

# Lezione #4

9/11/2022

PARZIALE I - 16/12/2022 ore 11-15

Due gruppi { A) 11-1230 [AULA 12]  
                  { B) 13-1430

## LEGGI DI NEWTON

1<sup>a</sup>) PR. INERZIA

$$\vec{F}^{RIS} = \vec{0}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \vec{v} = \text{cost.} \\ \vec{v} = \vec{0} \text{ rimane fermo} \end{array} \right.$$

2<sup>a</sup>)  $\vec{F} = m\vec{a}$

↑  
Forza  $[F] = N = \text{Newton}$

$$[m] = \text{kg}$$

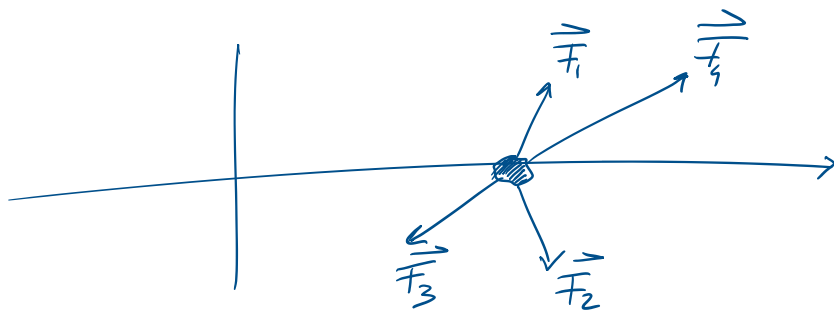
$$[a] = \text{m/s}^2$$

F è pari a 1 N quando è in grado di accelerare una massa pari a 1 kg di 1 m/s<sup>2</sup>

una massa pari a 1 kg in 1 m/s<sup>2</sup>

Quando su un corpo agiscono più forze (n)

$$\vec{F}^{RIS} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$



$$F_x^{RIS} = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx}$$

$$\vec{F}^{RIS} = (F_x^{RIS}; F_y^{RIS})$$

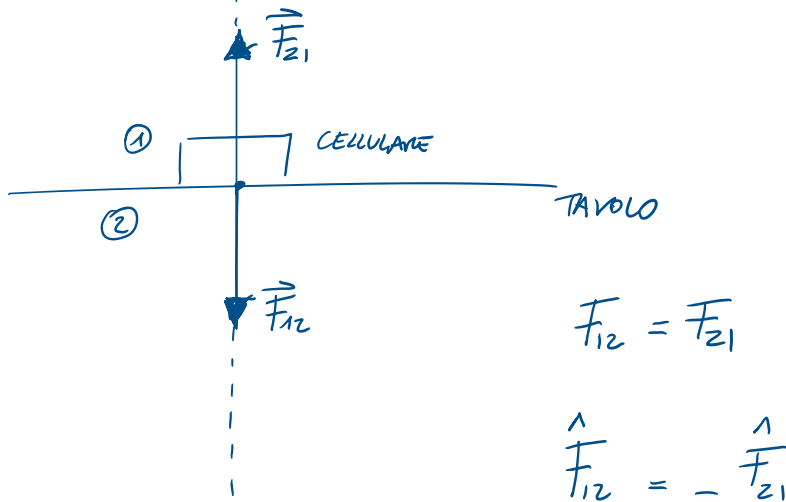
$$F_y^{RIS} = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny}$$

$$|\vec{F}^{RIS}| = \sqrt{(F_x^{RIS})^2 + (F_y^{RIS})^2}$$

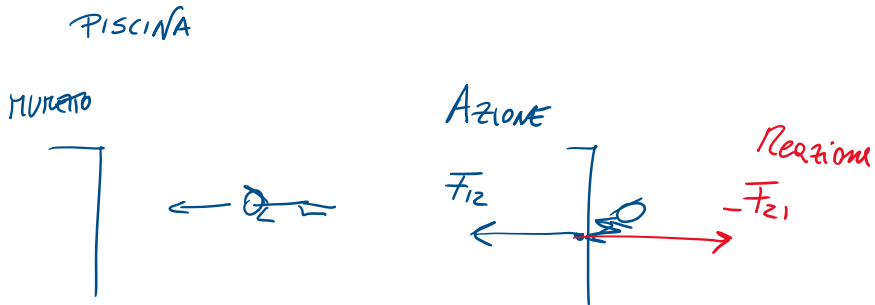
$$\begin{cases} F_x^{RIS} = \max \\ F_y^{RIS} = \max \end{cases}$$

### 3<sup>a</sup> LEGGE DI NEWTON (PR. AZIONE/REAZIONE)

Due corpi a contatto si scambiano forze uguali in modulo e direzione ma verso opposto.

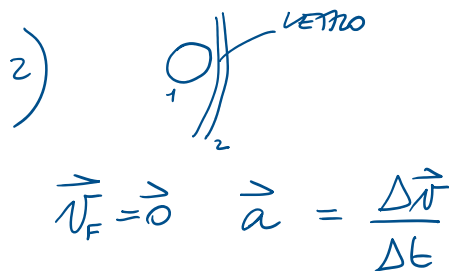
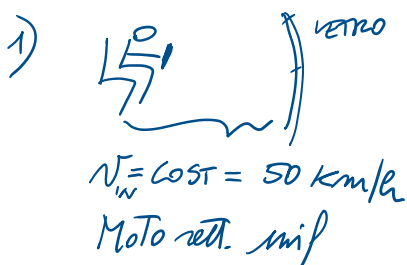


Esempio:



ESEMPIO: CRASH TEST

a) NO CINTURA, NO AIRBAG



$$|v_w - \omega r| = 20 \text{ km/h}$$

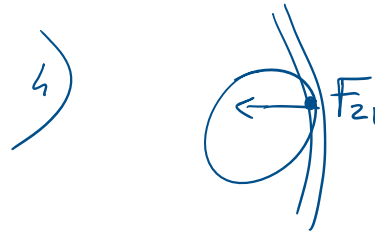
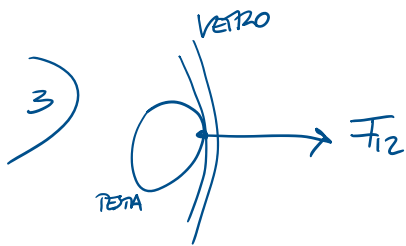
Moto rettil. unif

$$\vec{F}^{RIS} = \vec{0} \quad (I^a \text{ L. DI NEWTON})$$

$$\vec{v}_F = \vec{0} \quad \vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \vec{a} \Rightarrow II^a \text{ LEGGE DI NEWTON}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{12} = m_{\text{AUTOMOBILISTA}} \vec{a}$$



Pr. AZIONE/REAZ.  $F_{21} = -F_{12}$

se  $F_{21}$  supera 6 kN  $\Rightarrow$  frattura

osse craniche  $\Rightarrow$  trauma

Ince con airbag

$\Sigma, \Delta t' \gg \Delta t$  (comincio a rallentare molto prima)

$\Downarrow$

$$a' = \frac{\Delta v}{\Delta t'} \ll a \text{ precedente}$$

$\Downarrow$

$$F_{12}' \ll F_{12} \Rightarrow \underline{F_{21}' \ll F_{21}}$$

$$[m = 60 \text{ kg}]$$

$$F_{z1}' = 1 \text{ kN}$$

## ESERCIZIO DETTAGLIATO SU CRASH TEST E AIRBAG (RIEPILOGO DELLE TRE LEGGI DI NEWTON)

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  $\Delta x_{\text{cint}} = 1 \text{ m}$ . Un occupante, trattenuto dalla cintura decelera insieme all'auto.

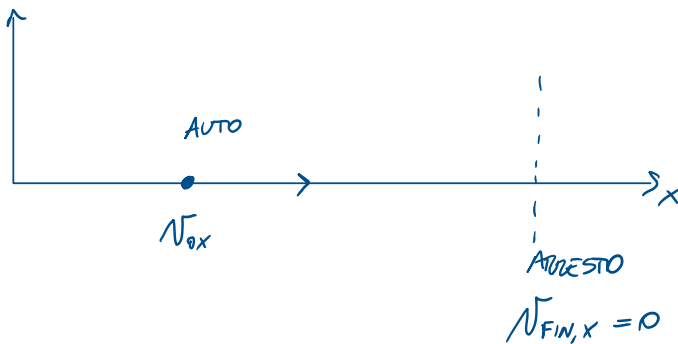
1. Cosa succede invece a un occupante senza cintura di sicurezza? A quale legge di Newton possiamo fare riferimento per spiegarne il moto?

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  $\Delta x_{\text{vetro}} = 5 \text{ mm}$ . Supponiamo che l'auto stia procedendo lungo asse x alla velocità iniziale di  $v_i = 50 \text{ km/h}$  (tutta diretta lungo asse x) e che la massa del passeggero sia  $m = 60 \text{ kg}$ . Sapendo che nell'urto l'auto passa dalla velocità iniziale a una velocità finale nulla nelle distanze riportate (5 mm 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
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  $F_{\text{max}} = 6 \text{ kN}$ ,

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?



2)

Moto unif. accelerato lungo x

|

|



Dati

$$\begin{cases} v_{i, x} = 50 \text{ km/h} = 13,888 \text{ m/s} \\ x_0 = 0 \text{ m} \end{cases} \quad \begin{matrix} v_{F, x} = 0 \\ x_F = 1 \text{ m} \end{matrix}$$

$$a_x = ?$$

$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2 \\ v_{F, x} = v_{0x} + a_x t \end{cases}$$

All'arresto  $v_{F, x} = 0 \Rightarrow 0 = v_{0x} + a_x t_{\text{ARRESTO}}$

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

$$x_{\text{ARRESTO}} = \cancel{x_0} + v_{0x} t_{\text{ARRESTO}} + \frac{1}{2} a_x t_{\text{ARRESTO}}^2$$

$\downarrow$                        $\downarrow$   
 1 m                      0

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

$\sqrt{\quad}$                        $\sqrt{\quad}$

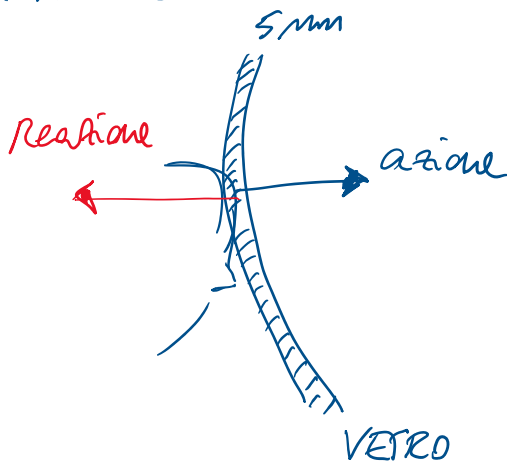


$$a_x = - \frac{1}{2} \frac{v_{0x}^2}{x_{ARRESTO}}$$

$$a_x = - \frac{1}{2} \frac{13,88^2}{(5 \cdot 10^{-3})} = - 1,9 \cdot 10^4 \text{ m/s}^2$$

$$F = m a_x = 60 (-1,9 \cdot 10^4) = -1,14 \cdot 10^6 \text{ N}$$

Senza cintura





Sullo fronte si sente una reazione pari a

$$F = 1,14 \cdot 10^6 \text{ N}$$

Dal momento che la max  $F$  sopportabile prima delle fratture era  $6 \text{ kN} = 6 \cdot 10^3 \text{ N}$

$\Rightarrow$  la riza è letale!

ESERCIZI "FORTEMENTE" CONSIGLIATI:

Hallyday Resnicki CAP. IV

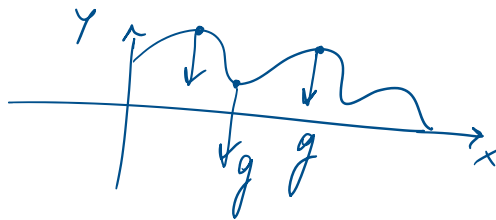
4.6 Eserizi 13/14/16/18/19/21/22/23/24/26/27

FORZA PESO

$$F_P = mg \quad \left( \vec{F} = m\vec{a} \right)$$

$y \uparrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow$

$$\vec{a} = (0; -g)$$



Per un oggetto in caduta libera:



$$\vec{F}^{RIS} = \vec{F}_P \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{Px} = m a_x = m(0) = 0 \\ F_{Py} = m a_y = m(-g) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{array} \right.$$

$\Rightarrow$  moto in caduta libera  
con  $\vec{a} = (0; -g)$

~~FORZA~~ RESISTENZA AERODINAMICA

$$F_{\text{aereo}} = \frac{1}{2} \rho c A v^2$$

$\rho$   $\rightarrow$  densità dell'aria  
 $c$   $\rightarrow$  fattore di forma  
 $A$   $\rightarrow$  superficie  
 $v$   $\rightarrow$  velocità

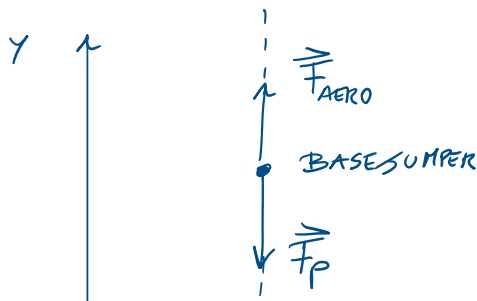
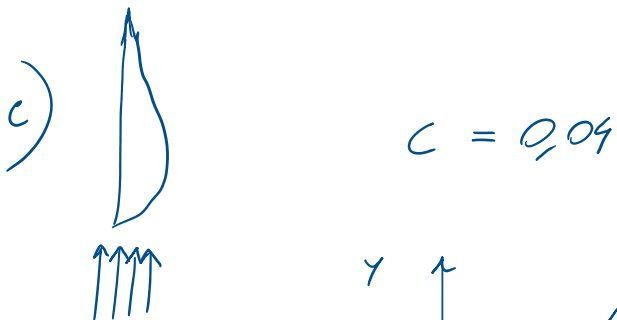
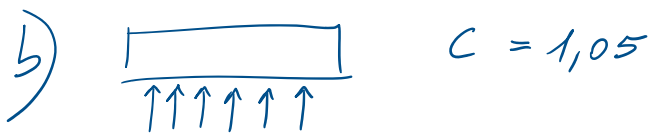
Densità dell'aria ( $\rho_{\text{ARIA}} = 1.2 \text{ kg/m}^3$ )

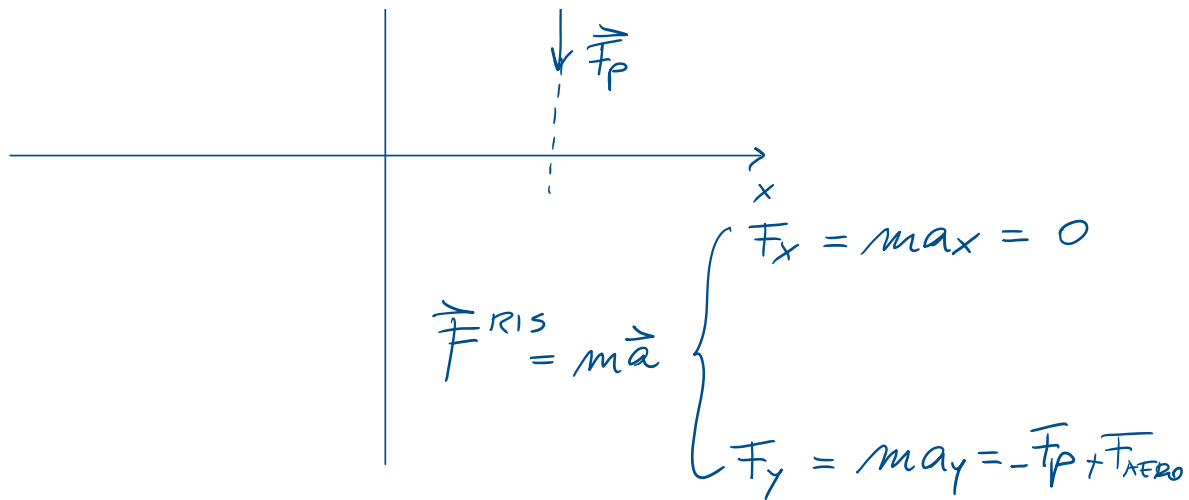
Densità dell'aria ( $\rho_{\text{ARIA}} = 1 \text{ kg/m}^3$ )

Esercizio:

Un basejumper si lancia in caduta libera nell'aria ( $\rho_{\text{ARIA}} = 1 \text{ kg/m}^3$ ). Sapendo che la sua massa  $m = 80 \text{ kg}$  calcolare la velocità limite raggiunta con e senza paracadute ( $C = 1,05$ ;  $A = 50 \text{ m}^2$ ).

Consideriamo diversi fattori di forma:





Raggiungo la  $N_{LIMITE}$  quando  $F_y = 0$

$$0 = -F_p + F_{AERO}$$

$$0 = -mg + \frac{1}{2} \rho A c N_{LIMITE}^2 \quad N_{LIMITE} = ?$$

$$\frac{1}{2} \rho A c N_{LIMITE}^2 = mg$$

$$N_{LIMITE} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho A c}}$$

Senza para cadute  $A_{BASE\ DIVER} = \overset{\uparrow A_{AEREE}}{(1,80 \cdot 0,5)} = 0,9$

$$c = 0,04 \quad \uparrow \text{altezza}$$

$$m = 80 \text{ kg}$$

$$N_{\text{CRITTE}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 80 \cdot 9,81}{1 \cdot 0,5 \cdot 0,04}} =$$

$$N_{\text{CRITTE}} = 208,8 \text{ m/s} \approx 751 \text{ km/h}$$

Nella realtà il fattore "reale" è  $c = 0,4$

Se  $c = 0,4$

$$N_{\text{CRITTE}} = 66,03 \text{ m/s} \approx 237 \text{ km/h}$$

Con il paracadute  $\begin{cases} c = 1 \\ A = 50 \text{ m}^2 \end{cases}$

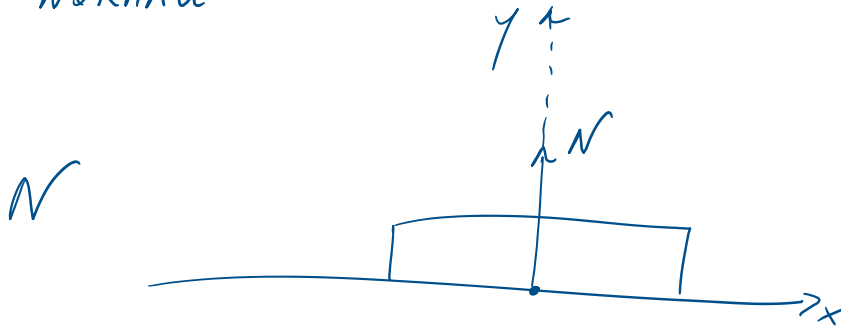
$$N_{\text{CRITTE, PARACADUTE}} = 5,6 \text{ m/s} \approx 20,16 \text{ km/h}$$

$$N = \sqrt{\frac{2mg}{\rho A C}}$$

$$[N] = \sqrt{\frac{(\cancel{kg}) \cdot m/s^2}{(\frac{\cancel{kg}}{m^3}) m^2}} = \sqrt{\frac{m/s^2}{m^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{m^2}{s^2}} = \frac{m}{s} \quad \checkmark$$

## REAZIONE NORMALE



forza perpendicolare alla sup. e pari alla

$$F_y^{ris}$$

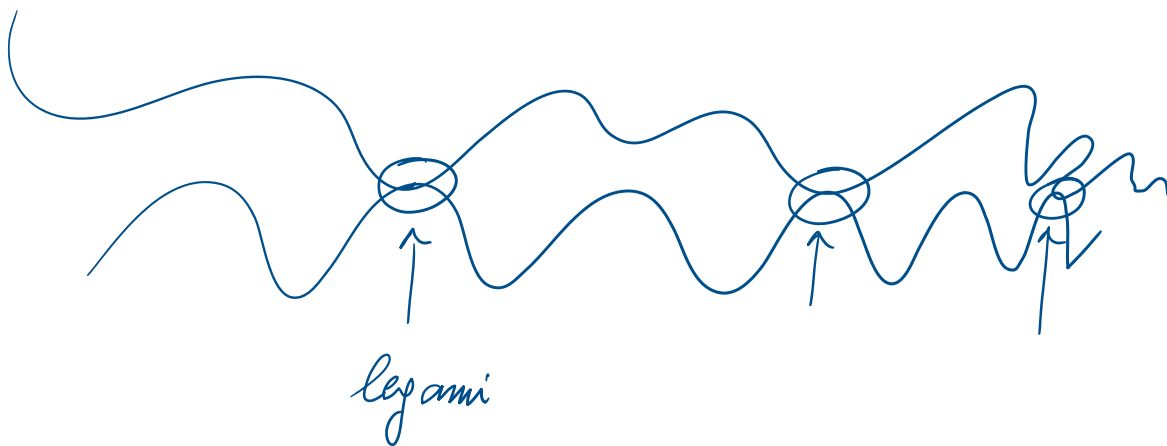
$$N = F_{\perp} = F_y^{ris}$$

Il modulo di  $N$  è pari alla somma di tutte

Il modulo di  $N$  è pari alla somma di tutte  
le componenti delle forze lungo l'asse  $y$  !!  
(non soltanto le  $F_p$ )

## FORZA D'ATTRITO

Da un pto di vista microscopico dipende  
dai legami che si stabiliscono tra le molecole  
dei due corpi a contatto



Per essere messi in movimento devono rompersi  
questi legami.

Da un pto di vista macroscopico:

$$F_{S,D} = -\mu_{S,D} N$$

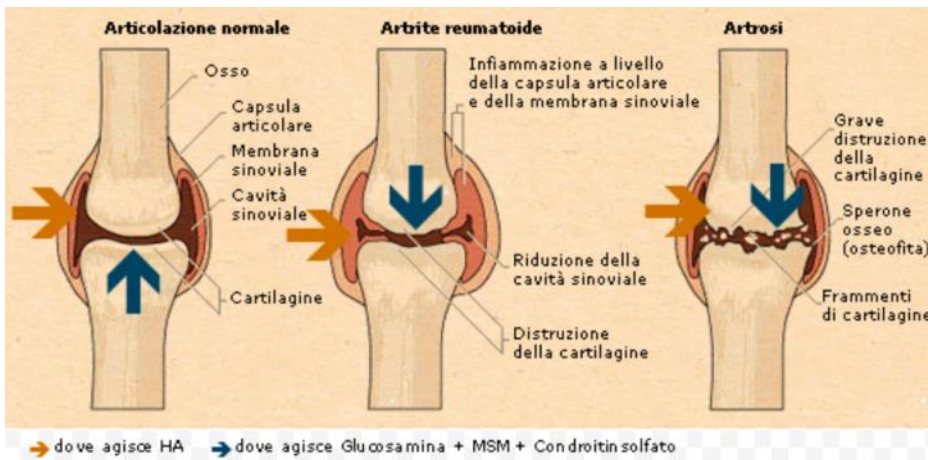
$F_{S,D}$  → STATICO (S) / DINAMICO (D)  
 $\mu_{S,D}$  → reazione normale  
 (mu; coefficiente di attrito)

$\mu_{S,D}$  coeff. adimensionali

$$0 \leq \mu_{S,D} \leq 1$$

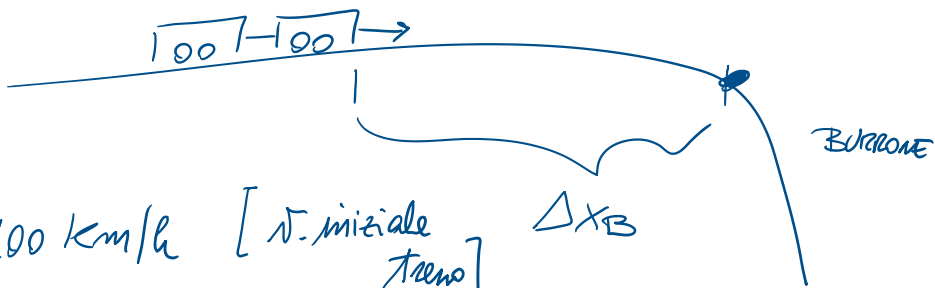
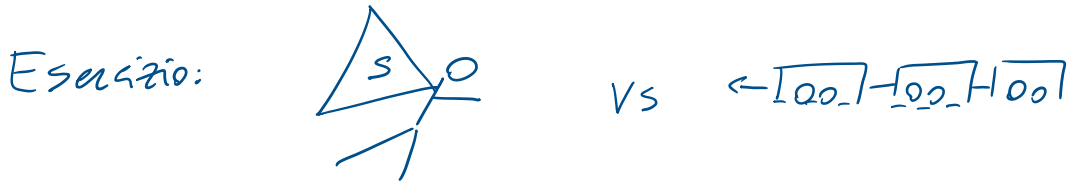
ESEMPIO BIOMEDICO:

- Il liquido sinoviale consente di diminuire il coefficiente di attrito dinamico tra le due superfici ossee. Quando esso diminuisce l'attrito nell'articolazione è troppo alto e sentiamo dolore. Per ripristinare il corretto valore del coefficiente di attrito si utilizzano infiltrazioni di acido ialuronico che consente di ripristinare il corretto valore del coefficiente di attrito





ESERCIZIO:



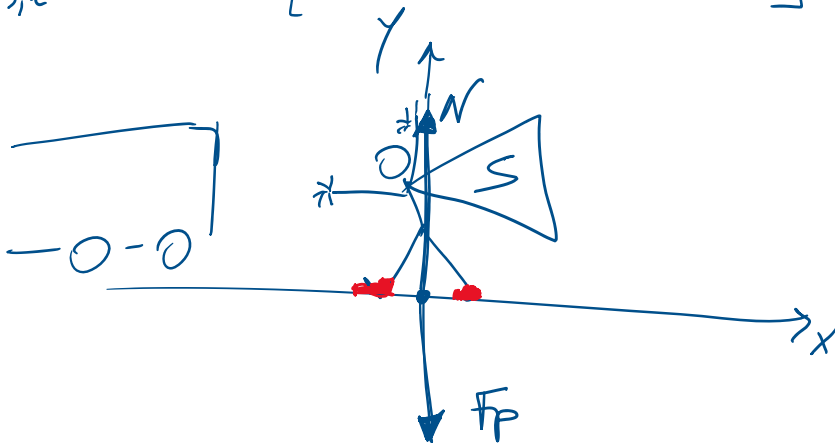
$v_0 = 100 \text{ km/h}$  [v. iniziale treno]  $\Delta x_B$

$\Delta x_B = 2,5 \text{ km}$

$M_{\text{TRENO}} = 10.000 \text{ kg}$

$M_{\text{SUPERINTENDENTE}} = 85 \text{ kg}$

$\mu_{s,k} = 1$  [MASSIMO VALORE POSSIBILE]

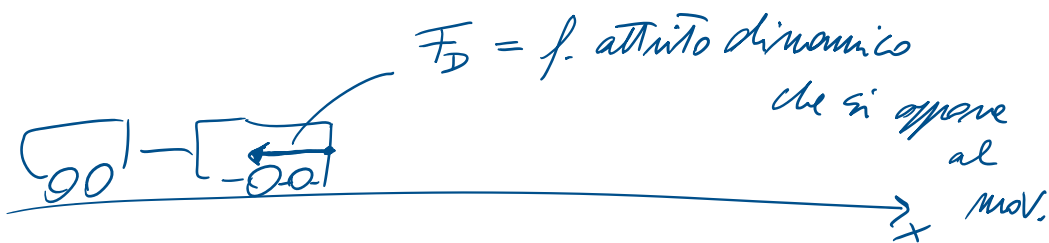


Su superman

$$\begin{cases} F_x = m a_x = 0 \\ F_y = m a_y = -F_p + N = 0 \end{cases}$$

$$N = F_p = m_{\text{sup}} g$$

Arriva il treno  $\rightarrow$  contatto con superman



Sul treno:

$$F_x = M_{\text{TRENO}} a_x = -\mu_D N$$

$$a_x = - \frac{\mu_D N}{M_{\text{TRENO}}} = - \frac{\mu_D (m_{\text{sup}} g)}{M_{\text{TRENO}}}$$

$$a_x = - \frac{1.85.981}{10000} = -0,0834 \text{ m/s}^2$$

$$a_x = -0,0834 \text{ m/s}^2$$

$$\leftarrow \overline{100}$$



Moto unif. accelerato (decelerato) con  $a_x = -0,0834 \text{ m/s}^2$   
solo lungo l'asse  $x$

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

Se si ferma  $v_x = 0 \Rightarrow t_{\text{ARRESTO}}$

$$0 = v_{0x} + a_x t_{\text{ARRESTO}}$$

$$v_{0x} = 100 \text{ km/h}$$

$$t_{\text{ARRESTO}} = - \frac{v_{0x}}{a_x} = - \frac{27,8}{(-0,0834)} = 27,8 \text{ m/s}$$

$$t_{\text{ARRESTO}} = 333,3 \text{ s}$$

$$x(t_{\text{ARRESTO}}) = \underset{\substack{|| \\ 0}}{x_0} + v_{0x} t_{\text{ARRESTO}} + \frac{1}{2} a_x t_{\text{ARRESTO}}^2$$

$$X_{\text{ARRESTO}} = (27,8) \cdot (333,3) + \frac{1}{2} (-0,0834) (333,3)^2$$

$$X_{\text{ARRESTO}} = 4,62 \cdot 10^3 \text{ m}$$

