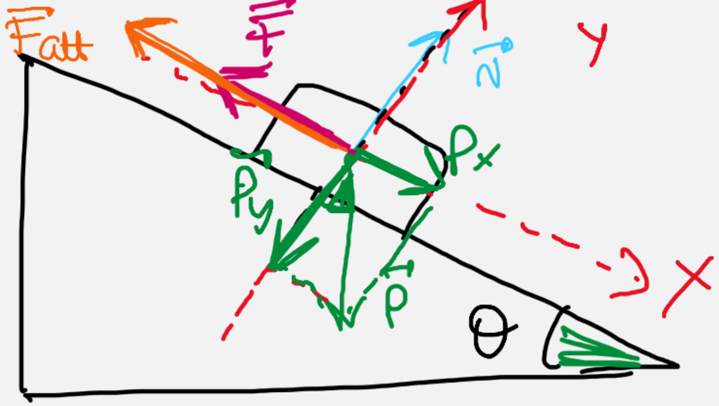
$$\vec{r} = \cancel{\vec{r}_0} + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$$

$$4 = 2 \cdot t + \frac{1}{\cancel{2}} \cdot 5 \cdot t^2$$

$$5t^2 + 4t - 8 = 0 \longrightarrow \begin{array}{l} \cancel{t_1 = -1{,}72 \text{ s}} \\ t_2 = 0{,}92 \text{ s} \end{array}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 t + \vec{a} t$$

$$v = 2 \cdot 0{,}92 + (5 \cdot 0{,}92) = 6{,}6 \text{ m/s}$$



$m = 8\,kg$ $\quad \mu_s = 0{,}25$

$\theta = 22^\circ$ $\quad \mu_d = 0{,}15$

$\vec{F} = ?$ che impedisce al corpo di cadere

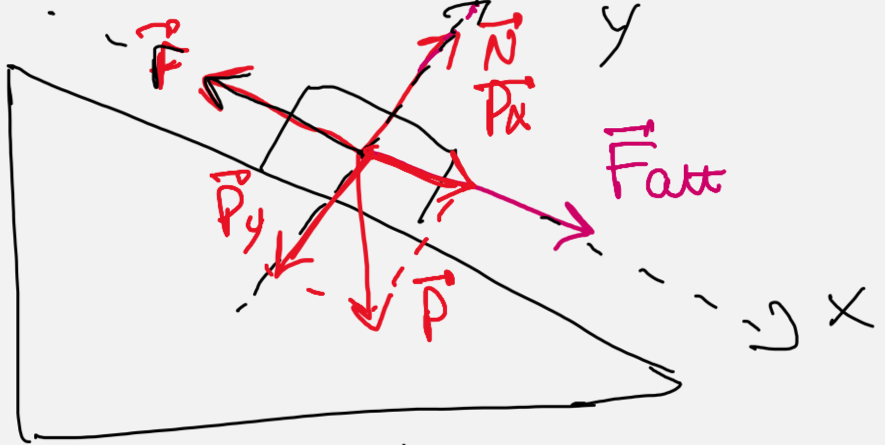
$$\sum \vec{F} = 0$$

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

$$\begin{cases} x: \ \vec{P}_x + \vec{F}_{att_s} + \vec{F} = 0 \\ y: \ \vec{N} + \vec{P}_y = 0 \end{cases} ; \quad \begin{cases} x \ \ m \cdot g \cdot sen\,22^\circ - (\mu_s \cdot N) - F = 0 \\ y \ \ N = P_y = m \cdot g \cdot \cos \cdot 22^\circ \end{cases}$$

$$F = m \cdot g \cdot sen\,22^\circ - (\mu_s \cdot m \cdot g \cdot \cos 22^\circ) = 8 \cdot 10 \cdot sen\,22^\circ - (0{,}25 \cdot 10 \cdot 8 \cdot \cos 22^\circ)$$

$$= 11\,N$$



F? per fare muovere il corpo

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$\Sigma \vec{F} > 0 \qquad \boxed{\Sigma F = 0}$$

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

$$\begin{cases} \vec{P}_x + \vec{F}_{att} + \vec{F} = 0 \\ \vec{N} + \vec{P}_y = 0 \end{cases} ; \quad \begin{cases} P_x - F + F_{att} = 0 \\ N = P_y = m \cdot g \cdot \cos 22^\circ \end{cases} ;$$

$$F = P_x + F_{att} = P \cdot \text{sen}\, 22 + \mu_s \cdot m \cdot g \cdot \cos 22^\circ = 8 \cdot 10 \cdot \text{sen}\, 22^\circ + 0{,}25 \cdot 8 \cdot 10 \cdot \cos 22^\circ = \underline{\underline{47\,N}}$$

F ? per mantenere il corpo in salita con $\underline{\underline{\vec{v} = cost}}$ $(\vec{a} = 0)$

$$\Sigma \vec{F} = 0$$

$$\begin{cases} \vec{P}_x + \vec{F}_{att_D} + \vec{F} = 0 \\ \vec{N} + \vec{P}_y = 0 \end{cases} ; \quad \begin{cases} P_x + F_{att_D} - F = 0 \\ N = P_y = P \cdot \cos 22° \end{cases}$$

$$F = P_x + F_{att_D} = m \cdot g \cdot \operatorname{sen} 22° + (\mu_D \cdot m \cdot g \cdot \cos 22°) =$$

$$= 8 \cdot 10 \cdot \operatorname{sen} 22 + (0{,}15 \cdot 10 \cdot 8 \cdot \cos 22°) = \underline{\underline{39\ N}}$$

ESEMPI DI FORZE

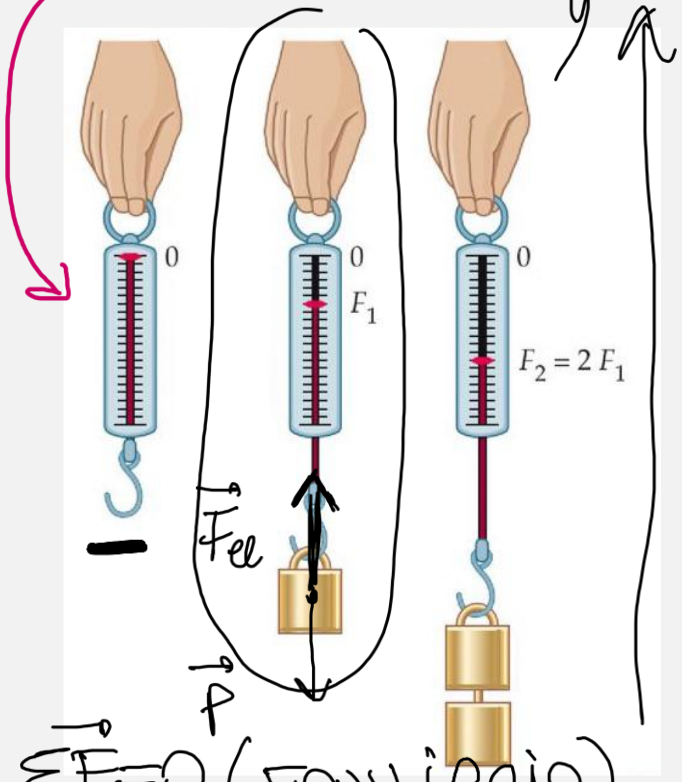
FORZA ELASTICA

Oggetti
- Deformabili (molle, elastici)
- Indeformabili (solido)

Solido : si oppone alla deformazione. È un materiale resistente
- Distanze intra-molecolare
- Distanze inter-molecolare

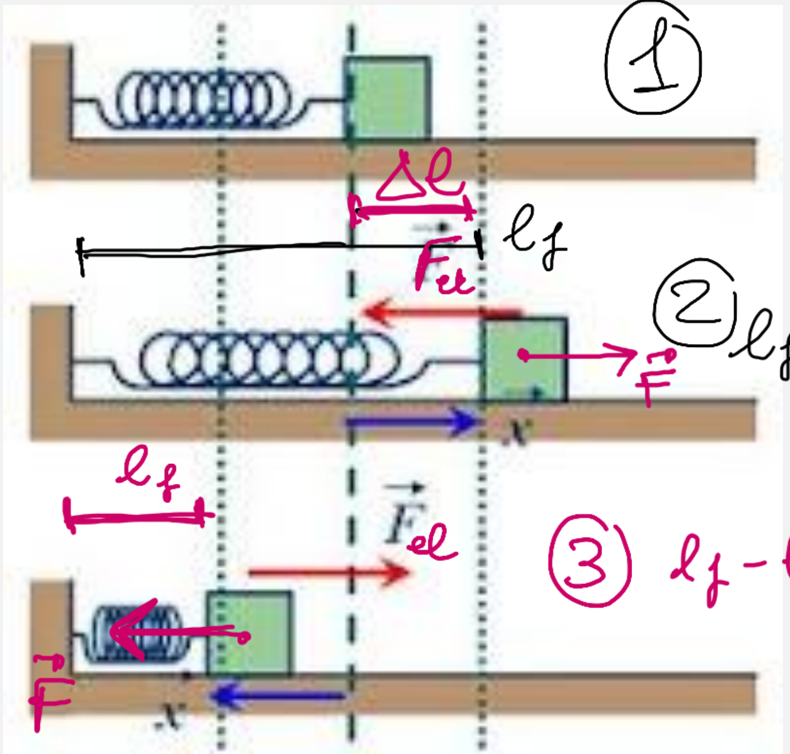
Oggetto ideale per studiare le deformazioni: MOLLA → oggetto alla cui estremità è possibile applicare una forza per farlo deformare

DINAMOMETRO



$\Sigma\vec{F}=0$ (EQUILIBRIO)

l_i



② $l_f - l_i = \Delta l$

③ $l_f - l_i = -\Delta l$

FORZA ELASTICA : reazione che la molla esercita sul corpo per effetto della sua deformazione. È detta anche FORZA DI RICHIAMO.

$$\boxed{\overrightarrow{F_{el}} = -k\overrightarrow{\Delta x}}$$

Legge di Hooke

$\vec{P}+\vec{F}_{el}=0$

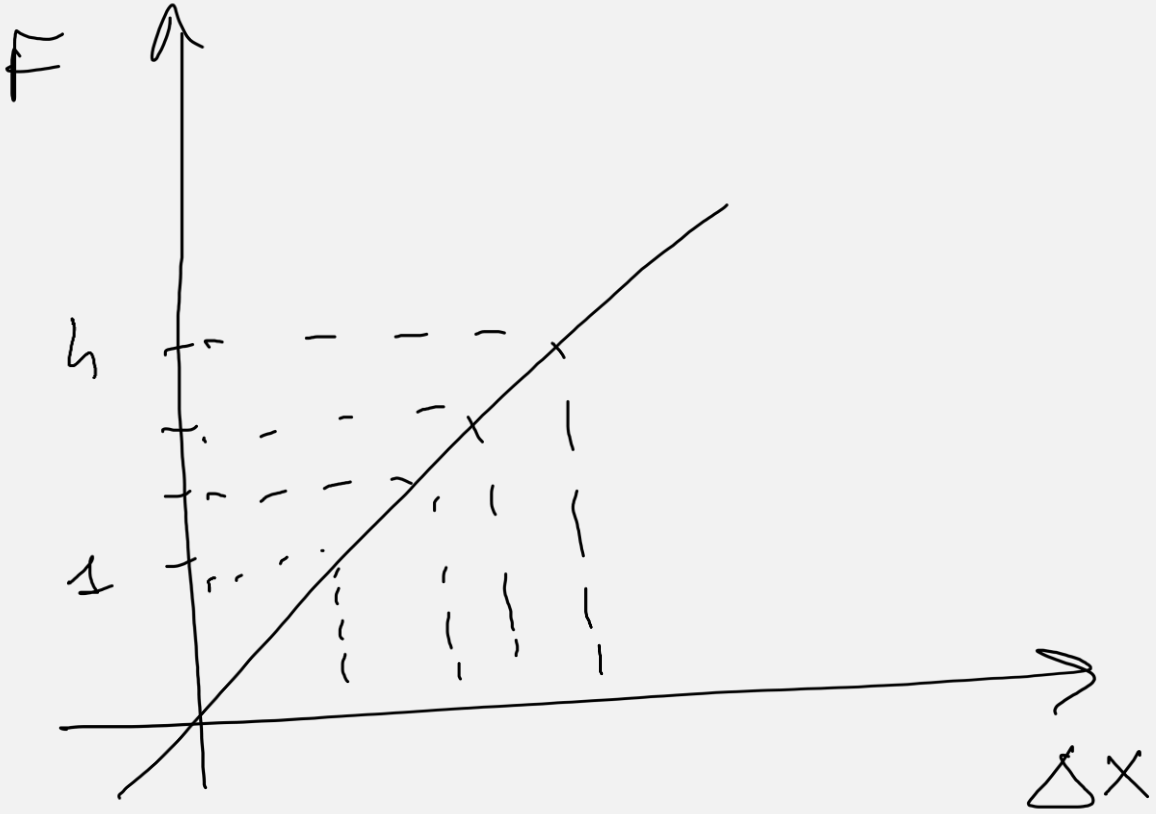
$F_{el}-P=0$

$F_{el}=P=m\cdot g$

ESEMPI DI FORZE

FORZA ELASTICA

L'allungamento prodotto dipende dalla forza applicata: proporzionalità diretta.



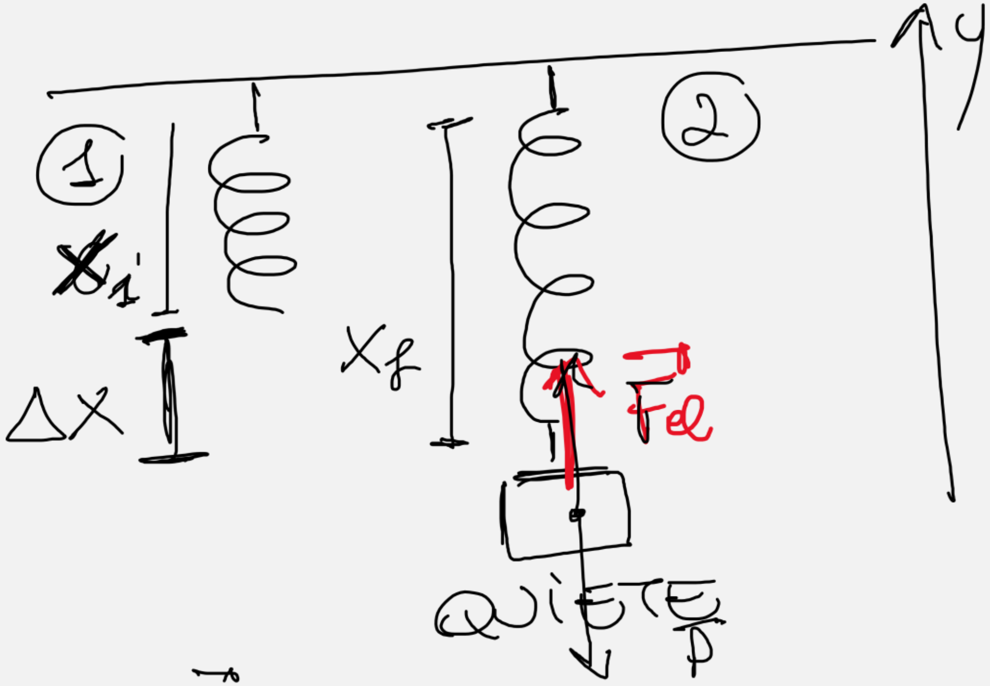
$$\boxed{\overrightarrow{F_{el}} = -k\overrightarrow{\Delta x}}$$

$$y = m \cdot x$$

Modulo: $F_{el} = -k \cdot \Delta x$

Direzione: direzione della deformazione

Verso: opposto allo spostamento Δx



$m = 1\,kg$

$K = 100\,N/m$

$\Delta x = ?$ (allungamento)

$\Sigma \vec{F} = 0$

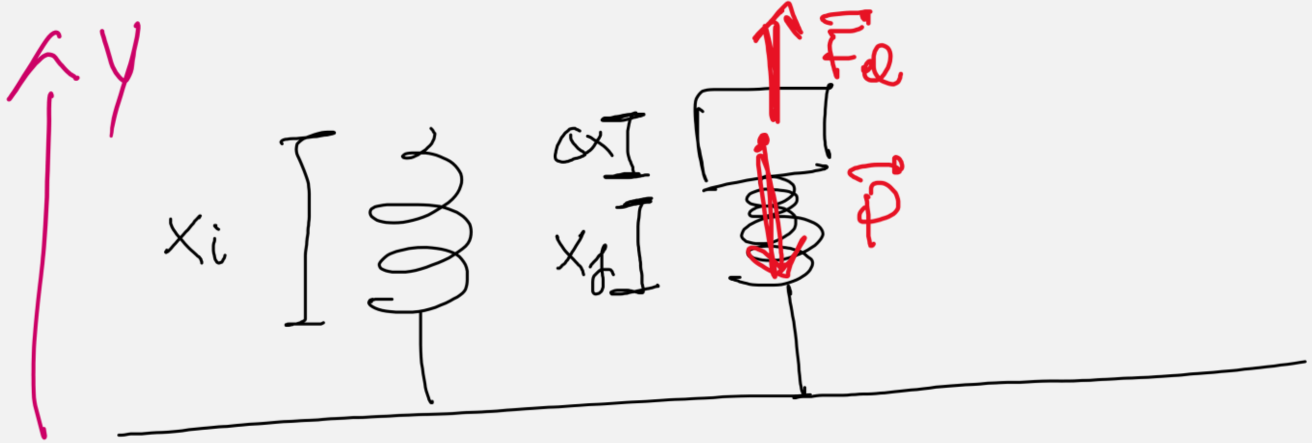
$\vec{P} + \vec{F}_{el} = 0$

$-P + F_{el} = 0$

$F_{el} = P$

$K \cdot \Delta x = m \cdot g$

$\Delta x = \frac{m \cdot g}{K} = \frac{1 \cdot 10}{100} = 0{,}1\,m$



$m = 2\,kg$

$\Delta x = 0{,}05\ m$

$k = ?$

CONDIZIONE DI EQUILIBRIO

$\Sigma \vec{F} = 0$

$\vec{F}_{el} + \vec{P} = 0 \qquad F_{el} = P$

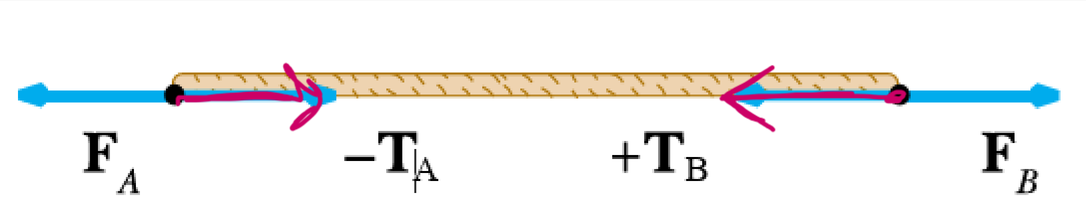
$k \cdot \Delta x = m \cdot g$

$$k = \frac{m \cdot g}{\Delta x} = \frac{2 \cdot 10}{0{,}05} = 400\ N/m$$

ESEMPI DI FORZE

TENSIONE DELLE FUNI

La forza delle funi è di natura elastica: è detta TENSIONE.



Una fune esercita una reazione vincolare contraria alla forza applicata lungo la direzione e verso del filo.

$$\vec{F}_A = -\vec{T}_A \qquad\qquad \vec{F}_B = -\vec{T}_B$$

Una fune supporta forze in tensione, ma non in compressione.

Modulo: dipende dalla forza applicata

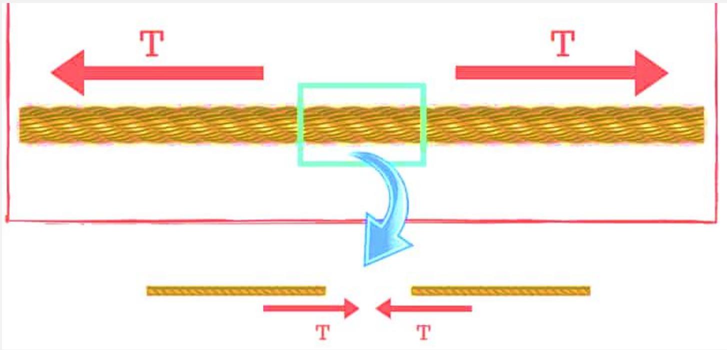
Direzione: direzione della fune

Verso: opposto a quello della forza applicata

ESEMPI DI FORZE

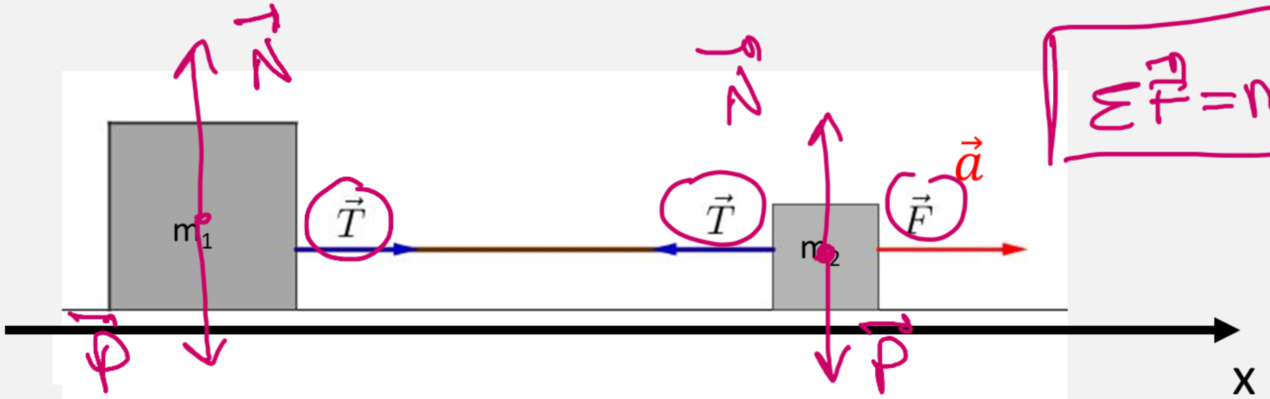
TENSIONE DELLE FUNI

FUNI IDEALI:
- Massa trascurabile
- Inestensibili
- flessibili



$$\sum \vec{F} = 0 \longrightarrow \text{Corpo in quiete}$$

$$\sum \vec{F} = m \cdot \vec{a} \longrightarrow \text{Corpo in movimento}$$



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

- m_1 e m_2 , collegate da una fune ideale.
- Su m_2 è applicata una forza $\vec{F}$ diretta verso destra.
- m_1 avrà una accelerazione $\overrightarrow{a_1}$ e m_2 avrà un'accelerazione $\overrightarrow{a_2}$
- La fune è ideale: non si allunga/accorcia: *il sistema si muove in maniera solidale* → **unica accelerazione per tutto il sistema**

Su m_1 agiscono verticalmente forza peso e reazione vincolare, che si annullano → la risultante verticale è pari a zero

Su m_1 l'unica forza efficace è la tensione:

$$m_1 a = T$$

Su m_2 agiscono verticalmente forza peso e reazione vincolare, che si annullano → la risultante verticale è pari a zero

Su m_2 agiscono $\vec{F}$ e $\vec{T}$, che hanno verso opposto:

$$m_2 a = F - T$$

ESEMPI DI FORZE

TENSIONE DELLE FUNI

Utilizzando le carrucole è possibile modificare la direzione della tensione.

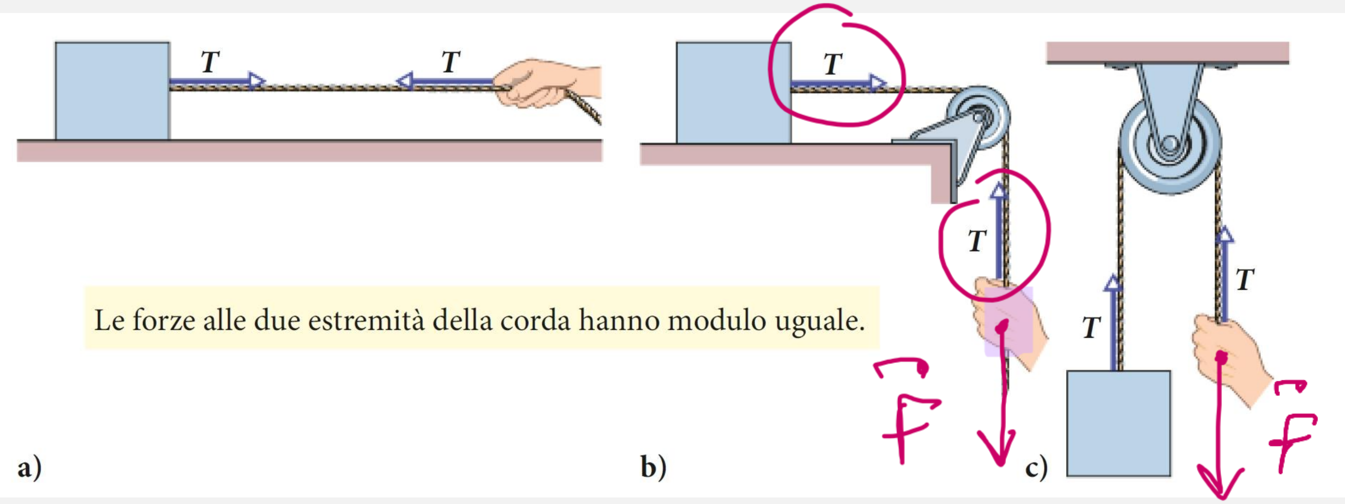
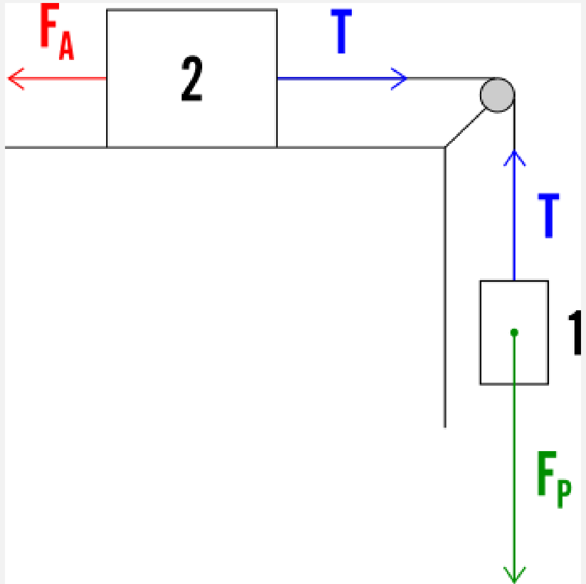


Figura 5.9 a) La corda, ben tesa, è in tensione. Se la sua massa è trascurabile, la corda tira il corpo e la mano con una forza ***T***, anche se la corda scorre attorno a una carrucola priva di massa e di attrito come in **b)** e in **c)**.

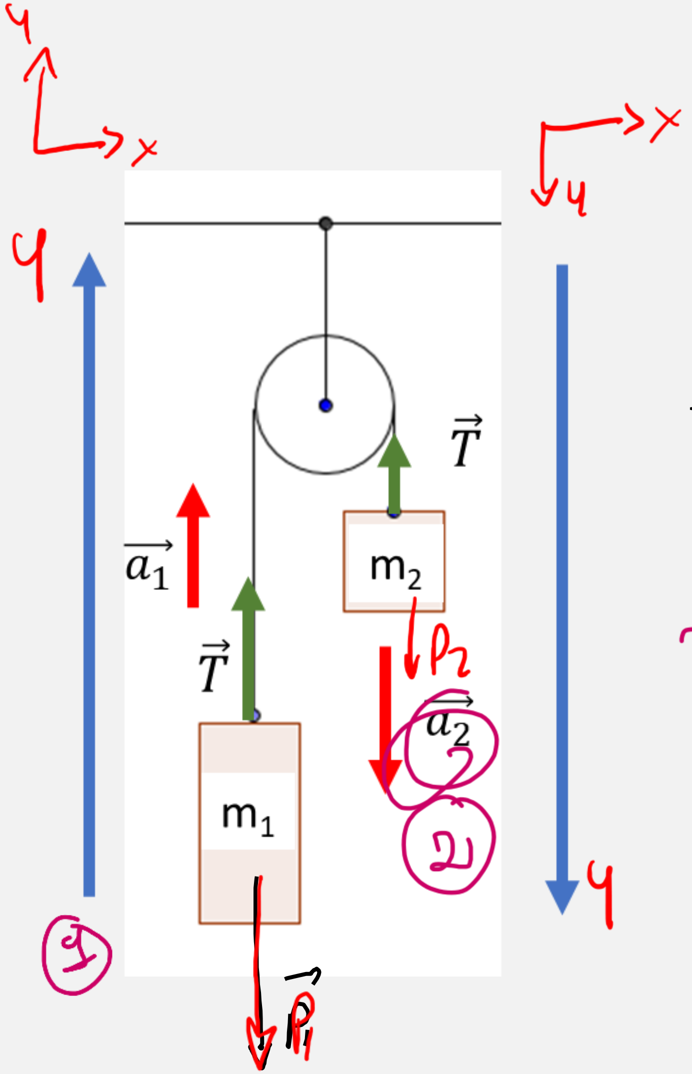


Se il sistema è in equilibrio, significa che il corpo 1 non è sufficientemente pesante per far muovere il corpo 2 (attrito)

$T_1 = T_2$

$\vec{T} \neq \vec{T}_2$

TENSIONE – CARRUCOLE



A una fune ideale sono sospese due masse (m_1 e m_2)

$\Sigma F_1 = m_1 a$

$$\begin{cases} m_1 a_1 = T - m_1 g & (1) \\ m_2 a_2 = m_2 g - T & (2) \end{cases}$$

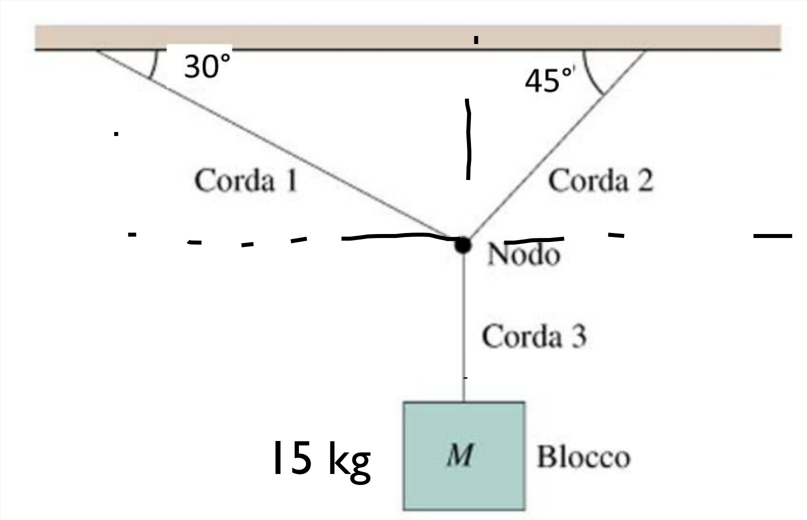
Essendo l'accelerazione in realtà unica,

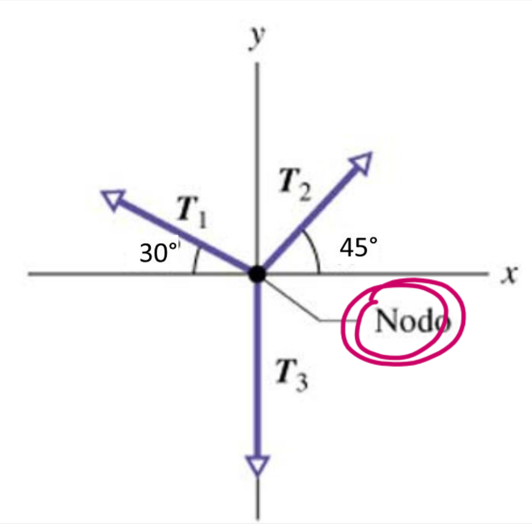
$$\boxed{a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g}$$

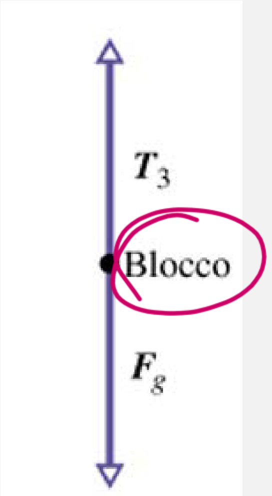
Tre possibili situazioni:

1. $m_1 = m_2$: sistema in equilibrio, perché $m_2 - m_1 = 0$, quindi $a = 0$
2. $m_1 < m_2$: la carrucola si muove nella direzione di m_2
3. $m_1 > m_2$: sarà m_1 a scendere → l'accelerazione sarà < 0

TENSIONE







Il Sistema è in equilibrio: la sommatoria delle forze su ciascun elemento deve essere = 0

$$\sum \vec{F} = 0$$

Sul nodo:

$$\vec{T_1} + \vec{T_2} + \vec{T_3} = m_N \cancel{\vec{a_N}} = 0$$

$$\begin{cases} T_{1x} + T_{2x} + T_{3x} = 0 \\ T_{1y} + T_{2y} + T_{3y} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -T_1 \cos 30° + T_2 \cos 45° + 0 = 0 \\ T_1 \sin 30° + T_2 \sin 45° - T_3 = 0 \end{cases}$$

Sul blocco:

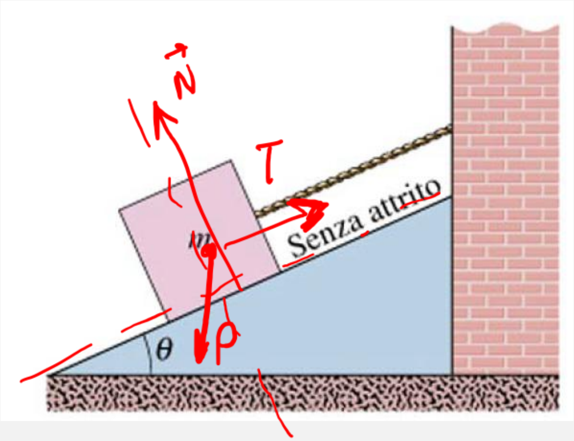
$$T_3 - mg = m\cancel{a_y} = 0$$

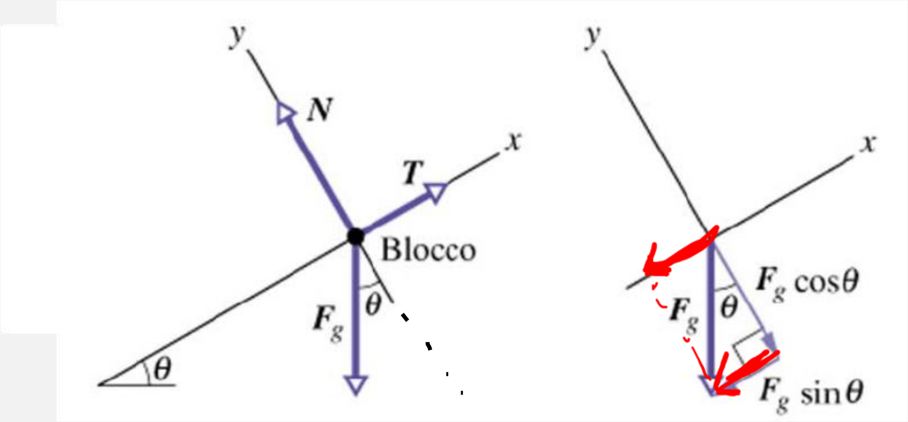
$$T_3 = mg = 15\,kg \cdot 9.8\frac{m}{s^2} = 147\,N$$

$$\begin{cases} -T_1 \cdot 0.87 + T_2 \cdot 0.7 + 0 = 0 \\ T_1 \cdot 0.5 + T_2 \cdot 0.7 - 147N = 0 \end{cases}$$

$$T_1 = 156.8\,N \qquad T_2 = 98\,N$$

TENSIONE





$\theta = 30°, m = 15kg$

Determinare la tensione della fune e la reazione vincolare, sapendo che siamo in una situazione di equilibrio.

<u>Equilibrio</u> → la risultante delle forze è pari a 0: $\sum \vec{\mathrm{F}} = 0$

$$\vec{T} + \vec{N} + \vec{F_g} = m\vec{a} = 0$$

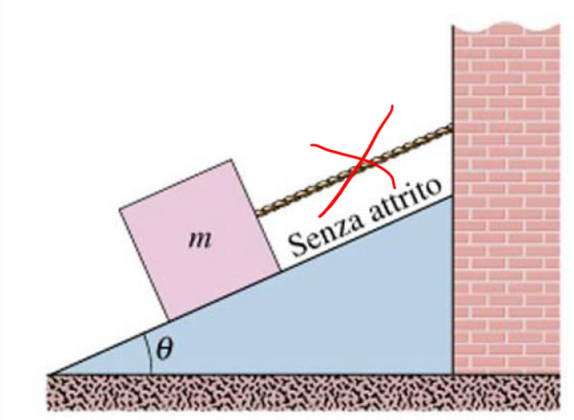
Lungo l'asse x → tensione e componente della forza peso parallela al piano inclinato ($F_g \sin\theta$):

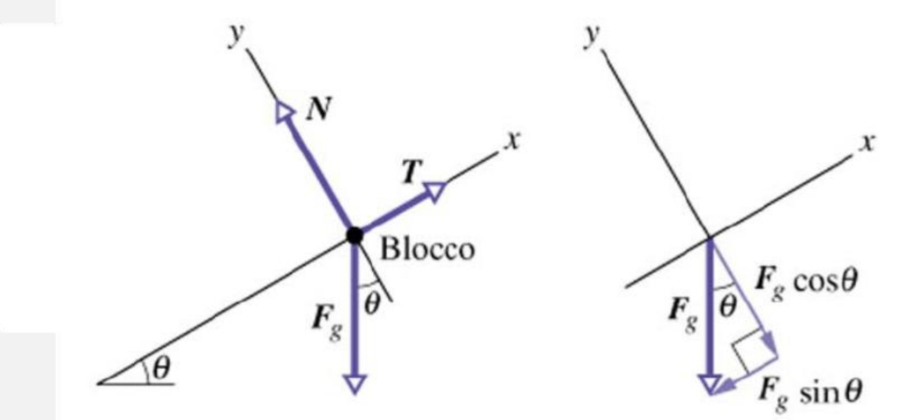
$$T - mg \sin\theta = 0$$

Lungo l'asse y → reazione vincolare e componente della forza peso ortogonale al piano inclinato ($F_g \cos\theta$):

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

TENSIONE





$\theta = 30°, m = 15kg$
Determinare la tensione della fune e la reazione vincolare, sapendo che siamo in una situazione di equilibrio.

La fune si spezza: quanto vale l'accelerazione del blocco?

Lungo l'asse y la risultante è sempre pari a zero: $N - mg\cos\theta = 0$

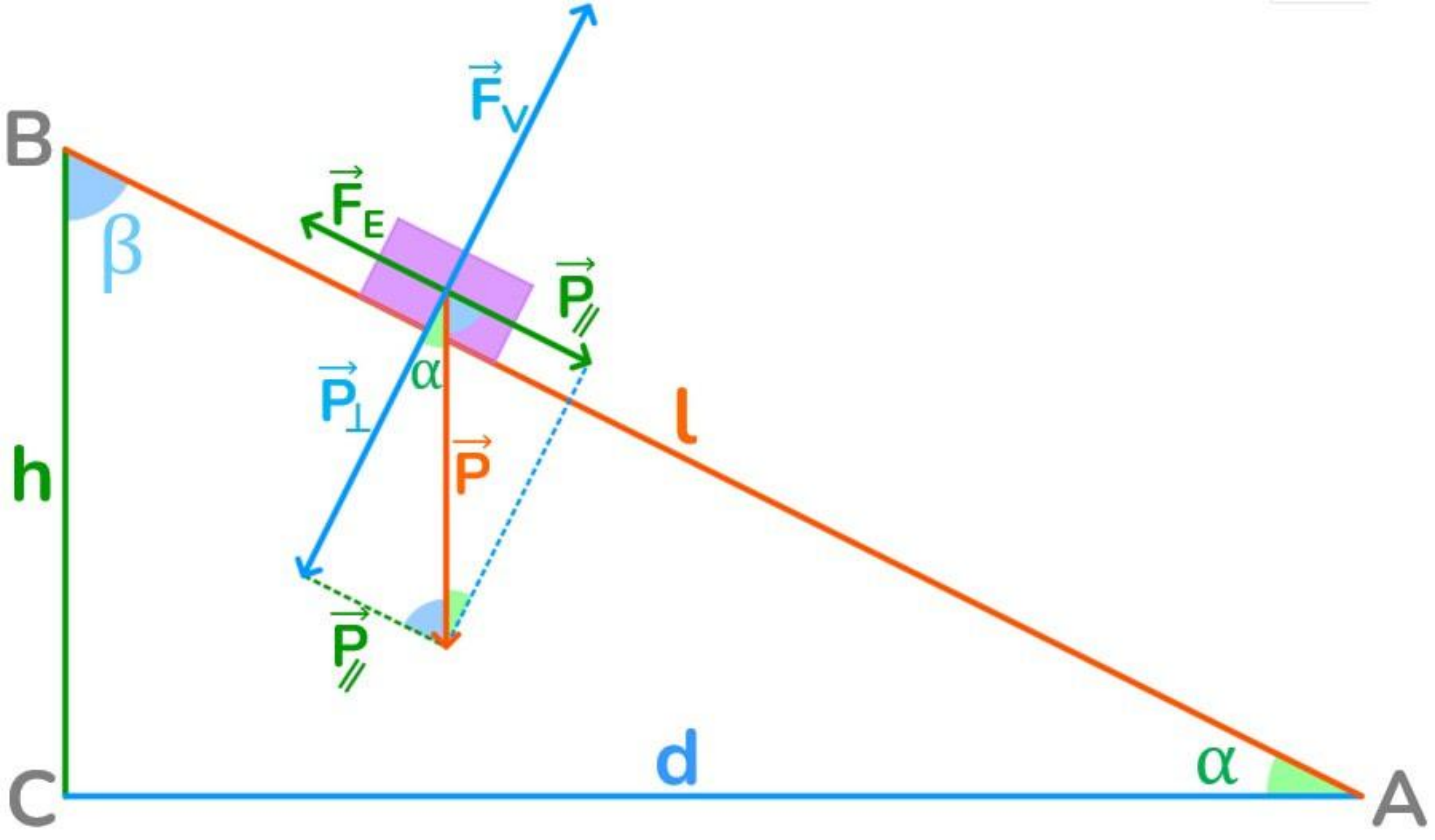
Lungo l'asse x scompare la tensione: l'unica componente che farà muovere il corpo è $\boxed{mg\sin\theta}$

$\cancel{m}g\sin\theta = \cancel{m}a$

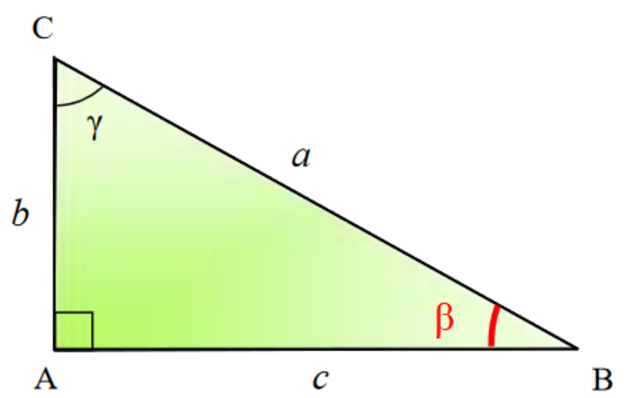
$a = g\sin\theta$

Valore dell'accelerazione

PIANO INCLINATO



PIANO INCLINATO

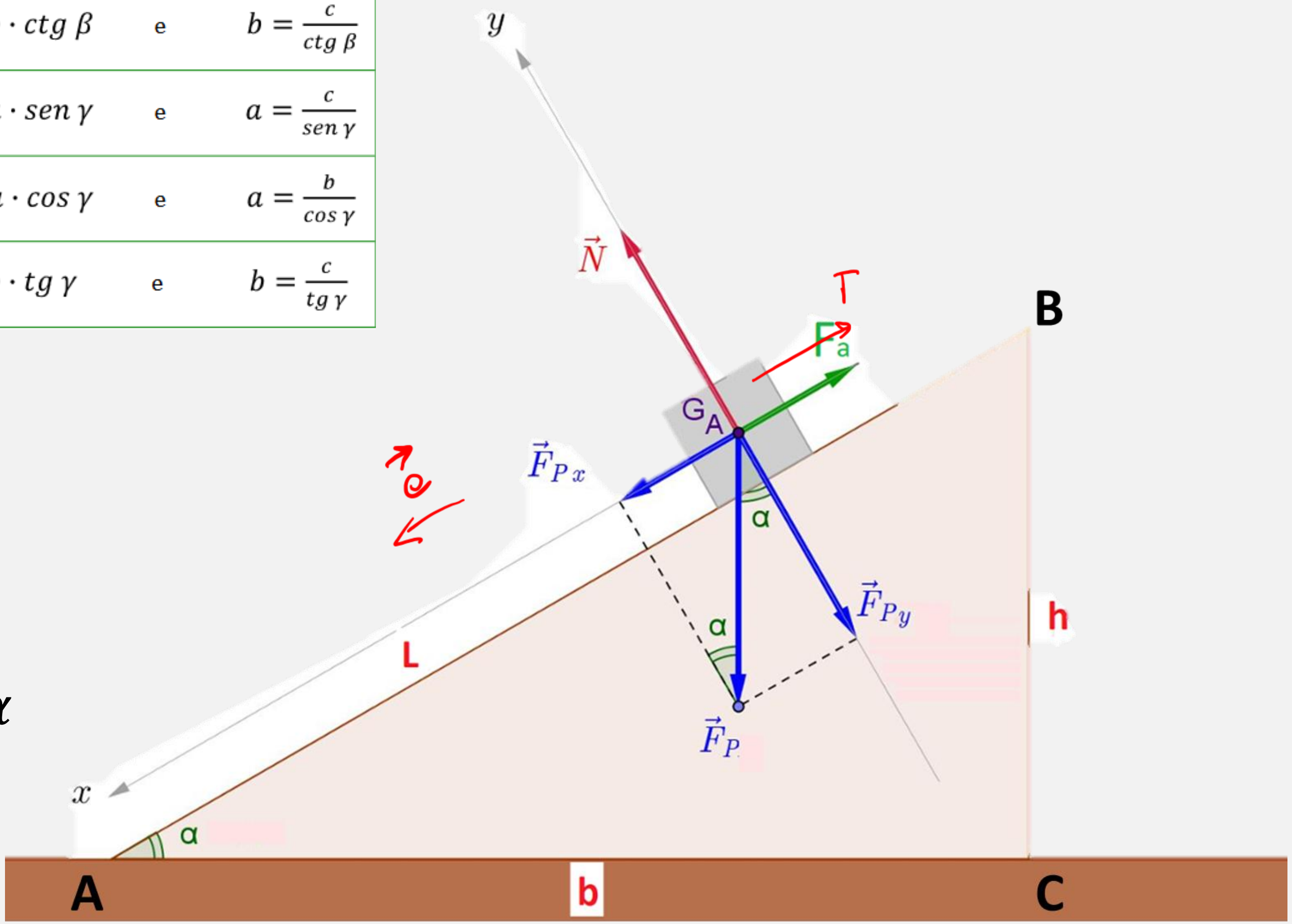


$sen\,\beta = \frac{b}{a}$	$\longrightarrow$	$b = a \cdot sen\,\beta$	e	$a = \frac{b}{sen\beta}$
$cos\,\beta = \frac{c}{a}$	$\longrightarrow$	$c = a \cdot cos\,\beta$	e	$a = \frac{c}{cos\,\beta}$
$tg\,\beta = \frac{b}{c}$	$\longrightarrow$	$b = c \cdot tg\,\beta$	e	$c = \frac{b}{tg\,\beta}$
$ctg\,\beta = \frac{c}{b}$	$\longrightarrow$	$c = b \cdot ctg\,\beta$	e	$b = \frac{c}{ctg\,\beta}$
$sen\,\gamma = \frac{c}{a}$	$\longrightarrow$	$c = a \cdot sen\,\gamma$	e	$a = \frac{c}{sen\,\gamma}$
$cos\,\gamma = \frac{b}{a}$	$\longrightarrow$	$b = a \cdot cos\,\gamma$	e	$a = \frac{b}{cos\,\gamma}$
$tg\,\gamma = \frac{c}{b}$	$\longrightarrow$	$c = b \cdot tg\,\gamma$	e	$b = \frac{c}{tg\,\gamma}$

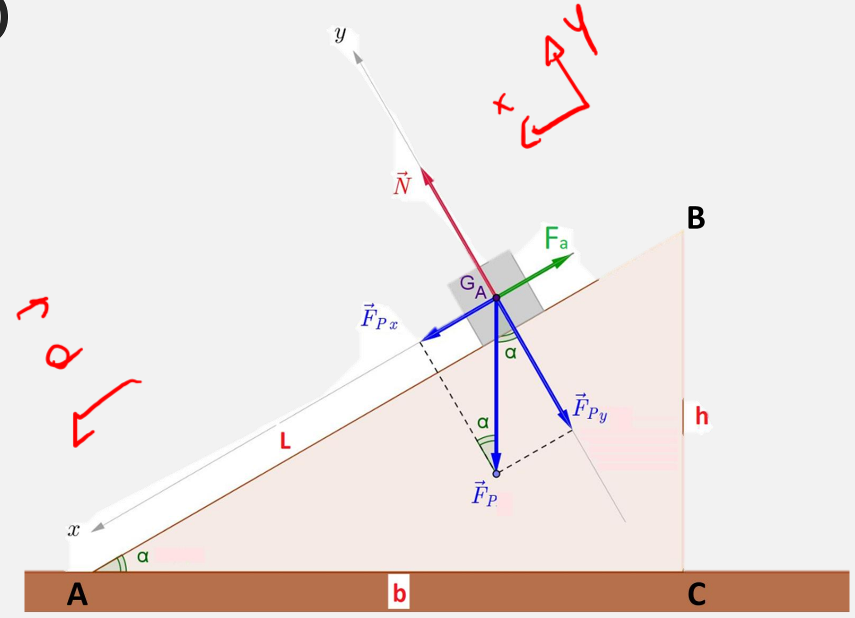
$$F_{Px} = F_P \sin\alpha$$

$$F_{Py} = F_P \cos\alpha = N$$

$$F_a = \mu_S N = \mu_S F_P \cos\alpha = \mu_S mg \cos\alpha$$



PIANO INCLINATO



CASO SENZA ATTRITO

$$F_{Px} = F_P \sin\alpha$$

$$ma = F_{Px} = mg\sin\alpha \rightarrow \boxed{a = g\sin\alpha}$$

CASO CON ATTRITO

$$F_a = \mu_D N = \mu_D F_P \cos\alpha = \mu_D mg\cos\alpha$$

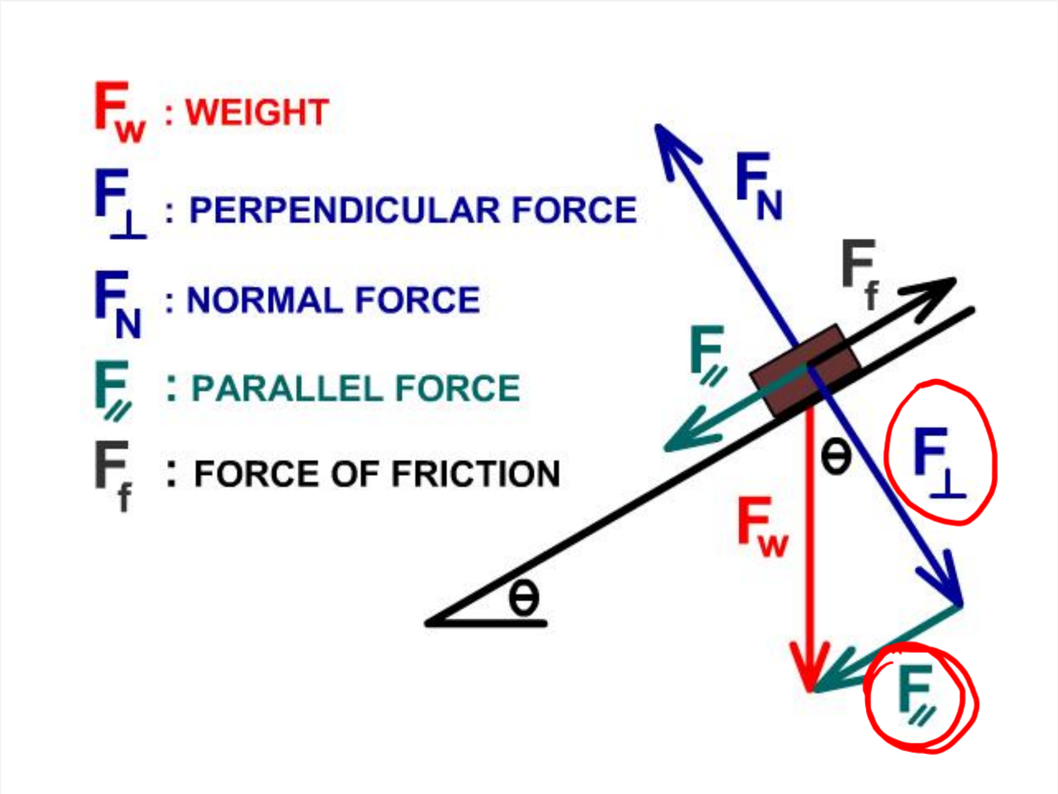
$$ma = F_{Px} - F_a = mg\sin\alpha - \mu_D mg\cos\alpha$$

$$\boxed{a = g(\sin\alpha - \mu_D\cos\alpha)}$$

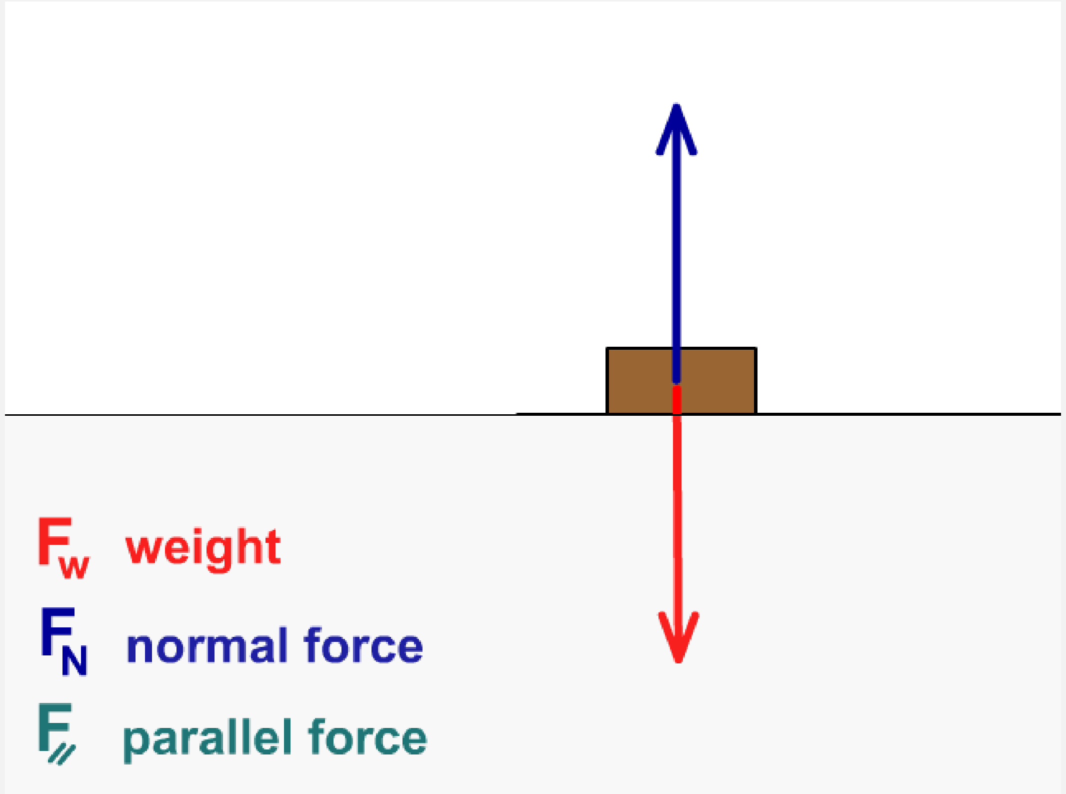
CASO IN EQUILIBRIO

$$\overbrace{\mu_S m\cancel{g}\cos\alpha}^{f_{As}} = \overbrace{m\cancel{g}\sin\alpha}^{= F_{Px}}$$

$$\sin\alpha = \mu_S\cos\alpha \rightarrow \mu_S = \underbrace{\tan\alpha}_{\left(\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}\right)}$$



F_w : WEIGHT
$F_\perp$: PERPENDICULAR FORCE
F_N : NORMAL FORCE
$F_{//}$: PARALLEL FORCE
F_f : FORCE OF FRICTION
F_N
F_f
$F_{//}$
θ
$F_\perp$
F_w
θ
$F_{//}$



F_w weight
F_N normal force
$F_{//}$ parallel force