

# Lezione #4

7/11/2024

Data 1<sup>a</sup> prova in itinere: 19/12/24

orario: 9-14

## MECCANICA

cinematica  $\rightarrow$  Descrizione moto ~~cause~~

$\rightarrow$  Cause movimento è legata non alle  $\vec{v}$  ma alle sue variazioni nel Tempo

$$\boxed{\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}} \quad \checkmark$$

Sollecitazione che causa il movimento è una forza  
grandezza fisica:

Forza  $\Rightarrow \vec{F}$

3 Leggi di Newton:

## I<sup>a</sup> LEGGE DI NEWTON (PR. D'INERZIA)

Se la risultante delle forze che agiscono su un sistema è nulla  $\Rightarrow$  la sua velocità non può cambiare

$$\vec{v} = \text{cost}$$

In particolare se  $\vec{v} = \vec{0}$  rimane fermo  
(fermo)

## II<sup>a</sup> LEGGE DI NEWTON:

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



$\vec{F}$  è un vettore  $\parallel \vec{a}$

$[\vec{F}] = \text{Newton} = N$  tutte le forze si esprimono in Newton!!!!

$\vec{F} \propto \vec{a}$  Tanto + grande  $\vec{F} \Rightarrow \nearrow \vec{a}$

$\vec{a}$  è invers. proporzionale alla massa

$m$  = massa inerziale; grandezza scalare

$\hookrightarrow$  grandezza fisica  $\rightarrow$  proprietà intrinseca che rappresenta la resistenza al cambiamento di

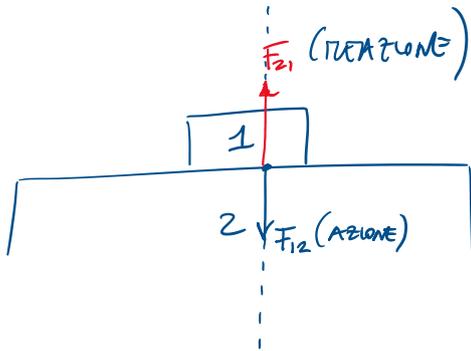
movimento

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

$F = 1 \text{ N}$  quando acceleriamo una massa di  $1 \text{ kg}$  con  
 $a = 1 \text{ m/s}^2$

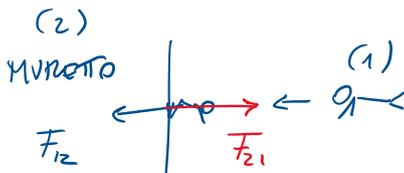
### III<sup>e</sup> LEGGE DI NEWTON (PR. AZIONE/REAZIONE)

Quando due corpi si scambiano forze di contatto queste sono uguali in modulo e direzione ma verso opposto



Esempio:

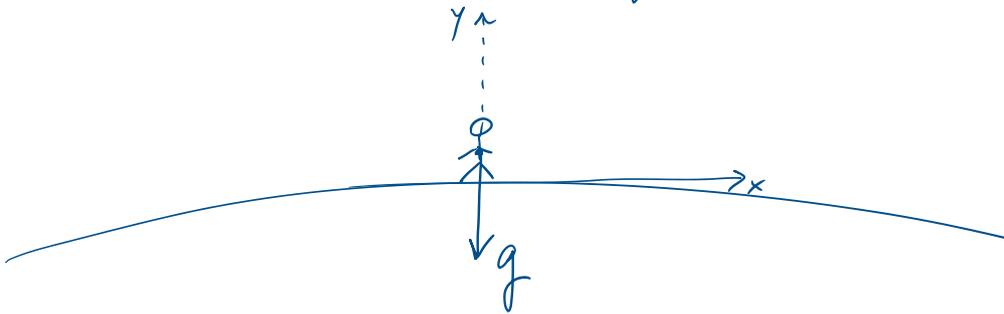
Spinte in piscina



FORZA PESO

$$\vec{F}_P = mg$$

accelerazione di gravità



$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix}$$

II<sup>a</sup> legge di Newton

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

$$F_P = mg$$

$$F_x = ma_x = m \cdot 0 = 0$$

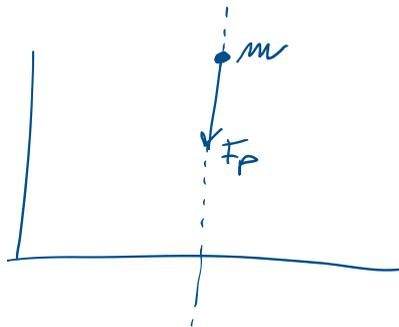
$$F_y = ma_y = m(-g)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_x = 0 \Rightarrow N_x = \text{cost.} \\ F_y = -mg \Rightarrow N_y \neq \text{cost.} ; (a_y = -g) \end{array} \right.$$

Quindi se lasciamo cadere (caduta libera) un oggetto: se  $\vec{F} = \vec{F}_P$

$$N_x = 0$$

$$N_y = N_{0y} - gt$$



$$\text{Se } N_{0y} = 0 \Rightarrow N_y = -gt$$

Se  $N_{0y} = 0 \Rightarrow \boxed{N_y = -gt}$

Se  $A$  aumenta  $\Rightarrow N_y \rightarrow \infty$

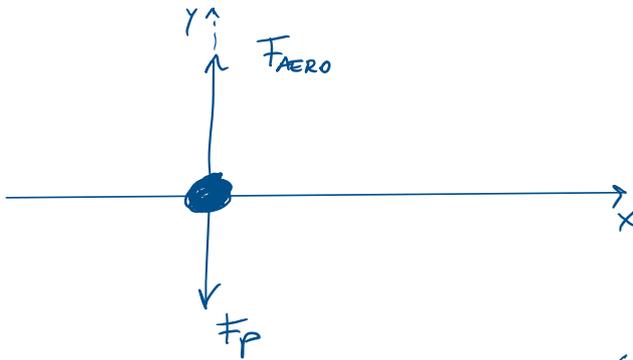
In realtà quando cadiamo è presente anche una seconda forza legata alla resistenza dell'aria:

$F$  di resistenza aerodinamica:

$$F_{AERO} = \frac{1}{2} \rho A C_D v^2$$

$\rho$  → densità dell'aria ( $\rho \approx 1 \text{ kg/m}^3$ )  
 $A$  → superficie  
 $C_D$  → fattore di forma  
 $v$  → velocità

In caduta libera:



Come calcolo la risultante delle forze:

$$\vec{F}^{RIS} = \vec{F}_P + \vec{F}_{AERO}$$

$$F_x^{RIS} = m a_x = 0$$

$$F_y^{RIS} = m a_y = -F_P + F_{AERO}$$

$$\rightarrow F_x^{RIS} = 0$$

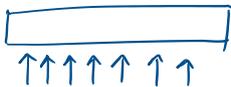
Quando raggiunge  $N_{critica} \Rightarrow \overline{F}_y^{ris} = 0$

$$0 = -mg + \frac{1}{2} \rho A C N_{crit}^2$$

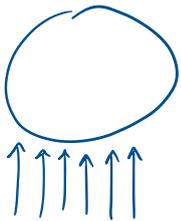
$$\frac{1}{2} \rho A C N_{crit}^2 = mg$$

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

Qualche esempio di fattore di forma



$$C = 1,05$$



$$C = 0,47$$



$$C = 0,04$$

Questo profilo è fondamentale  
per il volo!!

Primo esempio: scoiattolo volante:



Quando saetta



A ↗

diventando 3v. + grande



Quando saetta  
 ↓↓  
 A ↗  
 diventando 3v. + grande

Secondo esempio:

FALCO PELEGRINO  
 Mezzanotte + veloce al mondo

<https://youtu.be/5uy84N8CiR0>



Video su velocità limite  
 in caduta libera

↑  
 profilo  
 a goccia  
 $C = 0,04$

Esercizio:



Calcolare le  $N_{crit}$  in picchiata e in planata per un'aquila  
 con una massa  $m = 5 \text{ kg}$ ; in aria  $\rho = 1,05 \text{ kg/m}^3$

Sapendo che  $C_{PICCHIATA} = 0,1$ ;  $A_1 = 0,12 \text{ m}^2$



in planata  $C_{PLANATA} = 1,05$ ;  $A_2 = 1,08 \text{ m}^2$ .

$N_{crit} = ?$

1) in picchiata:  $\text{kg}$   $\text{m/s}^2$

1) In pendenza:

$$v_{cin} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho c A}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 9,81}{1,05 \cdot 0,1 \cdot 0,12}} = 88,24 \text{ m/s}$$

$\begin{matrix} \text{kg} & \text{m/s} \\ \uparrow & \nearrow \\ \text{kg} & \text{m}^2 \end{matrix}$

$$[v_{cin}] = \sqrt{\frac{\cancel{\text{kg}} \cancel{\text{m}} \text{m/s}^2 \cancel{\text{m}}}{\frac{\cancel{\text{kg}}}{\cancel{\text{m}^2}} \cancel{\text{m}^2}} = \sqrt{\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = \text{m/s} \quad \checkmark$$

$v_{cin} \approx 90 \text{ m/s} \approx 320 \text{ km/h}$

In pendenza

In piana:

$$v_{cin} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 9,81}{1,05 \cdot 1,05 \cdot 1,08}} = 9,07 \text{ m/s} \approx 32,6 \text{ km/h}$$

$v_{cin} \approx 9 \text{ m/s}$

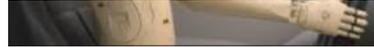
In piana  
 $\approx 30 \text{ km/h}$

Esercizio:

Esercizio di riepilogo sulle 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  $\Delta x_{\text{int}} = 1 \text{ m}$ . Un occupante, trattenuto dalla cintura decelera insieme all'auto.

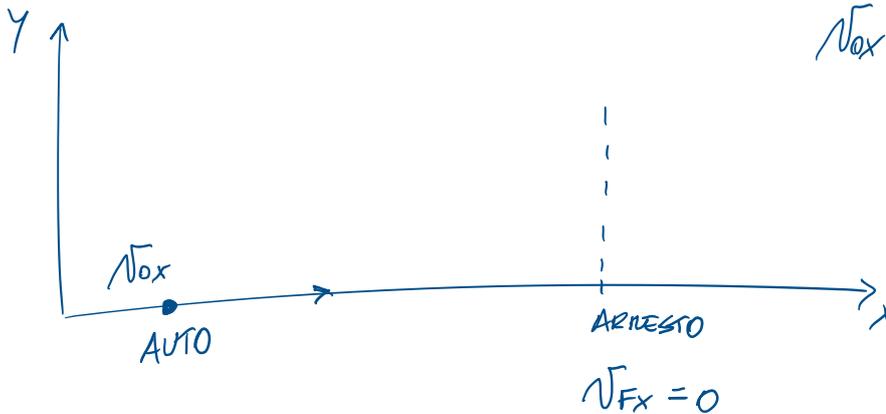
1. Cosa succede invece a un occupante senza cintura di sicurezza? A quale legge di Newton possiamo fare riferimento per spiegarne il moto?

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 (1 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?



$$v_{0x} = 50 \text{ km/h} = \frac{50}{3.6} = 13.889 \text{ m/s}$$

A che tempo accade che  $v_{Fx} = 0$ ?

$$v_{Fx} = v_{0x} + a_x t$$

$$0 = v_{0x} + a_x t_F$$

$$t_F = - \frac{v_{0x}}{a_x}$$



Sapendo che  $\Delta x = 1 \text{ mm}$  (caso auto lunotto)

Sapendo che  $\Delta x = 1 \text{ mm}$  (caso auto emolto)

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

$$\text{se } \Delta x = (x_F - x_0) \Rightarrow \Delta x = v_{0x} t_F + \frac{1}{2} a_x t_F^2$$

$$\Delta x = v_{0x} \underbrace{\left(-\frac{v_{0x}}{a_x}\right)}_{t_F} + \frac{1}{2} a_x \underbrace{\left(\frac{v_{0x}}{a_x}\right)^2}_{t_F^2}$$

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

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

$$v_{0x} = 13,889 \text{ m/s}$$

$\Delta x$  → 5 mm (vetro)  
→ 1 mm (cintura)

$$a_x = -\frac{1}{2} \frac{13,889^2}{(5 \cdot 10^{-3})} = -19290,43 \text{ m/s}^2$$

$$a_x = -\frac{1}{2} \frac{13,889^2}{1} = -95,22 \text{ m/s}^2$$

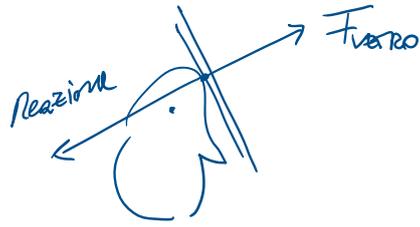
Pr. →  $F_{\text{vetro}} = 60 \cdot (-19290,43) =$

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

$$F_{\text{VETRO}} = 60 \cdot (-116,147) =$$

$$F_{\text{CINTURA}} = 60 \cdot (-95,22) =$$

$$\begin{cases} F_{\text{VETRO}} = -1,1544 \cdot 10^6 \text{ N} \\ F_{\text{CINTURA}} = -5713,2 \text{ N} \end{cases}$$



$$\begin{cases} F_{\text{REAZ, VETRO}} = 1,1544 \cdot 10^6 \text{ N} \\ F_{\text{REAZ, CINTURA}} = 5713,2 \text{ N} \end{cases}$$

$$F_{\text{ROMBA OSSA}} = 6 \text{ kN}$$

Quindi dal momento  $F_{\text{REAZ, CINTURA}} = 5713,2 < 6000 \text{ N} \checkmark$



Invece

$$F_{\text{REAZ, VETRO}} = 1,1544 \cdot 10^6 \gg 6 \text{ kN}$$



Questa forza è letale per il passeggero portando alla frattura delle ossa craniche