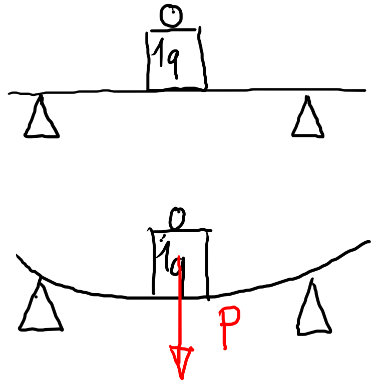
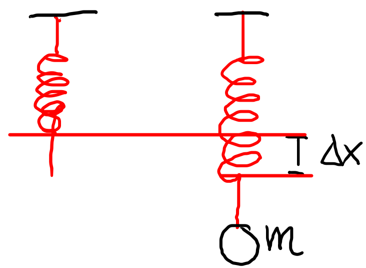
DINAMICA

FORZE

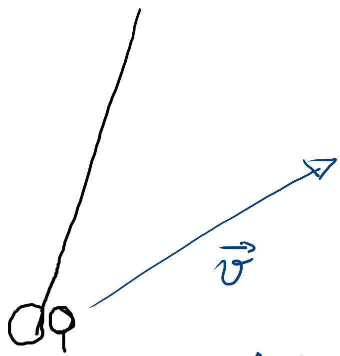
① DEFORMAZIONE di un corpo vincolato





dinamometro

② movimento su corpo libero



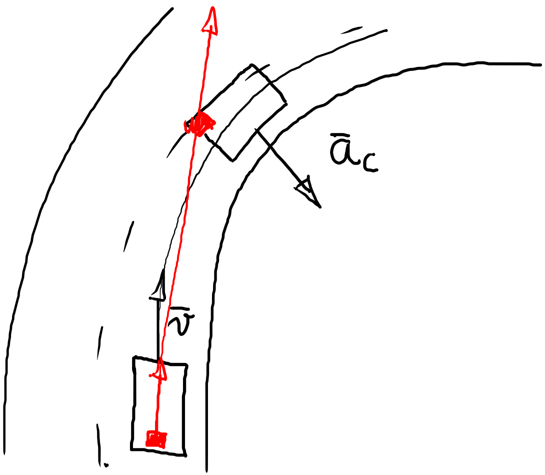
$$\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \vec{a}$$

definire una forza mediante l'$\vec{a}$ che essa impartisce ad un corpo libero.

LE LEGGI DI NEWTON

1 PRINCIPIO D'INERZIA

In assenza di forze esterne agenti su di esso, un corpo persevera nello stato di quiete o di moto rettilineo uniforme



vale il principio d'inerzia

$\Downarrow$

sistema di riferimento INERZIALE

(2) In un sistema di riferimento inerziale,
se su un corpo di massa m agiscono diverse forze $\vec{F}_1, \vec{F}_2 \dots \vec{F}_n$

allora il corpo sarà soggetto ad $\bar{a}$ tale che

$$\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m\vec{a}$$

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

(talvolta si scrive: $\vec{F} = m\vec{a}$ ma è pericoloso)

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

per una forza sola: $\vec{F} = m\vec{a}$

Una forza $\vec{F}$ ha intensità $|\vec{F}| = 1\ N$

$\Longleftrightarrow$ applicata ad un punto materiale di massa $1\ kg$ impartisce un'accelerazione $|\vec{a}| = 1\ m/s^2$

$$1\ N = 1\ Kg \cdot 1\ \frac{m}{s^2} = 1\ Kg\frac{m}{s^2}$$

$$1\ \text{dyne} = 1\ g\frac{cm}{s^2}$$

dina

$$1\ N = 1\ \frac{Kg\ m}{s^2} = \frac{10^3 g \cdot 10^2 cm}{s^2} = 10^5 \frac{g\,cm}{s^2} = 10^5\ \text{dyne}$$

dine

③ PRINCIPIO DI AZIONE & REAZIONE

Dati due corpi, 1 e 2

se 1 esercita $\vec{F}_{12}$ sul corpo 2,

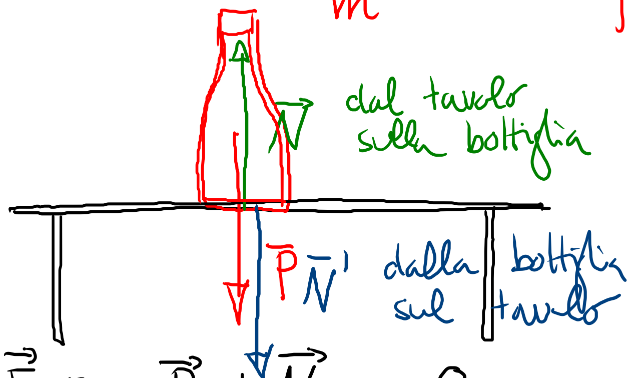
allora

il corpo 2 esercita $\vec{F}_{21}$ sul corpo 1

e

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

ESEMPIO



forza peso

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

$$|\vec{g}| = 9{,}8 \ \frac{m}{s^2}$$

accelerazione di gravità

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

- II principio $\quad m\vec{a} = 0 \Leftarrow \bar{a} = 0$

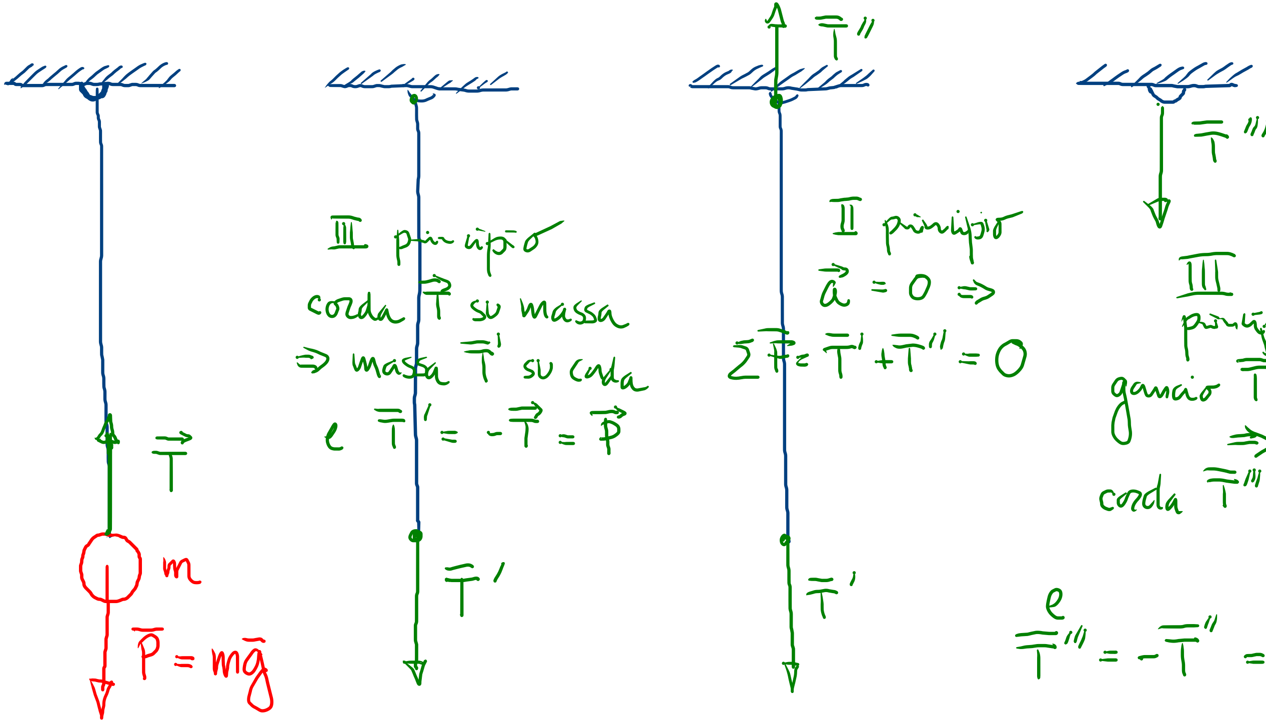
$\vec{N}$ reazione vincolare
che il tavolo esercita sulla bottiglia

$\vec{P} + \vec{N} = 0 \qquad |\bar{P}| = |\bar{N}|$

direzione stessa, verso opposto

$\Rightarrow \bar{N}' = \bar{P}'$

- III principio: se tavolo $\vec{N}$ su bottiglia $\quad \bar{N}' = -\bar{N}$
  $\Rightarrow$ bottiglia esercita $\vec{N}'$ su tavolo e



III principio
corda $\vec{T}$ su massa
$\Rightarrow$ massa $\vec{T}'$ su corda
e $\vec{T}' = -\vec{T} = \vec{P}$

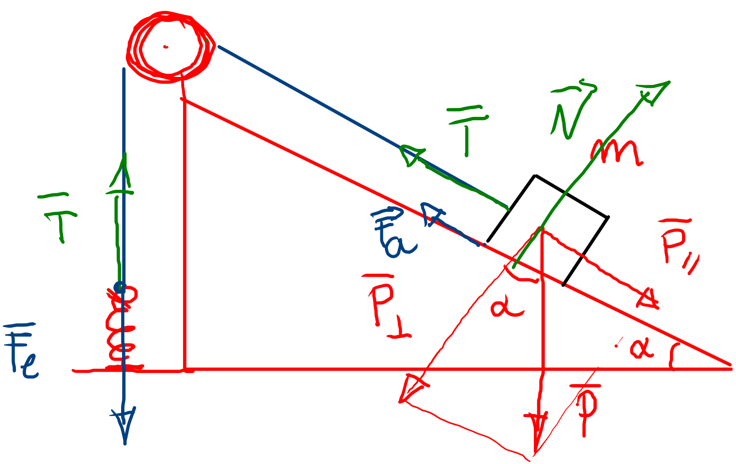
II principio
$\vec{a} = 0 \Rightarrow$
$\sum \vec{F} = \vec{T}' + \vec{T}'' = 0$

III principio:
gancio $\vec{T}''$ corda
$\Rightarrow$
corda $\vec{T}'''$ gancio
e
$\vec{T}''' = -\vec{T}'' = \vec{P}$

m non acc. verso il basso
$\Rightarrow$ II principio
corda $\vec{T}$ su massa
$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{T} = 0$

$$\overline{P} = \overline{T}' = \overline{T}'''$$
$$\vec{T} = \vec{T}'' = -\vec{P}$$

WARNING: spoiler di quando sapremo fare gli esercizi di meccanica... (non spaventatevi)



$$\bar{P}_{\perp} + \bar{P}_{//} = \bar{P}$$

$$|\bar{P}_{\perp}| = |\bar{P}| \cos\alpha$$

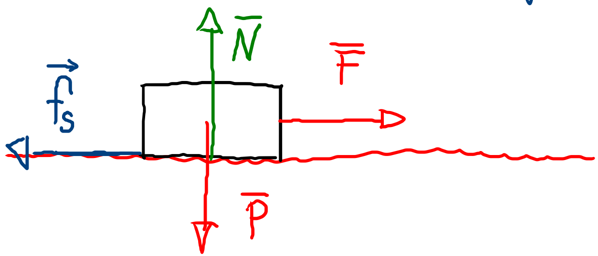
$$|\bar{P}_{//}| = |\bar{P}| \operatorname{sen}\alpha$$

$$\bar{T} + \bar{P}_{//} = 0 \qquad \vec{N} + \bar{P}_{\perp} = 0$$

ATTRITO STATICO

$\vec{f}_s$ forza di attrito statico

$$\vec{f}_s + \vec{F} = 0$$



sup. scabra

$\vec{P} + \vec{N} = 0$ somma vettoriale

$P - N = 0$ P, N intensità delle forze in notazione pigra

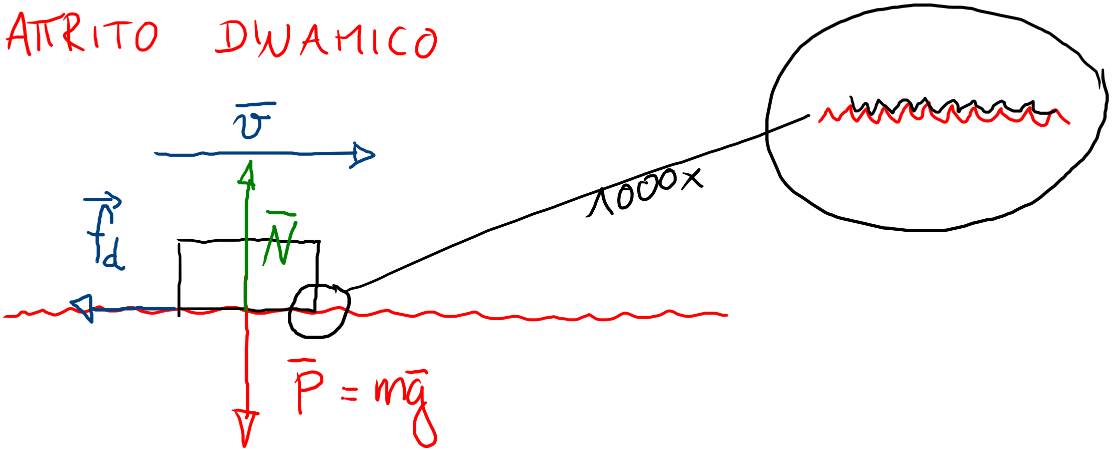
$|\vec{P}| - |\vec{N}| = 0$

$$|\vec{f}_{s,max}| = \mu_s \cdot |\vec{N}|$$

coeff. di attrito statico

≤ 1

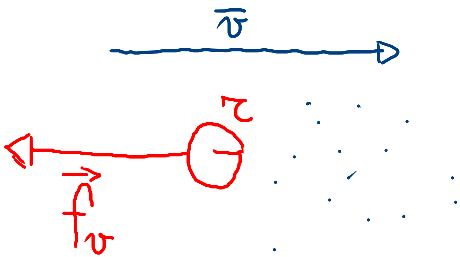
ATTRITO DINAMICO



$$|\vec{f}_d| = \mu_d |\vec{N}|$$

$$\mu_d \leq \mu_s$$

ATTRITO VISCOSO



$$\vec{f}_v = -6\pi\eta r\vec{v}$$

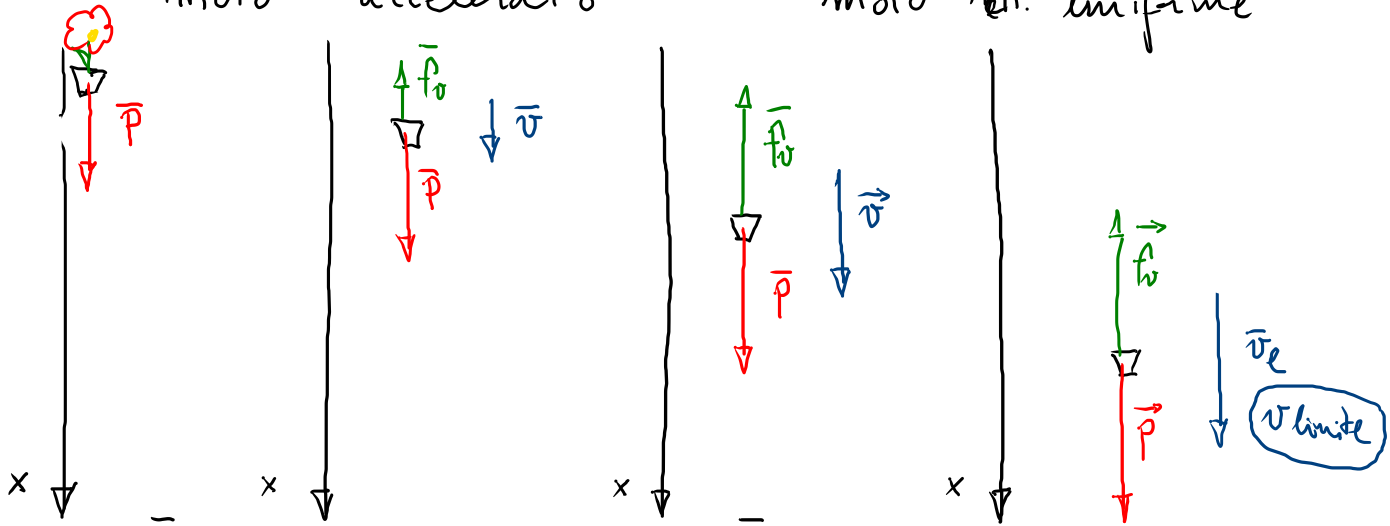
$\eta \downarrow$ VISCOSITÀ

$$[\eta] = \frac{[f_v]}{[r][v]} = \frac{[M]\cancel{[L]}[T^{\cancel{-2}\,-1}]}{[L]\cdot\cancel{[L]}\cancel{[T^{-1}]}} = \frac{[M]}{[L][T]}$$

$$SI: \frac{Kg}{m\cdot s} = \frac{10\cancel{00}\ g}{\cancel{100}\ cm\cdot s} = 10 \text{ Poise} = 1 \text{ decaPoise}$$

$$cgs: \frac{g}{cm\cdot s} = 1 \text{ Poise}$$

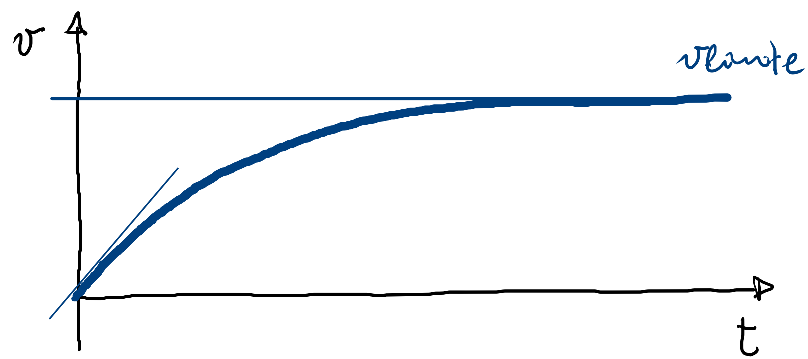
moto accelerato moto rett. uniforme



$\bar{P}$ è cost.

$\bar{f}_v = -6\pi\eta r \bar{v}$

$\bar{P} = \bar{f}_v$ da qui in poi



FORZE FONDAMENTALI IN NATURA

forza elettrica
forza magnetica

forza elettromagnetica

forza elettrodebole

forza nucleare debole

forza nucleare forte

forza gravitazionale

SUSY ?

PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

" Un corpo immerso in un fluido riceve una spinta (spinta di Archimede) diretta dal basso verso l'alto pari al peso del fluido spostato (o occupato) "

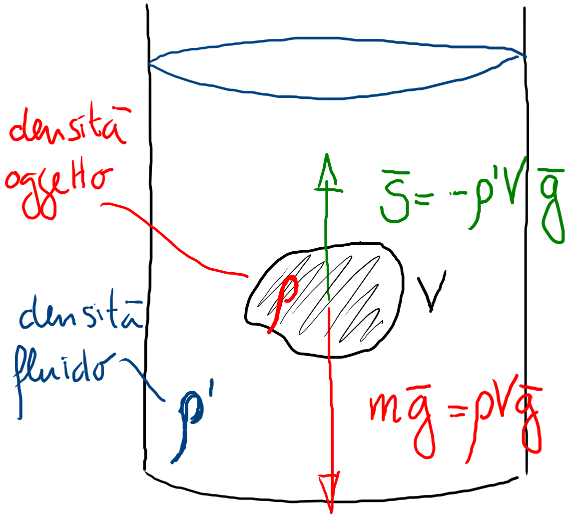
Archimede, Siracusa 250 a.C.

Densità dell'oggetto (ρ) e del fluido (ρ')

densità $\rho = \dfrac{m}{V}$ $\quad \dfrac{kg}{m^3} \quad \dfrac{g}{cm^3}$

$\rho_{H_2O} = 10^3 \dfrac{kg}{m^3} = 1 \dfrac{g}{cm^3}$

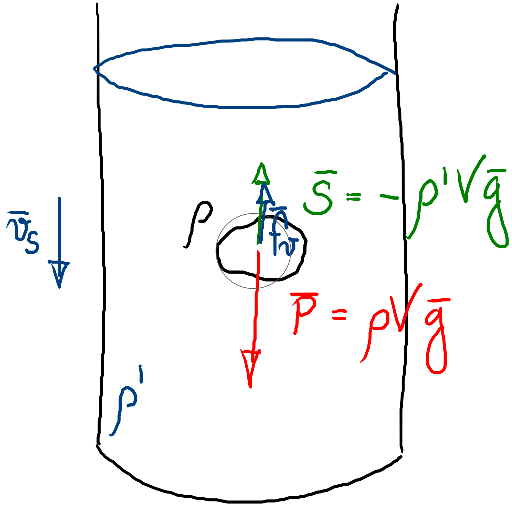
$\rho_{aria} \cong 1 \dfrac{kg}{m^3}$



$m = \rho V$

$$\Sigma \bar{F} = m\bar{g} + \bar{S} = \rho V \bar{g} - \rho' V \bar{g} \stackrel{!}{=} (\rho - \rho') V \bar{g}$$

SEDIMENTAZIONE



$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

(approx. sferica)

$$\rho > \rho'$$

$$\vec{f}_v = -6\pi\eta r\vec{v} \qquad \text{attrito viscoso}$$

$$\Sigma\bar{F} = 0 \qquad \text{quando } v = v_s$$

$$\bar{P} + \bar{S} + \bar{f}_v = 0$$

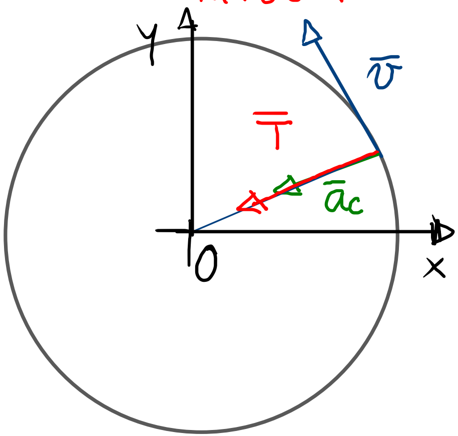
$$\rho V g - \rho' V g - 6\pi\eta r v_s = 0$$

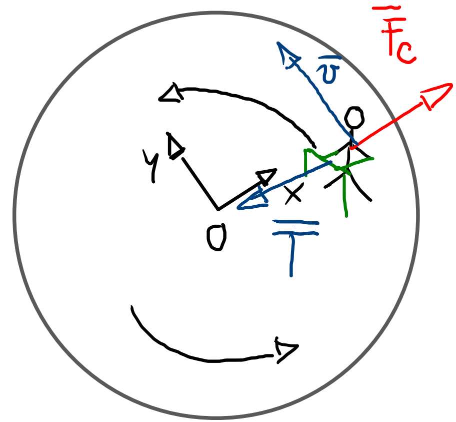
$$(\rho-\rho')Vg = 6\pi\eta r v_s$$

$$v_s = \frac{(\rho-\rho')Vg}{6\pi\eta r} = \frac{(\rho-\rho')\cancel{\frac{4}{3}}^{2}\cancel{\pi} r^{\cancel{3}\,2} g}{3\cancel{6}\cancel{\pi}\eta \cancel{r}}$$

$$\boxed{v_s = \frac{2}{9}\frac{(\rho-\rho')r^2}{\eta}g}$$

FORZA CENTRIFUGA





$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

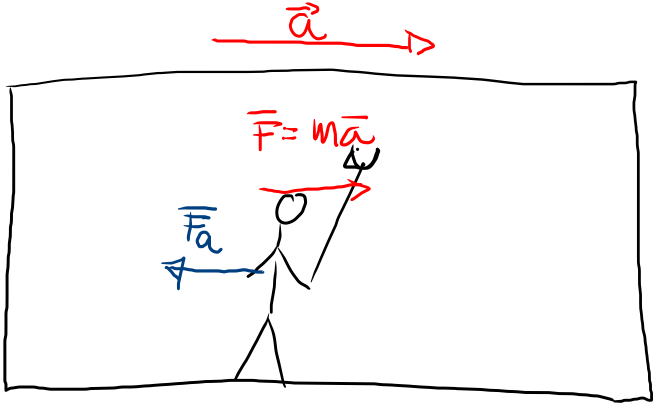
$$T = m a_c = m \frac{v^2}{R}$$

$\bar{F}_c$ è una forza apparente

$$F_c = m \frac{v^2}{R}$$

$\Rightarrow$ ho bisogno di $\bar{T}$ per neutralizzare $\bar{F}_c$

In autobus: reggersi agli appositi sostegni



$\vec{F}_a$ forza apparente

$F_a = ma$

massa passeggero

acc. autobus

Un passeggero inizialmente decide di non reggersi. L'autobus parte accelerando ed il passeggero si sente cadere all'indietro: a quel punto il passeggero si aggrappa ad un sostegno e ritrova l'equilibrio Cosa e' successo?

1) Versione del passeggero: non lo so, quando l'autobus e' partito con accelerazione a ho sentito una forza misteriosa che mi spingeva all'indietro. Tale forza era pari al prodotto dell' accelerazione a per la mia massa m: Fa = m x a

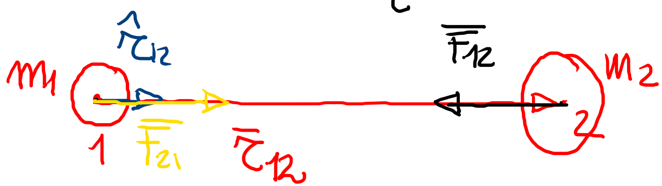
2) Versione di uno spettatore che osserva la scena dalla strada: la forza Fa sentita dal passeggero e' una forza apparente; quando l'autobus parte con accelerazione a, se vuole accelerare assieme all'autobus, il

FORZA GRAVITAZIONALE

- Forza peso : m $\qquad \bar{P} = m\bar{g}$

- $m_1, m_2 \Rightarrow$ 1 esercita su 2 la forza $\vec{F}_{12}$

$$\vec{F}_{12} = -G\,\frac{m_1 m_2}{r^2}\,\hat{r}_{12}$$



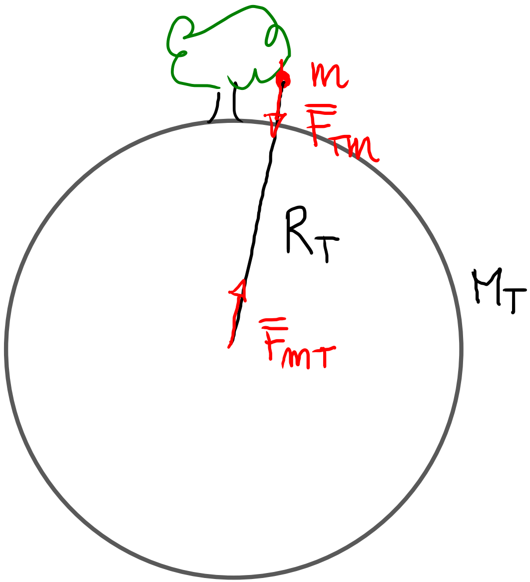
$$\hat{r}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|} = \frac{\vec{r}_{12}}{r}$$

$$|\bar{r}_{12}| = r$$

$$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N\,m^2}{Kg^2}$$

costante di gravitazione universale

dal III principio, $\bar{F}_{21} = -\bar{F}_{12}$



$M_T = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg

$R_T = 6{,}37 \cdot 10^{6}$ m

$$F_{Tm} = \underbrace{G\frac{M_T m}{R_T^2}}_{g}$$

diretta verso il centro della Terra, ovvero verso il basso

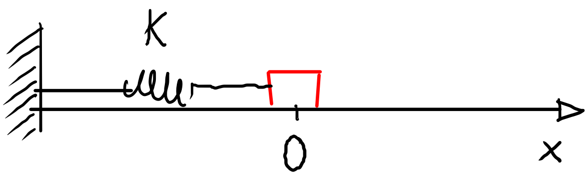
$P = mg$ verso il basso

$$g \stackrel{?}{=} G\frac{M_T}{R_T^2} = \cancel{6{,}67}\cdot 10^{-11}\,\frac{N\cancel{m^2}}{kg^2}\cdot\frac{\cancel{5{,}97}\cdot 10^{24}\,\cancel{kg}}{(\cancel{6{,}37}\cdot 10^{6}\,\cancel{m})^2}$$

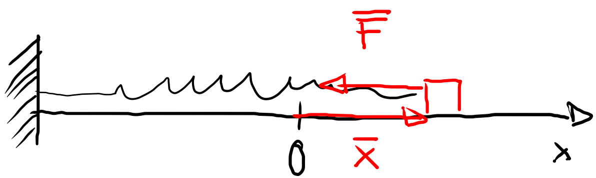
$$= \frac{10^{-11}\cdot 10^{\cancel{24}\,12}}{\cancel{10^{12}}}\frac{N}{kg} \cong 10\,\frac{m}{s^2} = 9{,}8\,\frac{m}{s^2}$$

10

FORZA ELASTICA



$$[K] = \frac{N}{m} \qquad \sim 10^3 \frac{N}{m}$$



$$\bar{F} = -K\bar{x}$$

(legge di Hooke)

$$\left.\begin{aligned} F &= -Kx \\ F &= ma \end{aligned}\right\} \qquad ma = -kx \qquad a = -\frac{K}{m}x$$

$$a = -\omega^2 x$$

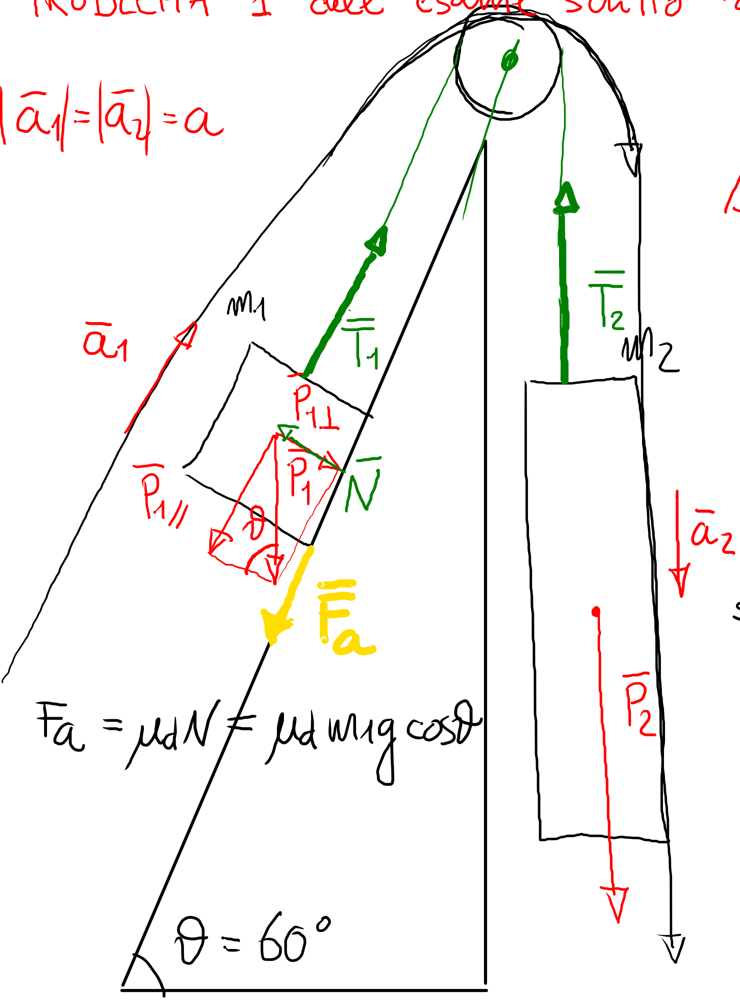
SORRY $\cancel{x = -\omega^2 a}$

$\Rightarrow$ la massa si muove di moto armonico con

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} \qquad \nu = \frac{1}{2\pi}\omega = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}} \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

PROBLEMA 1 dell'esame scritto "appello pasquale" del 5/4/2024

$|\bar{a}_1| = |\bar{a}_2| = a$



$F_a = \mu_d N = \mu_d m_1 g \cos\vartheta$

$m_1 = 1{,}0$ kg

$m_2 = 2 m_1 = 2{,}0$ kg

⚠ notazione pigra! $|\bar{P}_1| = P_1$

$P_2 = m_2 g$

$P_1 = m_1 g$

$P_{1//} = P_1 \operatorname{sen}\vartheta \stackrel{!}{=} m_1 g \operatorname{sen}\vartheta$

$N = P_{1\perp} = P_1 \cos\vartheta \stackrel{!}{=} m_1 g \cos\vartheta$

$T_1 = T_2 = T$

II legge della dinamica

su m_2: $\bar{P}_2 + \bar{T}_2 = m_2 \vec{a}$

$P_2 - T_2 = m_2 a$

$m_2 g - T = m_2 a$

su m_1: $T_1 - P_{1//} = m_1 a$

$T - m_1 g \operatorname{sen}\vartheta = m_1 a$

$$\begin{cases} m_2 g - T = m_2 a \\ T - m_1 g \operatorname{sen}\vartheta = m_1 a \end{cases}$$

II legge su m_2 (2)

II legge su m_1 (1)

+

somma algebrica

$$m_2 g \cancel{-T} \cancel{+T} - m_1 g \operatorname{sen}\vartheta = m_2 a + m_1 a \qquad (3)$$

$$\rightarrow \quad m_2 g - m_1 g \operatorname{sen}\vartheta = (m_1 + m_2)\, a$$

II legge su TUTTO IL SISTEMA

$$a = \frac{m_2 - m_1 \operatorname{sen}\vartheta}{m_1 + m_2}\, g = \frac{2\cancel{m} - \cancel{m} \operatorname{sen}\vartheta}{3\cancel{m}}\, g$$

$$= \frac{2 - \sqrt{3}/2}{3}\, g = 3{,}70 \ m/s^2$$

Da 2 : $T = m_2 g - m_2 a = m_2 (g - a) = 12{,}2 \ N$

oppure da 1 ; ma non dalla (3)

SOLUZIONE COMPLETA SU MOODLE AA 2022/23

Per il punto b) basta aggiungere F_a a $P_{1//}$.