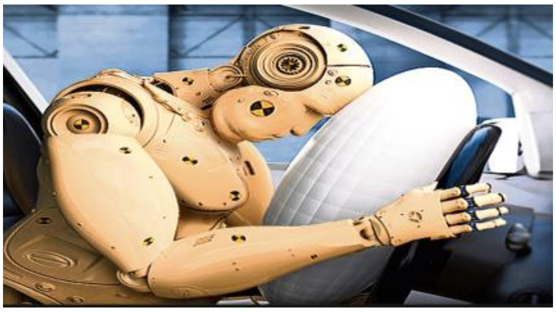
Lezione # 4

13/3/2024

3 Leggi di Newton $\to \vec{F} = m\vec{a}$

M.u.a.
$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2 \\ y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2 \end{cases} \qquad \begin{cases} v_x = v_{0x} + a_x t \\ v_y = v_{0y} + a_y t \end{cases}$$

Esempio: Crash-Test-Dummies (Mhm-mhm)



Esercizio di riepilogo sulle tre leggi di Newton.

Cinture di sicurezza e airbag salvano vite umane nel caso di un urto. Ma come funziona esattamente da un punto di vista fisico? Le auto sono progettate per comprimersi in modo tale da assorbire l'urto nella parte anteriore dell'auto e la funzione della cintura di sicurezza è quella di mantenere il passeggero solidale con la macchina. Nel caso di un impatto l'abitacolo decelera e si ferma in uno spazio di circa $\Delta x_{cint} = 1$ m. Un occupante, trattenuto dalla cintura decelera insieme all'auto.

1. Cosa succede invece a un occupante senza cintura di sicurezza? A quale legge di Newton possiamo fare riferimento per spiegarne il moto?

In assenza di cintura l'occupante procede con la sua velocità iniziale fino a incontrare il lunotto anteriore dell'auto e decelera solo all'impatto, su una distanza pari a quella del vetro dell'auto $\Delta x_{vetro} = 5$ mm. Supponiamo che l'auto stia procedendo lungo asse x alla velocità inziale di $v_x = 50$ km/h (tutta diretta lungo asse x) e che la massa del passeggero sia m = 60 kg. Sapendo che nell'urto l'auto passa dalla velocità inziale a una velocità finale nulla nelle distanze riportate (1 m vs 5 mm) calcolare:

2. La forza esercitata sull'occupante nel caso in cui indossi le cinture di sicurezza
3. La forza esercitata sull'occupante nel caso in cui non indossi le cinture di sicurezza

2. La forza esercitata sull'occupante nel caso in cui indossi le cinture di sicurezza
3. La forza esercitata sull'occupante nel caso in cui non indossi le cinture di sicurezza
4. Quale legge di Newton ci consente di calcolare le forze in gioco?

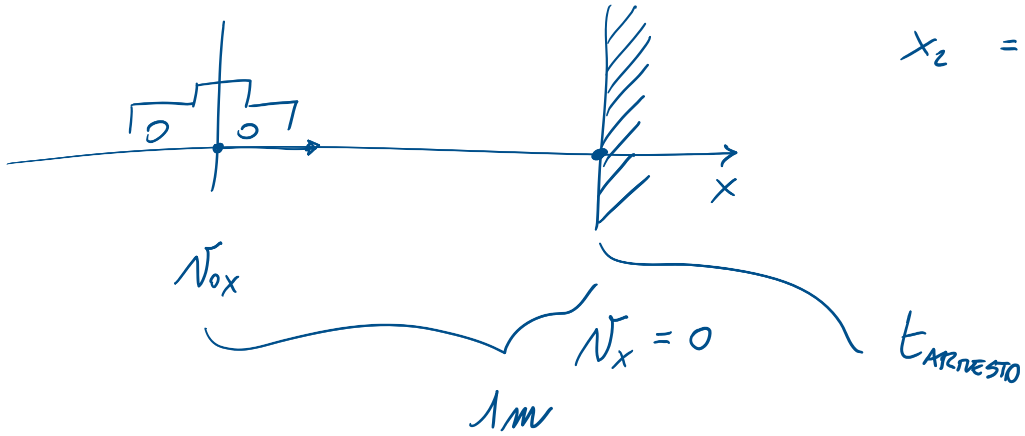
Ora, dal momento che la forza massima sopportabile da un essere umano sulla fronte del cranio, prima di fratturarsi è pari a F_{max} = 6 kN,

5. le forze stimate al punto 2,3 saranno letali per il passeggero?
6. Quale legge di Newton ci consente di arrivare a tali conclusioni?

$x_1 = 1m$ (CINTURA)

$x_2 = 5mm$ (NO CINTURA)

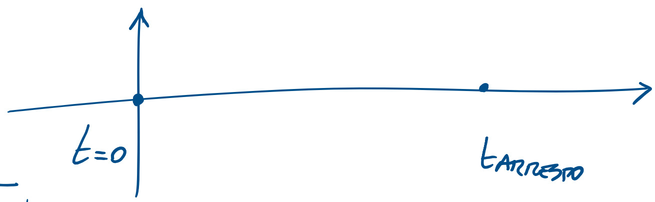
1)



$$v_x = v_{0x} + a_x t \quad \rightarrow \quad 0 = v_{0x} + a_x t_{ARRESTO}$$

$$t_{ARRESTO} = -\frac{v_{0x}}{a_x} \qquad a_x = -\frac{v_{0x}}{t_{ARRESTO}}$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2$$



$$\boxed{x_1 = 0 + v_{0x} t_{ARRESTO} + \frac{1}{2} a_x t^2_{ARRESTO}}$$

$$t_{ARRESTO} = -\frac{v_{0x}}{a_x}$$

$$x_1 = v_{0x}\left(-\frac{v_{0x}}{a_x}\right) + \frac{1}{2}a_x\left(-\frac{v_{0x}}{a_x}\right)^2$$

$$= -\frac{v_{0x}^2}{a_x} + \frac{1}{2}\cancel{a_x}\frac{v_{0x}^2}{a_x^{\cancel{2}}} = -\frac{1}{2}\frac{v_{0x}^2}{a_x}$$

$$x_1 = -\frac{1}{2}\frac{v_{0x}^2}{a_x}$$

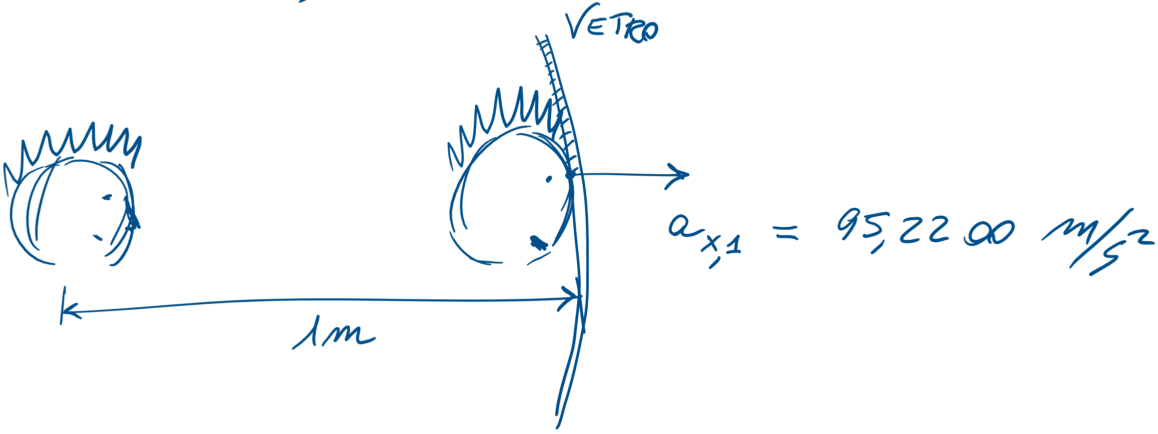
$$\boxed{a_{x,1} = -\frac{1}{2}\frac{v_{0x}^2}{x_1}}$$ con cintura

$$\boxed{a_{x,2} = -\frac{1}{2}\frac{v_{0x}^2}{x_2}}$$ senza cintura

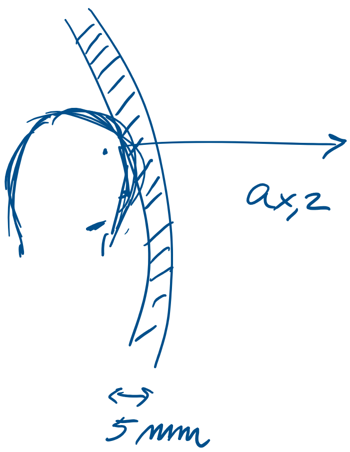
$$v_{0x} = 50\ km/h = 13{,}8\ m/s$$

$$= 50\ \frac{\cancel{10^3}\ m}{3{,}6\ \cancel{10^3}\ s}$$

$$a_{x,1} = -\frac{1}{2}\frac{(13{,}8)^2}{1} = -95{,}2200 \ m/s^2$$



$$a_{x,2} = -\frac{1}{2}\frac{v_{0x}^2}{x_2} = -\frac{1}{2}\frac{(13{,}8)^2}{\underbrace{(5 \, 10^{-3})}_{5\,mm}} = -1{,}9044 \ 10^4 \ m/s^2$$



Nella prima parte del moto $\rightarrow$ I^a legge di Newton

(Pr. d'inerzia)

il passeggero continua il suo moto imperturbato fino a

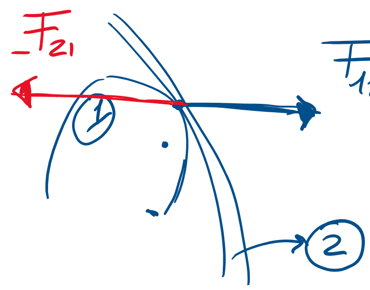
il passeggero continua il suo moto imperturbato fino a che non viene frenato
$$\begin{cases} \text{CINTURA} & (1\,m) \\ \text{VETRO} & (5\,mm) \end{cases}$$

Quanto vale la forza che esercita il passeggero sul vetro?

II legge di Newton

$$\begin{cases} F_{x,1} = m\, a_{x,1} = 5{,}7132 \; 10^{3}\; N & (\text{con cintura}) \\ F_{x,2} = m\, a_{x,2} = 1{,}1426 \; 10^{6}\; N & (\text{senza cintura}) \end{cases}$$

È rischioso per la salute?



$F_{12} = F_{x,1}$

III^e LEGGE DI NEWTON (Az → Reaz.)

$$F_{21} = F_{12} = \begin{cases} 5{,}713 \; 10^{3}\; N \simeq 5{,}7\; 10^{3}\; N < F_{\text{ROTTURA OSSA}} \\ \end{cases}$$

$$F_{21} = F_{12} = \begin{cases} 5{,}713 \cdot 10^{3}\ N \simeq 5{,}7 \cdot 10^{3}\ N < F_{\text{rottura ossa}} \\ 1{,}142 \cdot 10^{6}\ N \simeq 1{,}2 \cdot 10^{6}\ N \gg F_{\text{rottura ossa}} \end{cases}$$

$$F_{\text{rottura, ossa}} = 6\ kN$$

Con la cintura non abbiamo frattura delle ossa

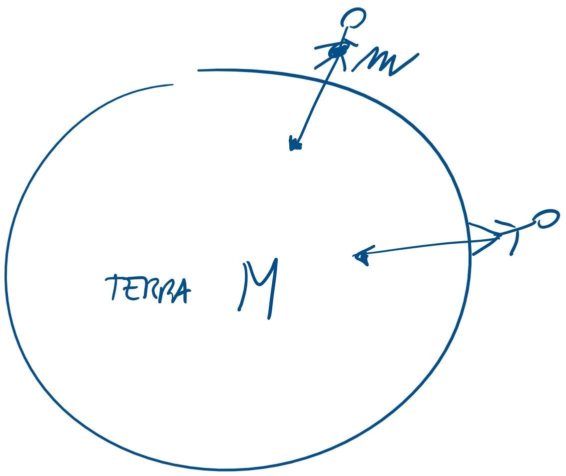
$F < F_{\text{rottura}}$; senza cintura otteniamo una forza 10^3 volte superiore alla soglia

FORZE NOTEVOLI

- FORZA GRAVITAZIONALE

↳ Effetto di un campo gravitazionale

La deformazione dello spazio causata dalla presenza di una massa



Ogni massa sente il campo gravitazionale e viene attirata verso la massa che lo deforma

F_p = Forza peso $= mg$

↳ accelerazione di gravità

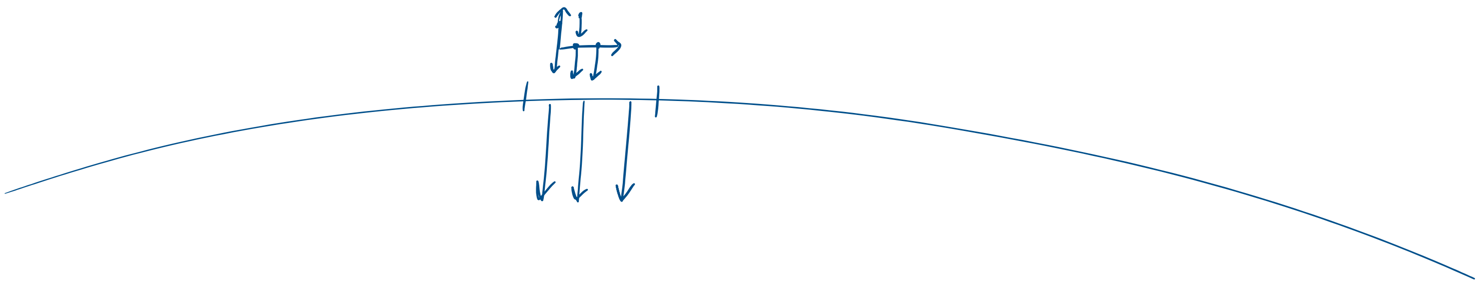
Cost.

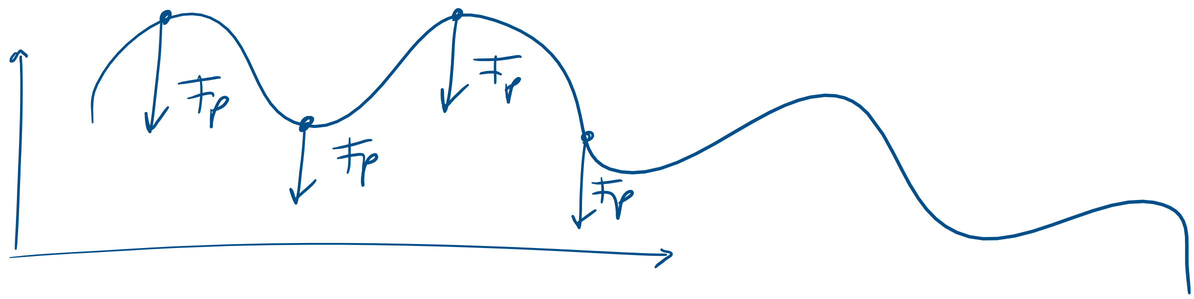
Massa Terra

$$F_p = G \frac{M \cdot m}{r^2} \simeq mg$$

DIST.

g può considerarsi costante $\boxed{g \simeq 9{,}81\ m/s^2}$





$$\vec{F}_p \begin{cases} F_y = -F_p \\ F_x = 0 \end{cases}$$

$$\vec{F}_p = (0; -mg)$$

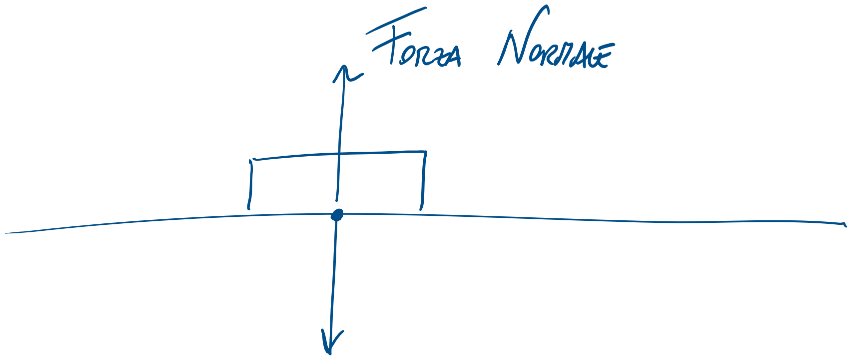
$$\begin{cases} F_y = ma_y = -mg \\ F_x = ma_x = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \underline{\underline{a_y = -g}} \\ \ldots \end{cases}$$ $\Rightarrow$ causa m.u.a. caduta libera

$$\left\{ \underline{a_x = 0} \right.$$

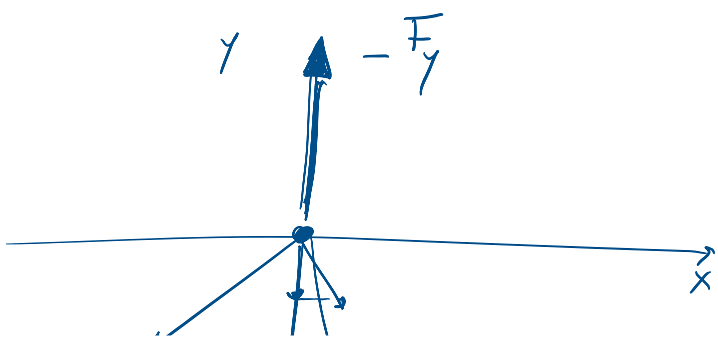
$$\begin{cases} y = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2 \\ x = x_0 + v_{0x} \end{cases}$$

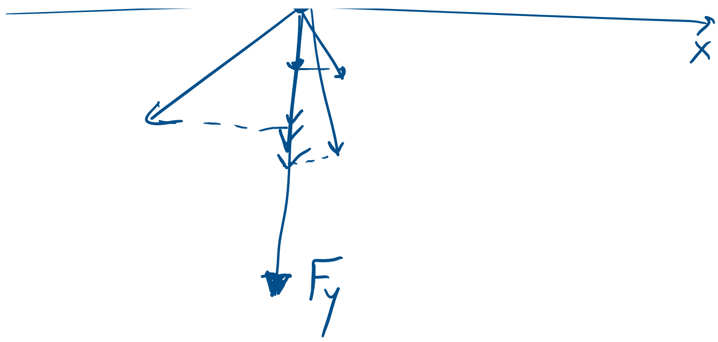
Forza (Reazione) Normale



$F_N = F_y$ (perpendicolare alla sup.)

↳ alla risultante delle F_y $\perp$ alla sup.





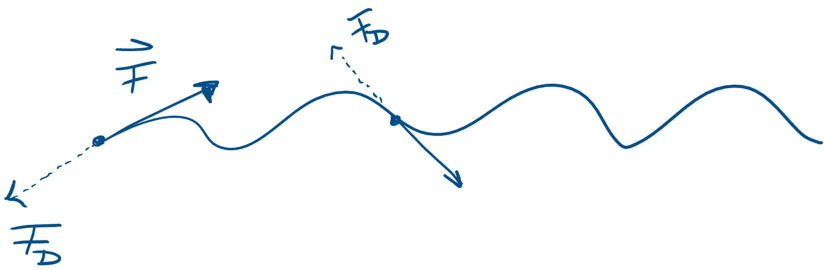
Forza d'attrito

$F_{S,D}$ si "oppone al movimento"

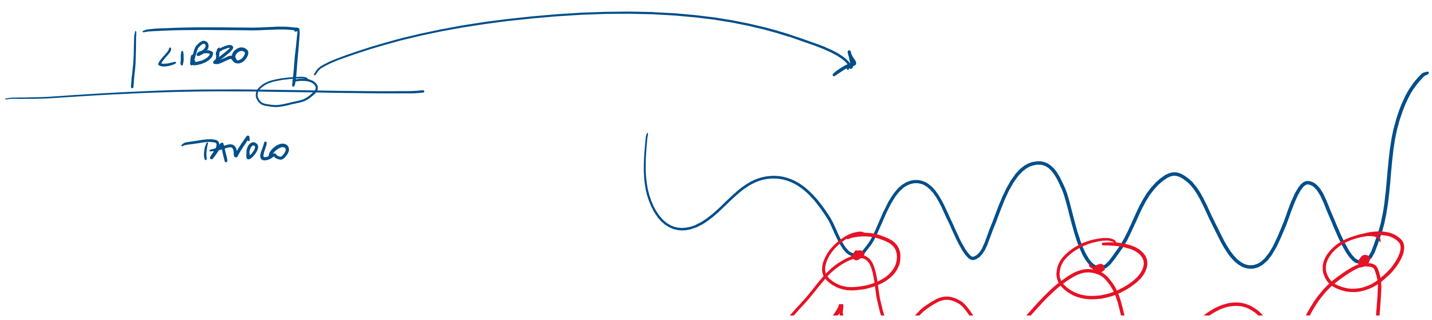
↙ Statica

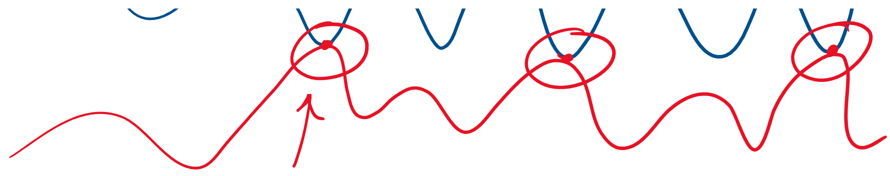
↳ Dinamica

$\begin{cases} \text{Stessa direzione del moto} \\ \text{Verso opposto} \end{cases}$



Da dove nasce queste forze?





legami molecolari

Per mettere in movimento l'oggetto devo "rompere" legami molecolari che si erano stabiliti

↳ Macroscopicamente

$$F_{s,D} = -\underbrace{\mu_{s,D}}_{\text{coefficiente di attrito (statico/dinamico)}}\ \underbrace{F_N}_{\text{Reazione normale}}$$

$\mu_{s,D}$ è adimensionale

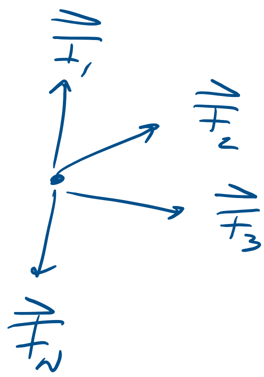
$$0 \le \mu_{s,D} \le 1$$

Qualche esempio:

Qualche esempio:

	μ_S	μ_D
GOMMA – GHIACCIO BAGNATO	0,1	0,06
ACCIAIO – ACCIAIO	0,74	

Quando in generale su un p.to materiale agiscono più forze:



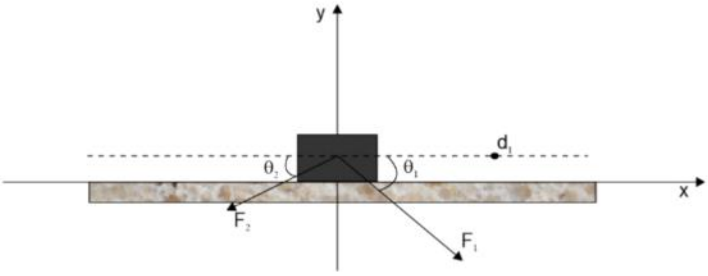
$$\vec{F}_{RIS} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = m\vec{a}$$

$$\begin{cases} F_{RIS,x} = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = m a_x \\ F_{RIS,y} = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = m a_y \end{cases}$$

Esercizio su $\vec{F}_{RIS}$:

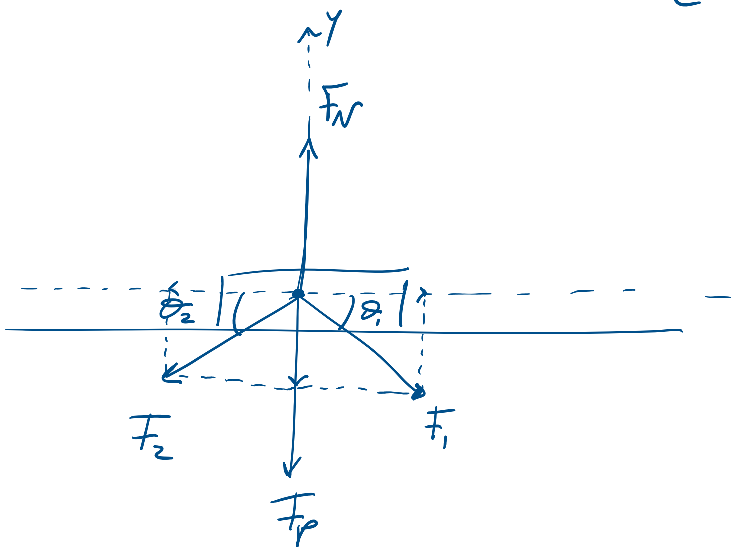
Un blocco di massa m = 6 kg e' sottoposto (oltre che alla sua forza peso) a due forze F_1 ed F_2 che lo spingono su un piano orizzontale privo di attrito. Sapendo che F_1 = 15N, $\theta_1 = 40°$, F_2 = 3N, $\theta_2 = 30°$, calcolare:

1. Il modulo della risultante delle forze;
2. Il modulo, direzione e verso dell'accelerazione del blocco;
3. Supponendo ora che ci sia un attrito dinamico con μ_k=0.05, quanto vale la forza di attrito dinamico;
4. E quanto vale il modulo della accelerazione del blocco in questo caso;
5. Il momento di F_1 rispetto ad un asse perpendicolare al foglio e posto ad una distanza d_1= 2m (indicato in figura)



$$\begin{cases} F_{RIS,x} = ? \\ F_{RIS,y} = ? \end{cases}$$

$$\vec{F}_{RIS} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_P + \vec{F}_N$$



$$\begin{cases} F_{RIS,x} = F_1 \cos\theta_1 - F_2 \cos\theta_2 = 8,92\,N \\ F_{RIS,y} = -F_1 \sin\theta_1 - F_2 \sin\theta_2 - F_P + F_N = 0 \end{cases}$$

(se la sup. è impenetrabile)

$$|\vec{F}_{RIS}| = \sqrt{F_{RIS,x}^2 + F_{RIS,y}^2} = 8,92\,N$$

$|\vec{F}_{RIS}| \simeq 9N \quad (1 \text{ c.s.})$