

# Precorso di Fisica



---

DIPARTIMENTO DI AGRARIA, NAPOLI, 16-18/09/24

MARIO MEROLA (C.D.L. TECNOLOGIE ALIMENTARI E SCIENZE  
AGRARIE, FORESTALI ED AMBIENTALI)

# Ricapitolazione unità di misura fondamentali e derivate

---

Grandezza fisica	Simbolo	Unità di misura
lunghezza	l	m
tempo	t	s
massa	m	kg
area	A	m <sup>2</sup>
volume	V	m <sup>3</sup>
densità	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>

# Altri esempi di grandezze derivate: accelerazione e forza

---

Accelerazione:  $a = \text{velocità}/\text{tempo} = v/t$

- rapporto tra una grandezza derivata (velocità) ed una fondamentale (tempo)

Dimensione dell'accelerazione:

$$[a] = [\text{velocità}]/[\text{tempo}] = (\text{m s}^{-1})/\text{s} = \text{m s}^{-2}$$

Forza:  $F = \text{massa} \times \text{accelerazione} = ma$  (seconda legge di Newton)

- prodotto tra una grandezza fondamentale (massa) ed una derivata (accelerazione)

Dimensione della forza:

$$[F] = [\text{massa}] \times [\text{accelerazione}] = \text{kg m s}^{-2} = \text{N (Newton)}$$

# Ancora sul cambiamento di unità di misura (I)

---

- Un oggetto che viene lanciato verso l'alto con una velocità  $v$  raggiunge l'altezza massima  $h = v^2/2g$  ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  accelerazione gravitazionale). Calcolare  $h$  espressa in  $\text{m}$  nei seguenti casi:  $v = 5 \text{ cm/s}$  e  $v = 10 \text{ km/h}$ .

$$h = \frac{v^2}{2g} =$$

# Ancora sul cambiamento di unità di misura (I)

---

- Un oggetto che viene lanciato verso l'alto con una velocità  $v$  raggiunge l'altezza massima  $h = v^2/2g$  ( $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  accelerazione gravitazionale). Calcolare  $h$  espressa in  $m$  nei seguenti casi:  $v = 5 \text{ cm/s}$  e  $v = 10 \text{ km/h}$ .

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(5 \text{ cm/s})^2}{2 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2} = \frac{25 (10^{-2} \text{ m/s})^2}{19.62 \text{ m/s}^2} =$$
$$= \frac{25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}^2}{19.62 \text{ m/s}^2} = 1.27 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

## Ancora sul cambiamento di unità di misura (II)

---

Una bottiglia d'olio ha un volume di  $\frac{3}{4}$  di litro. A quanti  $m^3$  corrisponde? A quanti millilitri corrisponde?

$$\frac{3}{4} L =$$

## Ancora sul cambiamento di unità di misura (II)

---

Una bottiglia d'olio ha un volume di  $\frac{3}{4}$  di litro. A quanti  $\text{m}^3$  corrisponde? A quanti millilitri corrisponde?

$$\frac{3}{4} \text{ L} = 0.75 \text{ L} = 0.75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\frac{3}{4} \text{ L} = 0.75 \text{ L} = 750 \text{ mL}$$

# Esempi di argomenti che studieremo e nozioni utili per i test di ingresso

---

- Cinematica
- Dinamica
- Fluidi
- Termodinamica
- Fenomeni elettrici



# Cinematica del punto materiale

---

La cinematica studia il moto dei corpi indipendentemente dalle cause

Moto rettilineo uniforme (velocità costante)

- Velocità:

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{\Delta t}$$

# Cinematica del punto materiale

La cinematica studia il moto dei corpi indipendentemente dalle cause

Moto rettilineo uniforme (velocità costante)

• Velocità:

$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{\Delta t}$$

• Posizione:

$$x_f = x_i + v_x \Delta t$$

*Legge oraria moto rettilineo uniforme*



# Cinematica del punto materiale

---

Moto rettilineo uniformemente accelerato (accelerazione costante)

- Velocità istantanea: 
$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

- Accelerazione: 
$$a_x = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

- Posizione e velocità: 
$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v_f = v_i + a t$$

*Leggi orarie moto uniformemente accelerato*

# Cinematica del punto materiale

---

Corpo in caduta libera: corpo che cade liberamente sotto effetto della forza di gravità.

Accelerazione di gravità uguale per tutti i corpi (indipendente dalla massa o dalla forma):  $a = g = 9.81 \text{ m/s}^2$

# Esercizi cinematica (test ingresso)

---

In un moto rettilineo uniforme lo spazio percorso:

- a) aumenta con il quadrato del tempo
- b) si riduce all'aumentare del tempo
- c) aumenta linearmente col tempo

In un moto uniformemente accelerato la velocità:

- a) si riduce all'aumentare del tempo
- b) aumenta linearmente col tempo
- c) aumenta con il quadrato del tempo

L'accelerazione di gravità sulla superficie della Terra è uguale a

- a)  $9.81 \text{ m/s}^2$
- b)  $9.81 \text{ m/s}$
- c)  $3.85 \text{ m/s}^2$

# Esercizi cinematica (test ingresso)

---

In un moto rettilineo uniforme lo spazio percorso:

- a) aumenta con il quadrato del tempo
- b) si riduce all'aumentare del tempo
- c) aumenta linearmente col tempo

$$x_f = x_i + v_i t$$

In un moto uniformemente accelerato la velocità:

- a) si riduce all'aumentare del tempo
- b) aumenta linearmente col tempo
- c) aumenta con il quadrato del tempo

$$v_f = v_i + at$$

L'accelerazione di gravità sulla superficie della Terra è uguale a

- a) 9.81 m/s<sup>2</sup>
- b) 9.81 m/s
- c) 3.85 m/s<sup>2</sup>

# Esercizi cinematica (test ingresso)

---

In un moto uniformemente accelerato è costante

- a) l'accelerazione
- b) la velocità
- c) entrambe

Un corpo decelera se la sua accelerazione :

- a) è costante
- b) è nello stesso verso di quello della sua velocità
- c) in verso opposto a quello della sua velocità

# Esercizi cinematica (test ingresso)

---

Un'auto, partendo da ferma, percorre 1km in 20s, con accelerazione costante. Qual e' il valore dell'accelerazione?

- a)  $50\text{m/s}^2$
- b)  $5\text{m/s}^2$
- c)  $10\text{m/s}^2$

Un corpo che si muoveva con velocità di  $100\text{m/s}$ , si arresta in 10s. Qual è la sua accelerazione media?

- a)  $-10\text{m/s}^2$
- b)  $-5\text{m/s}^2$
- c)  $15\text{m/s}^2$



# Esercizi cinematica (test ingresso)

---

I continenti si muovono con una velocità media di 4cm/anno. Quale distanza percorrono in un milione di anni?

- a) 2000 m
- b) 100km
- c) 40km

# Esercizi cinematica (test ingresso)

---

Un corpo cade partendo da fermo, con accelerazione di  $10\text{m/s}^2$ . Quanto spazio ha percorso dopo  $4\text{s}$ ?

- a) 10m
- b) 40m
- c) 80m

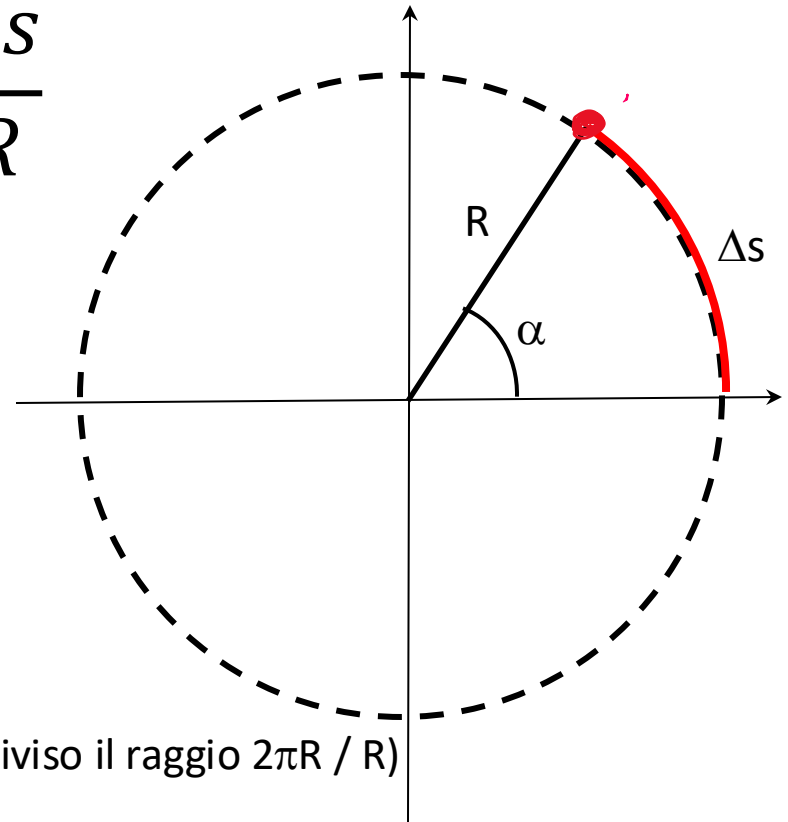
La velocità della luce è di circa  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . Quanto tempo impiega la luce emessa dal Sole per raggiungere Marte, che dista dal Sole circa  $2,3 \times 10^{11} \text{ m}$ ?

- a) 766.6 s
- b) 853.4 s
- c) 351.2 m

# Moto circolare: angoli e radianti

Definizione angolo in radianti  $\alpha = \frac{\Delta s}{R}$

Def. La misura di un angolo piano  $\alpha$  espressa in **radianti** è data dalla lunghezza dell'arco  $AP$  di circonferenza goniometrica intercettato dalle due semirette che individuano l'angolo stesso, diviso il raggio della circonferenza



Angolo giro vale in radianti  $2\pi$

(è uguale alla lunghezza dell'intera circonferenza diviso il raggio  $2\pi R / R$ )

Angolo piatto vale  $\pi$

(è uguale alla lunghezza di metà circonferenza diviso il raggio  $\pi R / R$ )

Angolo retto vale in radianti  $\pi/2$

---

Si passa dai gradi ai radianti con la seguente  
proporzione:

$$\alpha^{\circ} : 180^{\circ} = \alpha^{\text{rad}} : \pi$$

$$\frac{\alpha^{\circ}}{180^{\circ}} = \frac{\alpha^{\text{rad}}}{\pi}$$

Con successive suddivisioni si verifica che:

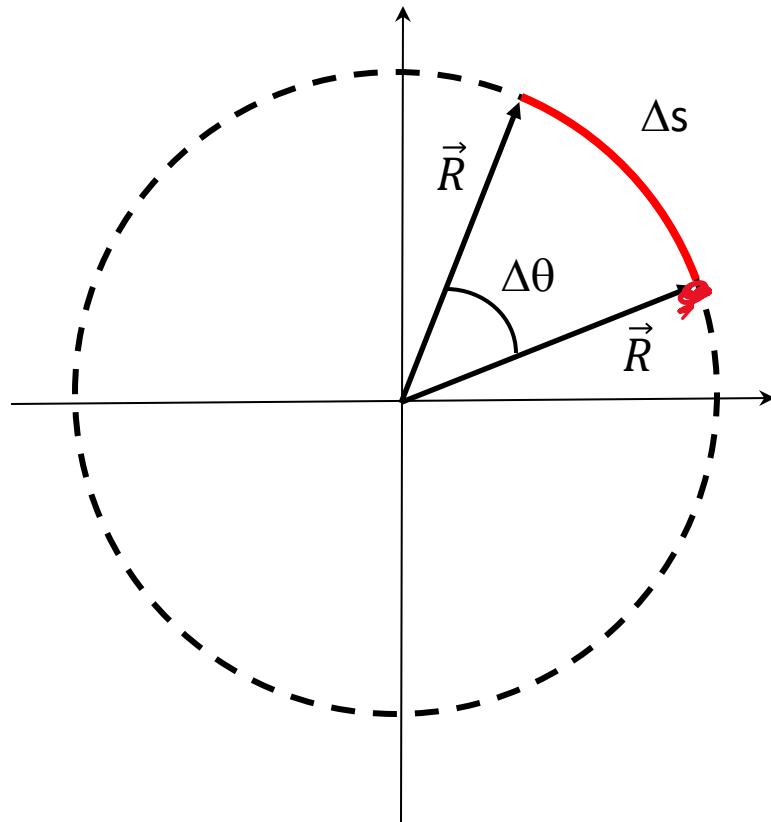
---

gradi	radiani
$360^\circ$	$2 \pi$
$180^\circ$	$\pi$
$90^\circ$	$\pi/2$
$45^\circ$	$\pi/4$
$60^\circ$	$\pi/3$
$30^\circ$	$\pi/6$
$120^\circ$	$2/3 \pi$
$270^\circ$	$3/2 \pi$

# Moto circolare uniforme

E' un moto che si svolge su una circonferenza. Il modulo  $v$  della velocità  $\vec{v}$  è costante nel tempo.

L'angolo è espresso in radianti



$\vec{R}$  è il raggio che individua la posizione del corpo in movimento sulla circonferenza

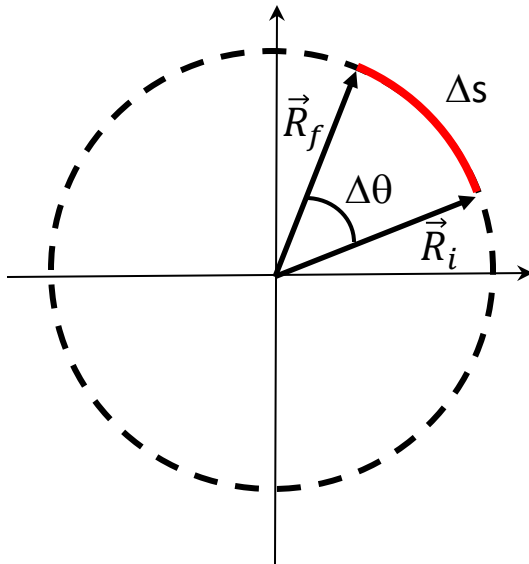
$$\Delta\theta = \frac{\Delta s}{R}$$

$\Delta\theta$  è l'angolo spazzato dal raggio vettore nell'intervallo di tempo  $\Delta t$  in corrispondenza dell'arco di circonferenza  $\Delta s$

# Moto circolare

La velocità angolare, espressa in rad/s, si definisce come

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$



- Vale la relazione

$$v = \omega R$$

- accelerazione centripeta (diretta verso il centro della circonferenza)

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

# Moto circolare

---

- Periodo:  $T = \frac{2\pi r}{v}$  tempo impiegato a compiere una circonferenza completa
  
- Frequenza  $f = \frac{1}{T}$  si misura in Hz ( $s^{-1}$ )



# Esempi test di ingresso

---

Qual è la misura in radianti di un angolo di  $45^\circ$ ?

- a)  $\pi/2$
- b)  $\pi/3$
- c)  $\pi/4$

Cosa si misura in Hz (Hertz) ?

- a) La potenza
- b) La forza
- c) La frequenza

Un disco compie 78 giri al minuto. Qual è la sua velocità angolare in radianti al secondo?

- a)  $16\pi$
- b)  $13\pi/5$
- c)  $15\pi/2$

# Esempi test di ingresso

---

Le pale di un elicottero compiono 100 giri al minuto. Qual è la loro velocità angolare in radianti al secondo?

- a) 10.5rad/s
- b) 1.6 rad/s
- c) 15.4 rad/s

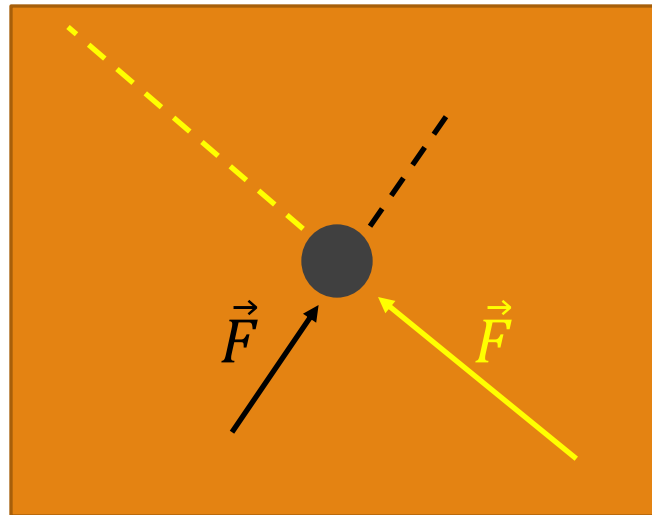
# Utilizzo dei vettori

---

Vogliamo spostare un pallina appoggiata su un tavolo. Dobbiamo spingerla, ossia applicare una forza su di essa.

A seconda della direzione e del verso in cui applichiamo la forza, la pallina si muoverà in maniera diversa. Inoltre se la forza è maggiore la pallina si muoverà “più velocemente”.

La forza è un vettore.



# Dinamica del punto materiale

---

Seconda legge di Newton: Le forze sono le cause della variazione dello stato di moto dei corpi. Quindi:

- Se un corpo accelera o decelera (cioè varia il suo stato di moto), allora ci saranno delle forze agenti sul corpo che ne variano il moto;
- Se applichiamo una forza su di un corpo, essa modificherà il suo stato di moto (accelera o decelera);

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

$\sum \vec{F}$  = Somma di tutte le forze che agiscono sul corpo

$m$  = massa del corpo

$\vec{a}$  = accelerazione del corpo

# Attrito

---

L'attrito è una “**forza**” ossia una **causa del cambiamento dello stato di moto di un corpo**. Quando lanciate un libro su un tavolo, il libro rallenta fino a fermarsi.

Il fenomeno può essere visto in due modi:

- Osservo che il libro rallenta (cambia lo stato di moto) quindi deduco che c'è un qualcosa che lo frena (l'attrito)
- So che tra libro e tavolo c'è attrito, quindi sono sicuro che il libro rallenterà (cambia lo stato di moto)

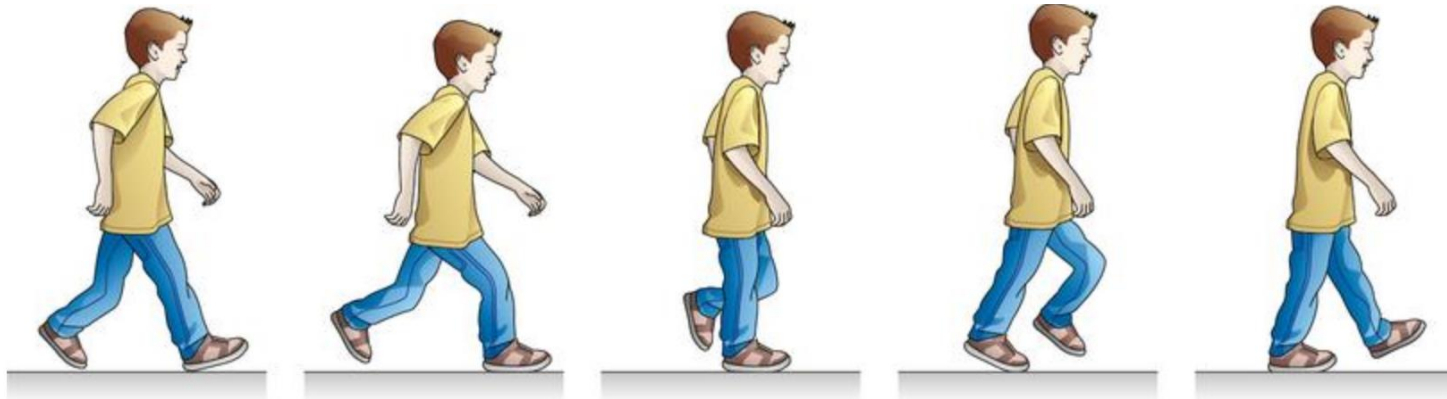
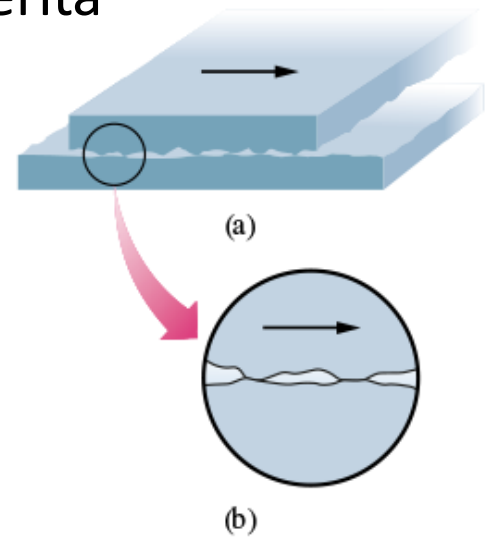
Tutto ciò è in accordo con la seconda legge di Newton

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

# Attrito

Attrito dovuto al fatto che le superfici a contatto non sono perfettamente lisce, ma presentano asperità

E' una forza fondamentale, senza l'attrito non potremmo nemmeno camminare !



# Attrito viscoso (aria o fluidi in generale)

La resistenza dell'aria fa sì che qualsiasi corpo che cade raggiunga una velocità massima, detta velocità limite



Steve Fitchett/Taxi/Getty Images

**TABELLA 6.1** Alcuni valori di velocità in aria

Oggetto	Velocità limite (m/s)	Distanza di regime* (m)
Proiettile (dallo sparo)	145	2500
Paracadutista in caduta libera (tipico)	60	430
Palla da baseball	42	210
Palla da tennis	31	115
Palla da pallacanestro	20	47
Pallina da ping pong	9	10
Goccia di pioggia (raggio = 1,5 mm)	7	6
Paracadutista con paracadute (tipico)	5	3

\* Distanza attraverso la quale il corpo deve cadere da fermo per raggiungere il 95% della velocità limite.

Fonte: Adattamento da Brancazio P.J., *Sport Science*, Simon & Schuster, New York 1984.

# Quantità di moto

---

Si definisce come il prodotto tra la massa di un corpo e la sua velocità:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Che succede se la risultante delle forze che agisce su un corpo è nulla ?

$$\vec{F} = 0 = m\vec{a} \rightarrow \vec{v} = \text{costante} \rightarrow m\vec{v} = \text{costante}$$

Questo significa che la quantità di moto non cambia nel tempo, in tal caso si dice che si **conserva**.

$$(m\vec{v})_{\text{iniziale}} = (m\vec{v})_{\text{finale}}$$

*Legge di conservazione della quantità di moto in sistemi isolati*



# Simmetrie e leggi di conservazione



Invarianza per  
traslazione  
spaziale

Lo spazio è simmetrico per  
traslazioni



Principio di inerzia  
(conservazione  
quantità di moto)

$$\vec{p} = m\vec{v}$$



Emmy Noether



# Quantità di moto

---

Consideriamo una persona che spara con una pistola: il sistema proiettile + pistola si può considerare isolato (cioè la risultante delle forze esterne è zero). Quindi:

$$\begin{aligned} & m\vec{v} \text{ (pistola + proiettile) prima dello sparo} = \\ & = m\vec{v} \text{ (pistola + proiettile) dopo lo sparo} \end{aligned}$$

# Quantità di moto

---

Consideriamo una persona che spara con una pistola: il sistema proiettile + pistola si può considerare isolato (cioè la risultante delle forze esterne è zero). Quindi:

$$m\vec{v} \text{ (pistola + proiettile) prima dello sparo} = \\ = m\vec{v} \text{ (pistola + proiettile) dopo lo sparo}$$

$$0 =$$

$$= m_1v_1 - m_2v_2 \rightarrow m_1v_1 = m_2v_2 \rightarrow v_1 = v_2 \cdot \frac{m_2}{m_1}$$

$m_1v_1$  pistola  
 $m_2v_2$  proiettile

Valori numerici tipici:  $m_1 = 2\text{Kg}$ ,  $m_2 = 30\text{g}$ ,  $v_2 = 300 \text{ m/s}$   $\rightarrow v_1 = 4.5 \text{ m/s}$

# Quantità di moto

Consideriamo una persona che spara con una pistola: il sistema proiettile + pistola si può considerare isolato (cioè la risultante delle forze esterne è zero). Quindi:

$$m\vec{v} \text{ (pistola + proiettile) prima dello sparo} = \\ = m\vec{v} \text{ (pistola + proiettile) dopo lo sparo}$$

$$0 =$$

$$= m_1v_1 - m_2v_2 \rightarrow m_1v_1 = m_2v_2 \rightarrow v_1 = v_2 \cdot \frac{m_2}{m_1}$$

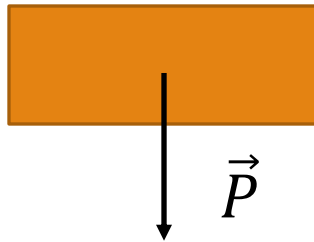
$m_1v_1$  pistola  
 $m_2v_2$  proiettile

Valori numerici tipici:  $m_1 = 2\text{Kg}$ ,  $m_2 = 30\text{g}$ ,  $v_2 = 300 \text{ m/s}$  -->  $v_1 = 4.5 \text{ m/s}$



# Forza peso

---



Ogni oggetto sulla superficie terrestre è soggetto alla forza peso

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

m = massa

g = accelerazione di gravità (= 9,81 m/s<sup>2</sup>)

E' una forza, quindi si misura in Newton, non in Kg. Il mio peso è  
 $80 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 785 \text{ N}$

La bilancia misura direttamente il peso, non la massa. Poi calcola  $P/g$  quindi ci fornisce una misura indiretta della massa.

# Forza di attrazione gravitazionale

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

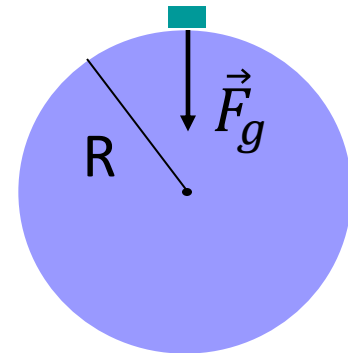
$$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{N m^2}{kg}$$

R = distanza tra le due masse  $m_1$  ed  $m_2$

Forza direttamente proporzionale alle due masse e inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra le masse

La forza peso è la forza di attrazione gravitazionale tra la terra e un corpo posto sulla sua superficie

$$P = m \left( \frac{G m_T}{R_T^2} \right) = m g$$



# Esercizi dinamica (test ingresso)

---

- 1) Il peso di un corpo è
  - a) una massa
  - b) una forza
  - c) una quantità adimensionale
  
- 2) Se un corpo A esercita una forza su un altro corpo B, allora il corpo B
  - a) non esercita alcuna forza sul corpo A
  - b) esercita una forza uguale ed opposta sul corpo A
  - c) per reazione esercita una forza doppia sul corpo A
  
- 3) L'energia cinetica di un corpo:
  - a) è l'energia che esso possiede a causa della sua posizione
  - b) è l'energia che il corpo ha a causa del suo stato di moto
  - c) è l'energia che esso possiede a causa del suo orientamento rispetto ad un campo di forze



# Esercizi dinamica (test ingresso)

---

1) Il peso di un corpo è

a) una massa

b) una forza

c) una quantità adimensionale

$$\text{Forza peso } P = mg \quad (g = 9.81 \text{ m/s}^2)$$

2) Se un corpo A esercita una forza su un altro corpo B, allora il corpo B

a) non esercita alcuna forza sul corpo A

b) esercita una forza uguale ed opposta sul corpo A

c) per reazione esercita una forza doppia sul corpo A

**Principio di azione e reazione**

3) L'energia cinetica di un corpo:

a) è l'energia che esso possiede a causa della sua posizione

b) è l'energia che il corpo ha a causa del suo stato di moto

c) è l'energia che esso possiede a causa del suo orientamento rispetto ad un campo di forze

$$K = \frac{1}{2} mv^2$$

# Esercizi dinamica

---

Il lavoro  $L$  fatto da una forza costante  $F$  che agisce nella stessa direzione dello spostamento  $s$  di un corpo e' uguale a

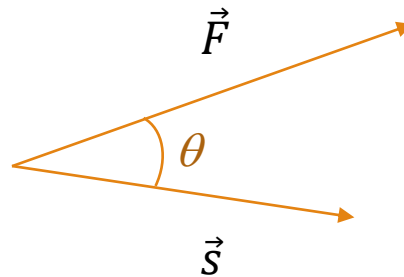
- a)  $L = F s^2$
- b)  $L = F/s$
- c)  $L = F s$

# Esercizi dinamica

---

- 1) Il lavoro  $L$  fatto da una forza costante  $F$  che agisce nella stessa direzione dello spostamento  $s$  di un corpo e' uguale a
- a)  $L = F s^2$
  - b)  $L = F/s$
  - c)  $L = F s$

Lavoro di una forza costante  $L = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos\theta$ , dove  $\theta$  è l'angolo compreso tra  $\vec{F}$  ed  $\vec{s}$



# Esercizi dinamica

---

Una massa accelera

- a) se tutte le forze ad essa applicata sono bilanciate
- b) se tutte le forze ad essa applicata sono pari a zero
- c) se tutte le forze ad essa applicata non si bilanciano

L'unità di misura della forza è il Newton, indicato con N. Esso è uguale a

- a)  $1 \text{ kg m/s}^2$
- b)  $1 \text{ m}^2/\text{kg s}^2$
- c)  $1 \text{ m/kg s}^2$

# Esercizi dinamica

---

La forza peso è la forza d'attrazione gravitazionale tra la Terra

- a) ed un corpo che si trova ad un'altezza generica  $h$
- b) ed un corpo che si trova a livello del mare
- c) ed il Sole

La forza peso di un corpo che si trova sulla superficie di un pianeta di raggio uguale a quello della terra e massa doppia rispetto alla massa della terra

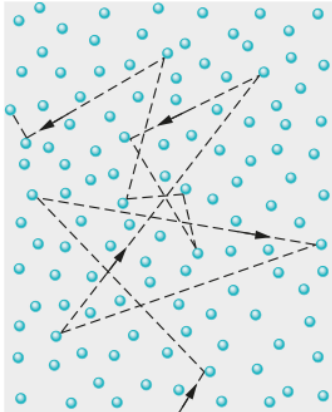
- a) è il doppio della forza peso sulla terra
- b) è la metà della forza peso sulla terra
- c) è uguale alla forza peso sulla terra

# Gas e pressione

---

Cos'è la pressione ?

E' la forza esercitata da tutte le molecole di un liquido o gas sulle pareti del recipiente in cui si trova



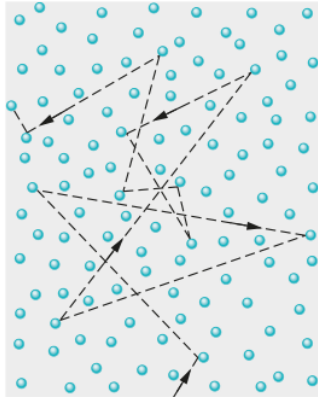
Si definisce come il rapporto tra la forza (la sua componente ortogonale) e la superficie su cui la forza agisce

$$P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

# Gas e pressione

Cos'è la pressione ?

E' la forza esercitata da tutte le molecole di un liquido o gas sulle pareti del recipiente in cui si trova



cosa è  
successo ??

Si definisce come il rapporto tra la forza (la sua componente ortogonale) e la superficie su cui la forza agisce

$$P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

Courtesy [www.doctorslime.com](http://www.doctorslime.com)

# Gas e pressione

---

La pressione si misura in Pascal:  $1\text{Pa} = 1\text{N} / 1\text{m}^2$

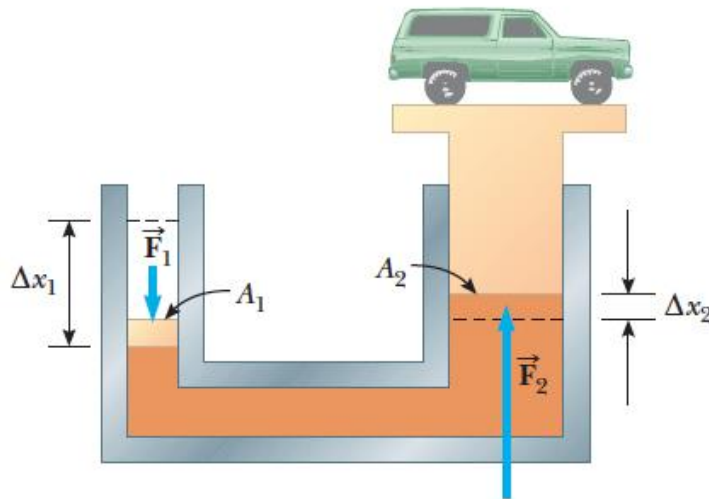
La pressione atmosferica, che si indica con 1 atm, vale 101300 Pa



# Fluidi e pressione

Martinetto idraulico per sollevare corpi molto pesanti attraverso l'applicazione di una pressione su un fluido

$$F_1 = F_2 \cdot \frac{A_1}{A_2}$$

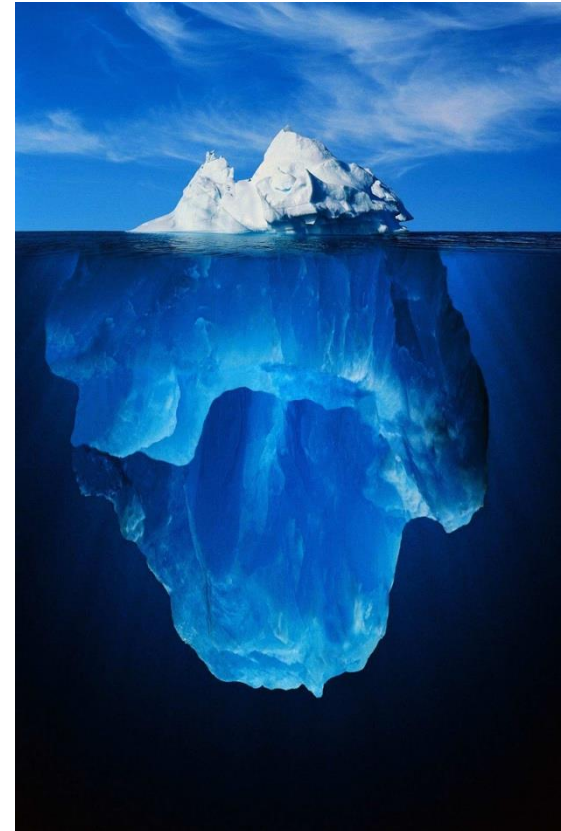
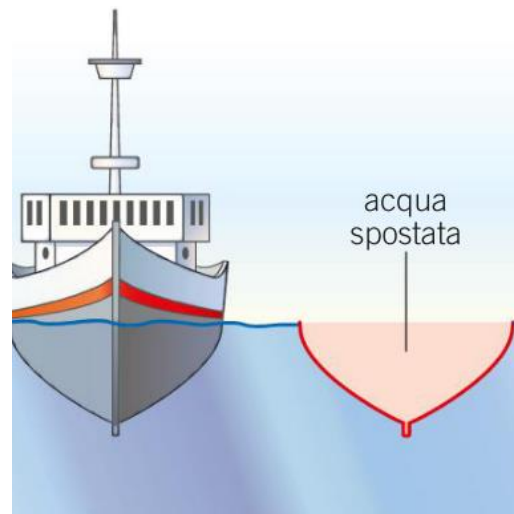


(David Frazer)

# Principio di Archimede

Il principio di Archimede afferma che un corpo immerso in un fluido subisce una forza verso l'alto pari al peso del fluido spostato

$$|\vec{F}_{Archimede}| = M_f g = d_f g V$$

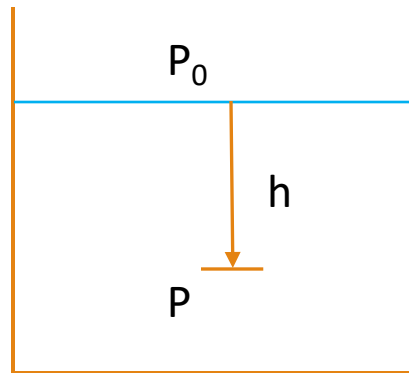


Il principio di Archimede permette alle navi di galleggiare. Inoltre spiega perché il 90% del volume di un iceberg è sott'acqua

# Archimede e legge di Stevino

---

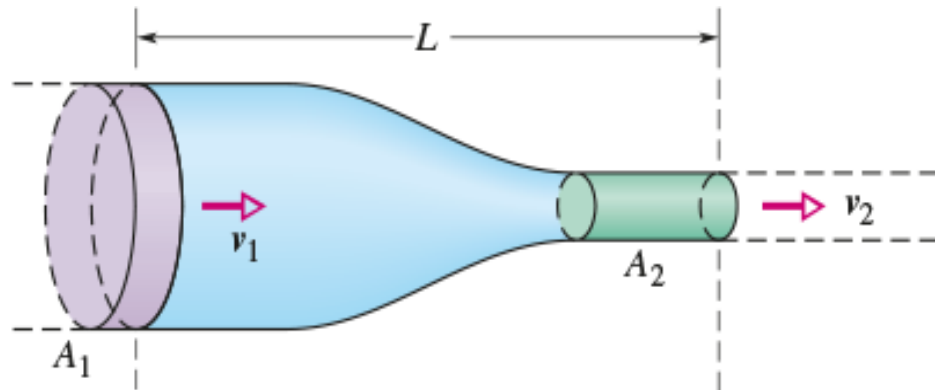
- Un corpo galleggia se la sua densità è minore della densità del liquido in cui è immerso. Se è maggiore allora affonda. L'olio galleggia nell'acqua perché è meno denso ( $d_{\text{olio}} = 0.92 \text{ g/cm}^3$ ,  $d_{\text{acqua}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ).
- **Legge di Stevino:** la pressione che un fluido esercita cresce con la profondità e vale  $dgh$



$$P = P_0 + d_f g h$$

# Moto dei fluidi: equazione di continuità (legge di Leonardo)

- Portata di un tubo:  $Av$ , sezione del tubo per velocità del fluido
- La velocità del getto emesso da un tubo per innaffiare aumenta occludendo parzialmente l'uscita
- La velocità di un fluido dipende infatti dall'area della sezione del tubo (in direzione normale) attraverso il quale il fluido fluisce



$$A_1 v_1 = A_2 v_2 = \text{costante}$$

# Domande test ingresso

---

La pressione dovuta ad una forza che agisce in direzione tangente ad una superficie è

- a) maggiore di zero
- b) uguale a zero
- c) minore di zero

La pressione all'interno di una piscina piena d'acqua

- a) aumenta con la profondità
- b) si riduce con la profondità
- c) non dipende dalla profondità

Nel mar Morto, che ha densità maggiore degli altri mari è

- a) più facile andare a fondo
- b) più facile galleggiare
- c) possibile galleggiare facendo molto sforzo

# Domande test ingresso

---

La pressione dovuta a d una forza che in direzione tangente ad una superficie è

- a) maggiore di zero
- b) uguale a zero
- c) minore di zero

La pressione all'interno di una piscina piena d'acqua

- a) aumenta con la profondità
- b) si riduce con la profondità
- c) non dipende dalla profondità

Nel mar Morto, che ha densità maggiore degli altri mari è

- a) più facile andare a fondo
- b) più facile galleggiare
- c) possibile galleggiare facendo molto sforzo

# Domande test ingresso

---

Quale tra Pascal, atm, milliwatt e millibar non è un'unità di misura della pressione ?

- a) milliwatt
- b) Pascal
- c) atm

La densità dell'aria è di  $1.29 \cdot 10^{-6}$  kg/l. Qual è la massa d'aria inalata in un respiro profondo, corrispondente ad un volume d'aria di 2 litri?

- a)  $9.24 \cdot 10^{-3}$  kg
- b)  $3.47 \cdot 10^{-6}$  kg
- c)  $2.58 \cdot 10^{-6}$  kg

# Dilatazione termica



Cosa è successo a questi binari ?  
Tutti i corpi modificano le proprie dimensioni in seguito a una variazione della loro temperatura

$$\Delta V = V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T$$

variazione di volume

volume iniziale

coefficiente di dilatazione termica

variazione di temperatura



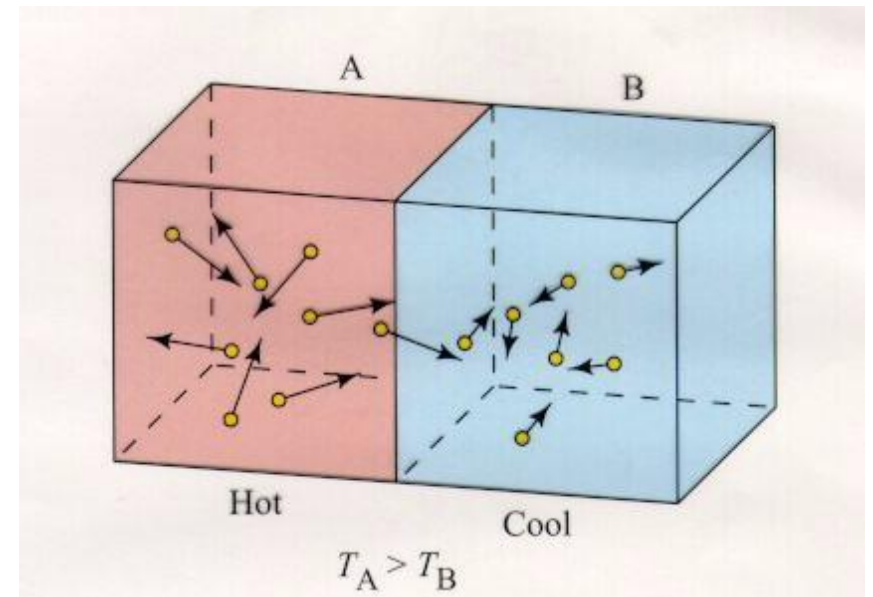
# Concetti termodinamica (test di ingresso)

---

- Equazione di stato dei **gas perfetti**  $PV = nRT$ . P è la pressione, V il volume, n il numero di moli, R la costante dei gas perfetti e T la temperatura (espressa in Kelvin). **Discussione proporzionalità**.
- **Il calore è energia trasferita** tra corpi a differenti temperature. Fluisce spontaneamente da un corpo più caldo a un corpo più freddo.
- Alla temperatura dello **zero assoluto**, corrispondente a **-273 °C**, tutte le molecole di un corpo sarebbero ferme

# Termodinamica

[https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/diffusion/latest/diffusion_en.html)



# Esempi test di ingresso (termodinamica)

---

Se il corpo A ha la stessa temperatura del corpo B e il corpo B ha la stessa temperatura del corpo C, allora

- a) A ha temperature maggiore di C
- b) C ha temperature maggiore di A
- c) A e C hanno la stessa temperature

Calore e lavoro

- a) sono il primo una forma di energia ed il secondo una forma di potenza
- b) sono due forme di potenza
- c) sono due forme di energia

Il calore è

- a) energia trasferita tra corpi a differenti temperature
- b) un flusso di materia che si trasferisce tra due corpi a contatto
- c) la potenza di un corpo ad una specifica temperatura

# Esempi test di ingresso (termodinamica)

---

Se il corpo A ha la stessa temperatura del corpo B e il corpo B ha la stessa temperatura del corpo C, allora

- a) A ha temperature maggiore di C
- b) C ha temperature maggiore di A
- c) A e C hanno la stessa temperature

Principio Zero della  
Termodinamica

Calore e lavoro

- a) sono il primo una forma di energia ed il secondo una forma di potenza
- b) sono due forme di potenza
- c) sono due forme di energia

Il calore è

- a) energia trasferita tra corpi a differenti temperature
- b) un flusso di materia che si trasferisce tra due corpi a contatto
- c) la potenza di uncorpo ad una specifica temperature

# Esempi test di ingresso (termodinamica)

---

Se fosse possibile raffreddare un gas alla temperatura dello zero assoluto

- a) tutte le sue molecole sarebbero ferme
- b) passerebbe allo stato liquido
- c) raggiungerebbe la massima energia cinetica

Un recipiente adiabatico

- a) permette scambio di calore con l'esterno
- b) non permette scambio di calore con l'esterno
- c) non permette a un gas di espandersi

Un thermos mantiene la temperatura del caffè in esso contenuto perché è un contenitore

- a) a pressione
- b) diatermico
- c) adiabatico

# Esempi test di ingresso (termodinamica)

---

Se fosse possibile raffreddare un gas alla temperatura dello zero assoluto

- a) tutte le sue molecole sarebbero ferme
- b) passerebbe allo stato liquido
- c) raggiungerebbe la massima energia cinetica

Un recipiente adiabatico

- a) permette scambio di calore con l'esterno
- b) non permette scambio di calore con l'esterno
- c) non permette a un gas di espandersi

Un thermos mantiene la temperatura del caffè in esso contenuto perché è un contenitore

- a) a pressione
- b) diatermico
- c) adiabatico

# Esempi test di ingresso (termodinamica)

---

Quando la temperatura di un solido aumenta

- a) aumenta anche il suo volume
- b) il volume si riduce
- c) non si ha dilatazione

Dalla legge dei gas ideali,  $pV=nRT$ , si ha che, a temperatura costante, pressione e volume di un gas ideale sono

- a) inversamente proporzionali
- b) direttamente proporzionali
- c) l'uno pari alla metà dell'altro

Nella legge dei gas ideali,  $pV=nRT$ , la temperatura è espressa in

- a) gradi Celsius
- b) gradi Fahrenheit
- c) gradi Kelvin

# Esempi test di ingresso (termodinamica)

---

Quando la temperatura di un solido aumenta

- a) aumenta anche il suo volume
- b) il volume si riduce
- c) non si ha dilatazione

Dalla legge dei gas ideali,  $pV=nRT$ , si ha che, a temperatura costante, pressione e volume di un gas ideale sono

- a) inversamente proporzionali
- b) direttamente proporzionali
- c) l'uno pari alla metà dell'altro

Nella legge dei gas ideali,  $pV=nRT$ , la temperatura è espressa in

- a) gradi Celsius
- b) gradi Fahrenheit
- c) gradi Kelvin



# Fenomeni elettrici

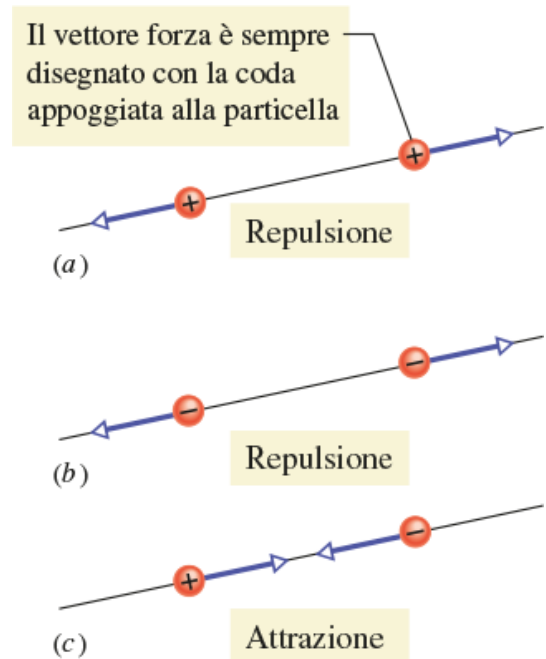
Tutte le forze di contatto discusse finora, a livello microscopico, sono forze elettriche.

Tutta la materia è fatta di atomi che sono costituiti da cariche elettriche: elettroni di carica negativa e protoni di carica positiva (+ neutroni neutri).

**Forza di Coulomb** tra due cariche  $q_1$  e  $q_2$ :

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

discussione proporzionalità



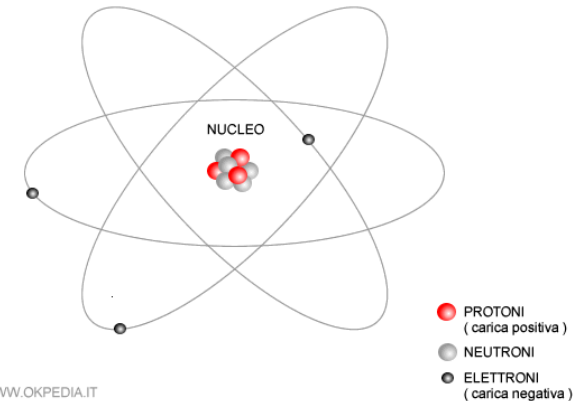
# Natura atomica della materia

I costituenti fondamentali degli atomi sono: il **protone**, il **neutrone** e l'**elettrone**.

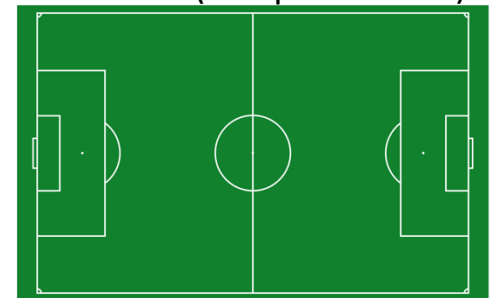
Il **neutrone** ha carica nulla, il **protone** ha per definizione carica positiva e l'**elettrone** ha per definizione carica negativa, ma in modulo uguale a quella del protone. Il loro valore è il minimo possibile

Ne consegue che la carica presente in ogni blocco di materia è un multiplo intero di quella del protone (o dell'elettrone), ovvero è una **grandezza fisica quantizzata**.

Osservazione sperimentale: **principio di conservazione della carica**. **La carica si conserva**: in un sistema isolato la somma algebrica delle cariche non varia nel tempo



atomo (campo di calcio)

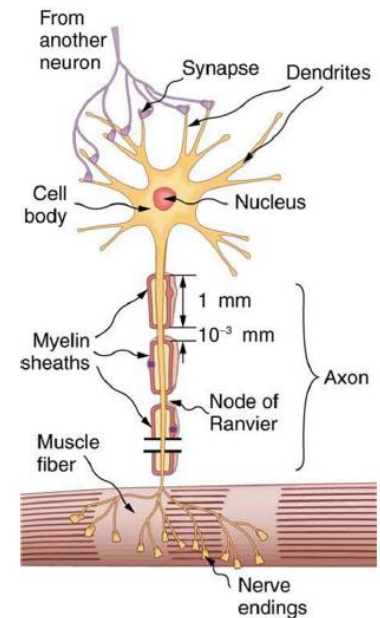
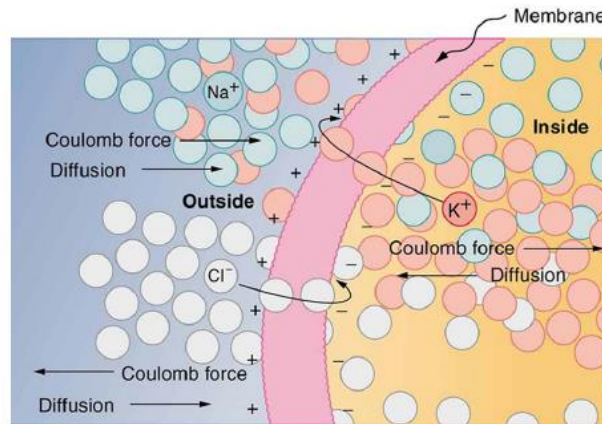
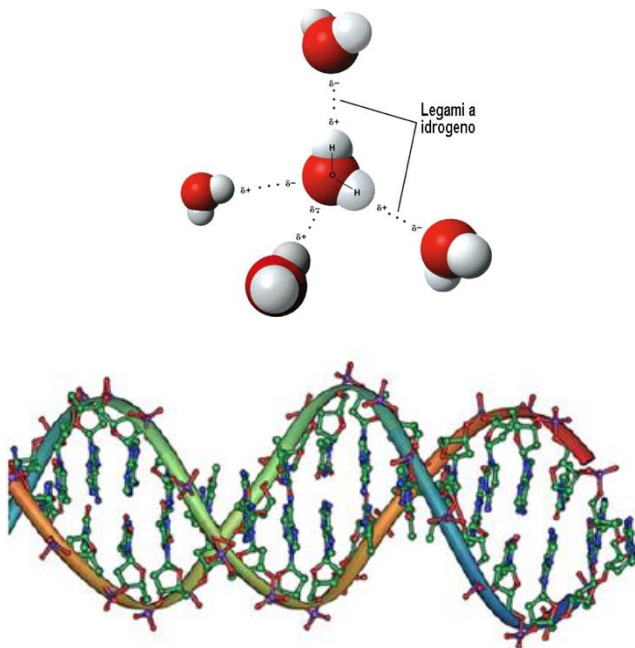


nucleo ● (pallina da golf)

# Fenomeni elettrici

Le forze elettriche permettono l'esistenza delle molecole e ne determinano le proprietà.

Esempi: proprietà dell'acqua (dipolo elettrico), movimento di ioni attraverso membrane cellulari, proprietà del DNA, neuroni



# Concetti elettricità (test di ingresso)

---

- Le cariche che si muovono nei conduttori sono gli elettroni.
- La corrente elettrica è definita come la quantità di carica (espressa in Coulomb) che fluisce attraverso un conduttore nell'unità di tempo

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Si misura in Ampere, 1 Ampere = 1 C / 1 s

- La legge di Ohm dice che in una resistenza la corrente elettrica è proporzionale alla differenza di potenziale

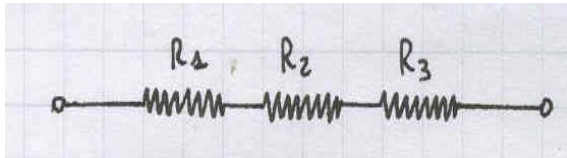
$$I = \frac{V}{R} \quad \text{oppure} \quad V = IR$$

- Potenza dissipata in una resistenza vale  $P = I^2 R$

# Concetti elettricità (test di ingresso)

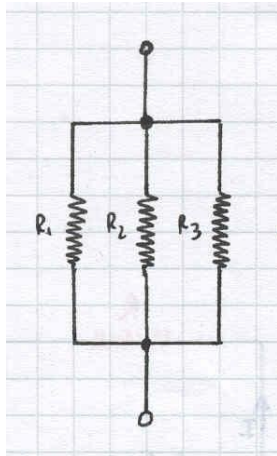
---

- Resistenze poste in serie in un circuito:



$$R_{tot} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

- Resistenze poste in parallelo:



$$\frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

# Esempi test di ingresso (fenomeni elettrici)

---

La corrente elettrica è

- a) La velocità di una carica elettrica che attraversa una determinata superficie nell'unità di tempo
- b) il flusso di carica elettrica nell'unità di tempo
- c) il lavoro elettrico svolto su una carica elettrica nell'unità di tempo

L'Ohm è l'unità di misura di una resistenza ed è uguale a

- a) 1 Coulomb/Ampere
- b) 1 Coulomb/s
- c) 1 Volt/Ampere

Le batterie delle automobili sono caratterizzate dal valore di una quantità espressa in Ampere x ora. Questa quantità è una

- a) massa
- b) carica elettrica
- c) forza



# Esempi test di ingresso (fenomeni elettrici)

La corrente elettrica è

- a) La velocità di una carica elettrica che attraversa una determinata superficie nell'unità di tempo
- b) **il flusso di carica elettrica nell'unità di tempo**
- c) il lavoro elettrico svolto su una carica elettrica nell'unità di tempo

L'Ohm è l'unità di misura di una resistenza ed è uguale a

- a) 1 Coulomb/Ampere
- b) 1 Coulomb/s
- c) **1 Volt/Ampere**

Le batterie delle automobili sono caratterizzate dal valore di una quantità espressa in Ampere x ora. Questa quantità è una

- a) massa
- b) **carica elettrica**
- c) forza

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$



# Esempi test di ingresso (fenomeni elettrici)

---

Le cariche elettriche che si muovono all'interno dei conduttori sono

- a) protoni
- b) elettroni
- c) neutroni

All'interno di un materiale isolante, le cariche elettriche

- a) sono libere di muoversi all'interno del materiale
- b) non sono libere di muoversi
- c) non sono legate strettamente al nucleo dei rispettivi atomi

La potenza elettrica è

- a) la forza esercitata da una carica elettrica su un campo elettrico
- b) la quantità di energia prodotta da un generatore elettrico nell'unità di tempo
- c) misurata in Coulomb



# Esempi test di ingresso (fenomeni elettrici)

---

Le cariche elettriche che si muovono all'interno dei conduttori sono

- a) protoni
- b) elettroni
- c) neutroni

All'interno di un materiale isolante, le cariche elettriche

- a) sono libere di muoversi all'interno del materiale
- b) non sono libere di muoversi
- c) non sono legate strettamente al nucleo dei rispettivi atomi

La potenza elettrica è

- a) la forza esercitata da una carica elettrica su un campo elettrico
- b) la quantità di energia prodotta da un generatore elettrico nell'unità di tempo
- c) misurata in Coulomb

# Esempi test di ingresso (fenomeni elettrici)

---

Un cavo elettrico percorso da corrente

- a) non disperde calore nell'ambiente circostante
- b) può essere elettricamente neutro
- c) sono vere entrambe

Il passaggio di corrente elettrica in una resistenza

- a) produce dissipazione di energia sotto forma di calore
- b) non produce dissipazione di energia
- c) è proporzionale alla lunghezza della resistenza

La potenza dissipata da una resistenza elettrica è

- a) inversamente proporzionale alla corrente che l'attraversa
- b) pari a zero
- c) direttamente proporzionale alla corrente che l'attraversa

# Esempi test di ingresso (fenomeni elettrici)

---

Un cavo elettrico percorso da corrente

- a) non disperde calore nell'ambiente circostante
- b) può essere elettricamente neutro
- c) sono vere entrambe

Il passaggio di corrente elettrica in una resistenza

- a) produce dissipazione di energia sotto forma di calore
- b) non produce dissipazione di energia
- c) è proporzionale alla lunghezza della resistenza

La potenza dissipata da una resistenza elettrica è

- a) inversamente proporzionale alla corrente che l'attraversa
- b) pari a zero
- c) direttamente proporzionale alla corrente che l'attraversa

$$P = I^2 R$$

# Esempi test di ingresso (fenomeni elettrici)

---

Se due resistenze,  $R_1$  ed  $R_2$ , sono poste in parallelo, la resistenza totale  $R$  è uguale

- a)  $(R_1 + R_2)^2$
- b)  $(R_1 \times R_2) + (R_1 + R_2)$
- c)  $(R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$

# Energia

---

L'energia si trasforma da una forma ad un'altra, non si distrugge, ma si **conserva**

- l'energia di un corpo in movimento (**energia cinetica** =  $\frac{1}{2} mv^2$ ) si può trasformare in **energia termica** (per attrito)
- oppure si può trasformare in **energia elettrica** (centrali idroelettriche che sfruttano il movimento dell'acqua per produrre elettricità)
- oppure **l'energia chimica** della combustione si può trasformare in energia cinetica (automobile)

# Energia

---

Se crediamo a questa **legge di conservazione dell'energia** allora come spieghiamo il bungee-jumping ?

Cioè, come spieghiamo che, “dal nulla”, una persona possa acquistare una grande velocità, ossia energia cinetica ?

Dobbiamo assumere l'esistenza di un'altra “forma” di energia, che si trasforma in energia cinetica: **l'energia potenziale**

Essa è un'energia legata alla “posizione” del corpo in esame

<https://www.youtube.com/watch?v=BAAdDvCwkZeo>



Rough Guides/Greg Roden/Getty Images, Inc.

# Ulteriori esercizi

---

## Ancora sul cambiamento di unità di misura (III)

---

- La densità dell'alluminio è  $2.7 \text{ g/cm}^3$ . Quant'è la sua densità se la esprimiamo in  $\text{Kg/m}^3$ ?

$$2.7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 2.7 \frac{10^{-3} \text{ kg}}{10^{-6} \text{ m}^3} = 2.7 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



# Altri esercizi

---

- Quanti litri sono contenuti in  $50\text{m}^3$ ?
- Quanti  $\text{m}^3$  sono contenuti in  $10\text{kL}$ ?
- Scrivere il numero  $0,00000105$  in notazione scientifica.
- Scrivere il numero  $10500$  in notazione scientifica.
- Se percorro  $200\text{ km}$  in  $3\text{ ore e }30\text{ min}$  quanto vale la velocità media in  $\text{km/h}$ ?
- Una moto si sposta alla velocità costante di  $25\text{ m/s}$ . Esprimi la sua velocità in chilometri all'ora.

# Esercizi sugli ordini di grandezza

---

- Quante palline da ping pong entrano in una stanza ?

## Esercizi sugli ordini di grandezza

---

- Quante palline da ping pong entrano in una stanza ?
  - $D = 4 \text{ cm}$ ;  $R = 0.02 \text{ m}$ ;  **$V(\text{pallina}) = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = 3.2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$**
  - **$V(\text{stanza}) = 4\text{m} \cdot 4\text{m} \cdot 3\text{m} = 48 \text{ m}^3$**
  - **$N(\text{palline}) = V(\text{stanza}) / V(\text{pallina}) = 48 / 3.2 \cdot 10^5 = 1.5 \cdot 10^6$**

## Ulteriori esercizi

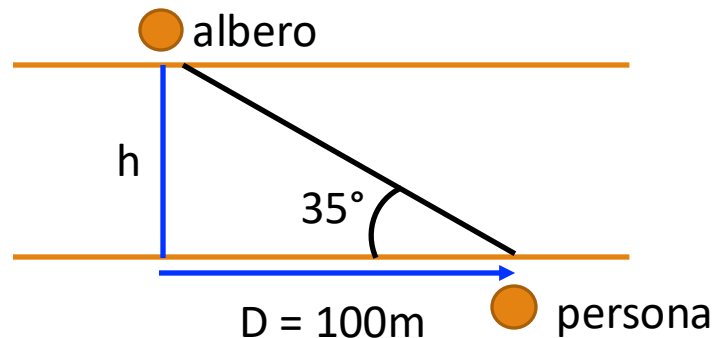
---

- Una persona vuole misurare la larghezza di un fiume ( $h$ ) in questo modo: osserva un albero posto di fronte a lei sull'altra riva, si sposta di 100m lungo la propria sponda finché non vede questo albero sotto un angolo di  $35^\circ$  rispetto alla riva del fiume. Quanto vale  $h$  ?

## Ulteriori esercizi

---

- Una persona misura la larghezza di un fiume ( $h$ ) in questo modo: osserva un albero posto di fronte a lei sull'altra riva, si sposta di 100m lungo la propria sponda finché non vede questo albero sotto un angolo di  $35^\circ$  rispetto alla riva del fiume. Quanto vale  $h$  ?



$$h = D \operatorname{tg} \alpha = 100\text{m} \cdot \operatorname{tg}(35^\circ) = 100 \text{ m} \cdot 0.700 = 70 \text{ m}$$

## Ulteriori esercizi

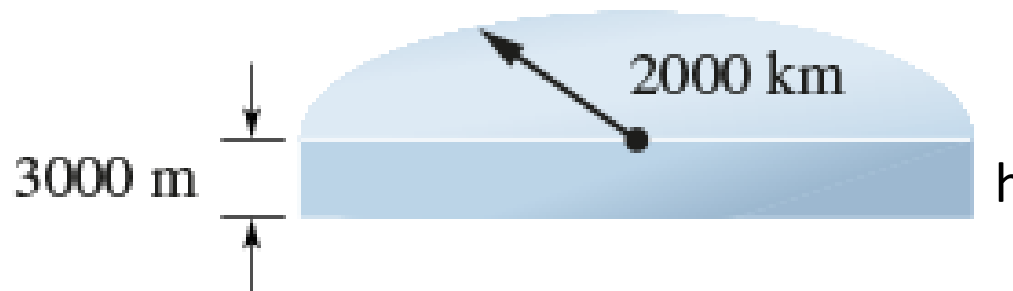
---

- Quanti  $\text{km}^3$  di ghiaccio ci sono in Antartide ? Considerare la calotta di ghiaccio di forma semicircolare di spessore 3000m e raggio 2000 km.

## Ulteriori esercizi

---

- Quanti  $\text{km}^3$  di ghiaccio ci sono in Antartide ? Considerare la calotta di ghiaccio di forma semicircolare di spessore 3000m e raggio 2000 km.



$$S = \pi R^2 = 3.14 \cdot (2 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \text{ m})^2 = 12.6 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{A}{2} \cdot h = 6.3 \cdot 10^{12} \text{ m}^2 \cdot 3 \cdot 10^3 \text{ m} = 19 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$$
$$= 19 \cdot 10^6 \text{ km}^3$$

## Esercizi sugli ordini di grandezza

---

- Quanti accordatori di pianoforte ci sono a New York ?
  - $10^7$  abitanti ; 1 pianoforte ogni 100 abitanti, quindi  **$10^5$  pianoforti**
  - ogni pianoforte ha bisogno di una accordatura all'anno, quindi c'è bisogno di  **$10^5$  accordature** all'anno
  - ogni accordatore ha bisogno di 2 ore per accordare un piano e lavora 250 giorni / anno, quindi accorda circa **1000 pianoforti** all'anno, quindi è come se avessimo 1 accordatore ogni 1000 pianoforti
  - $N(\text{accordatori}) = \frac{10^5 \text{ accordature}}{10^3 \text{ accordature}} = 100$



# Appendice su vettori e trigonometria

---

# Grandezze Vettoriali: spostamento



- siamo a Napoli
- ci spostiamo di 190 km
- dove ci troviamo?

la nostra nuova  
posizione è  
indeterminata !

Sappiamo solo  
che siamo ad una  
**distanza** di  
190km da Napoli

# Grandezze Vettoriali: spostamento



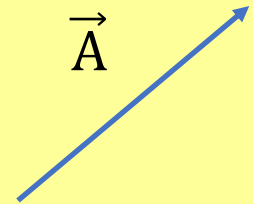
Occorre conoscere:

- entità spostamento:  
distanza (modulo)
- direzione spostamento
- verso spostamento

# Nota sulla notazione

- Per descrivere un vettore si usa:
  - o il carattere grassetto: vettore **A**
  - oppure una freccia sul vettore  $\vec{A}$

Per indicare il modulo del vettore si può semplicemente eliminare la freccia ad es  $A$ , o usare la notazione  $|\vec{A}|$



**Il modulo di un vettore è un numero reale positivo moltiplicato per le unità di misura della grandezza vettoriale.**

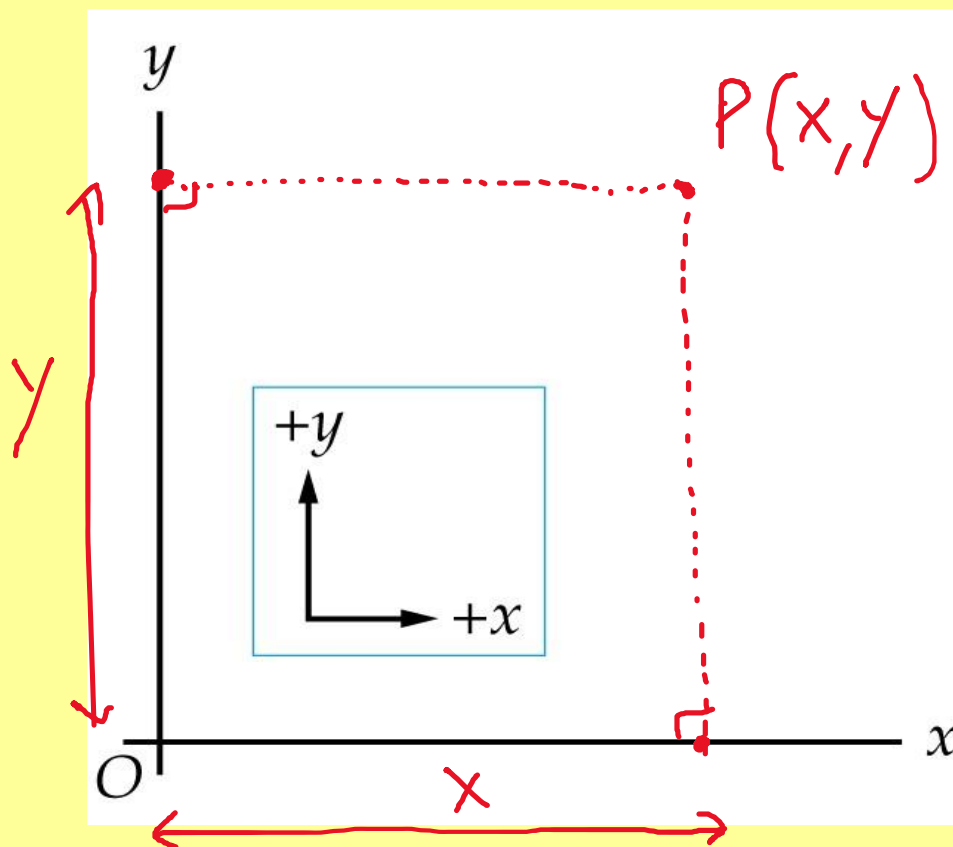
(Per lo spostamento il modulo è espresso in unità di lunghezza, ad esempio in chilometri)

**Disegnare un vettore:** la freccia indica la **direzione** ed il **verso** del vettore, la sua lunghezza indica il modulo

# Rappresentazione di vettori in un piano

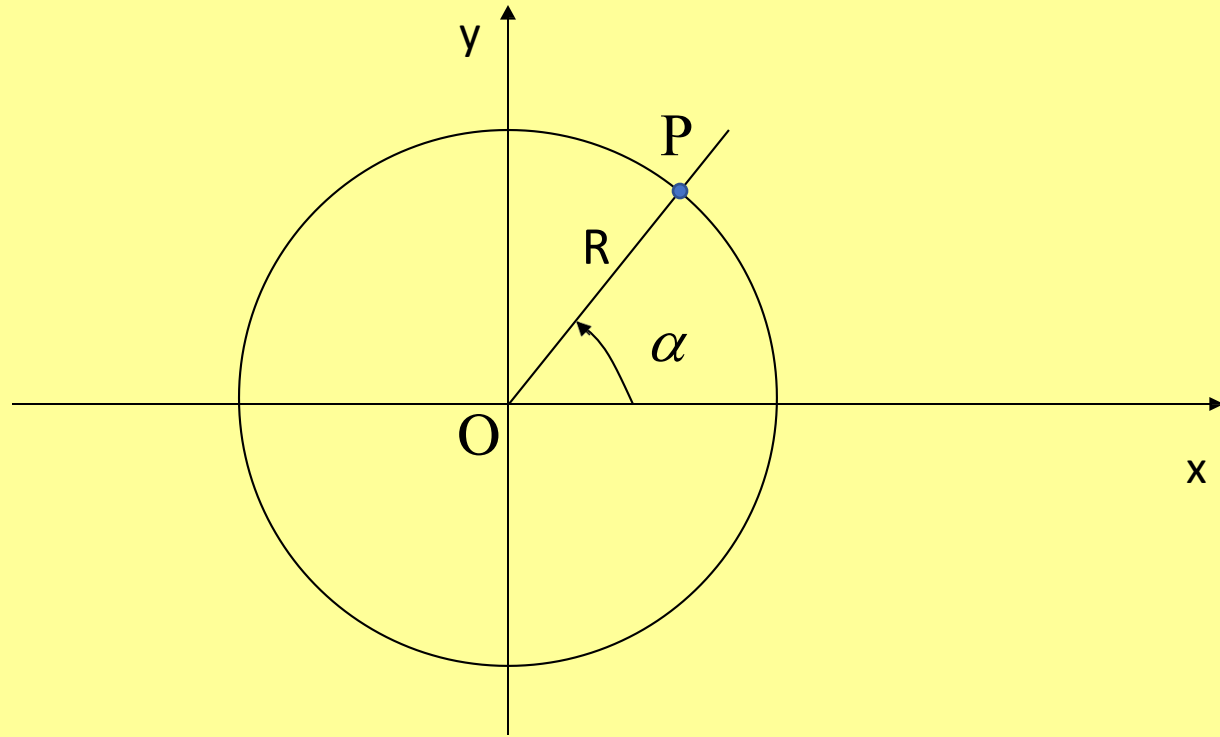
## Sistema di riferimento cartesiano

Un punto  $P$  è rappresentato da una coppia di coordinate  $(x,y)$  che ne individuano univocamente la posizione.



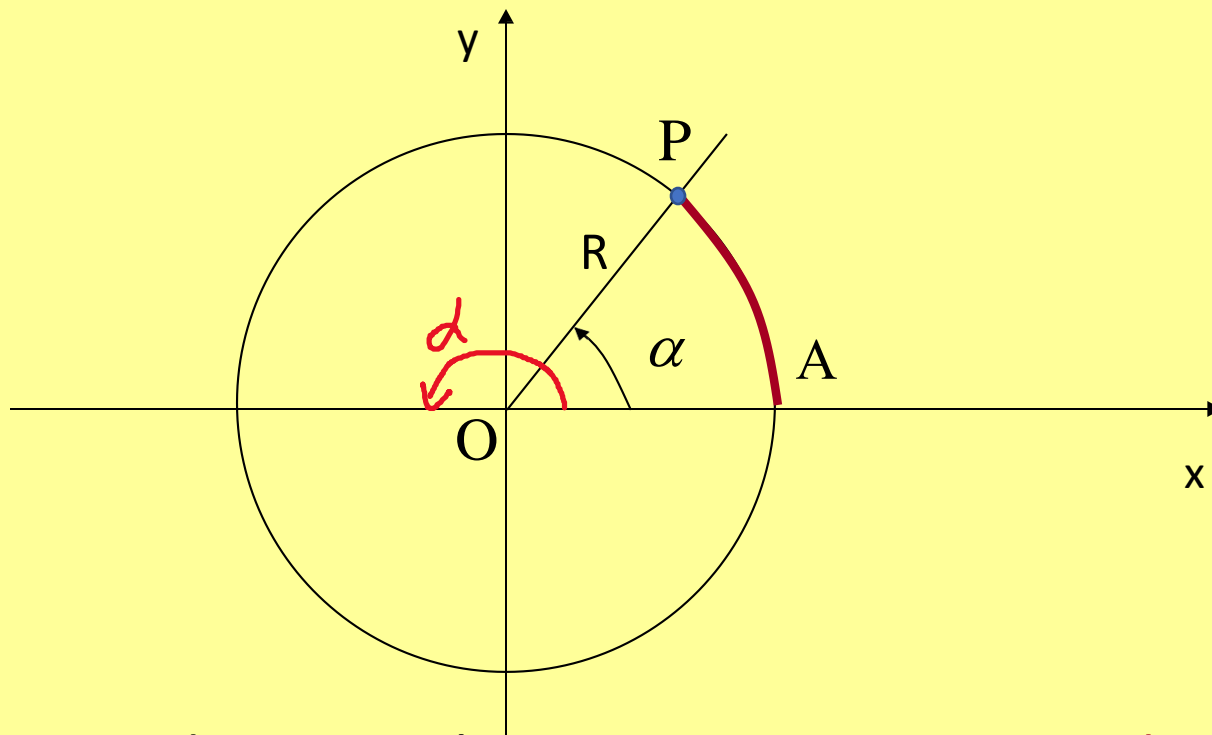
# Richiami geometria e trigonometria

# Definizione di angolo in radianti





# Definizione di angolo in radianti

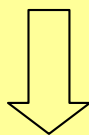


Def. La misura di un angolo piano  $\alpha$  espressa in **radianti** è data dalla lunghezza dell'arco  $\widehat{AP}$  di circonferenza goniometrica intercettato dalle due semirette che individuano l'angolo stesso, diviso il raggio della circonferenza

In formule  $\alpha = \frac{\widehat{AP}}{R}$

$$L = \frac{2\pi R}{R} = 2\pi$$





Da tale definizione segue immediatamente che:

Angolo giro misura in radianti  $2\pi$   $360^\circ$   
(è uguale alla lunghezza dell'intera circonferenza diviso il raggio  $2\pi R / R$ )

Angolo piatto misura  $\pi$   $180^\circ$   
(è uguale alla lunghezza di metà circonferenza diviso il raggio  $\pi R / R$ )

Angolo retto misura in radianti  $\pi/2$   $90^\circ$

Si passa dai gradi ai radianti con la seguente  
proporzione:

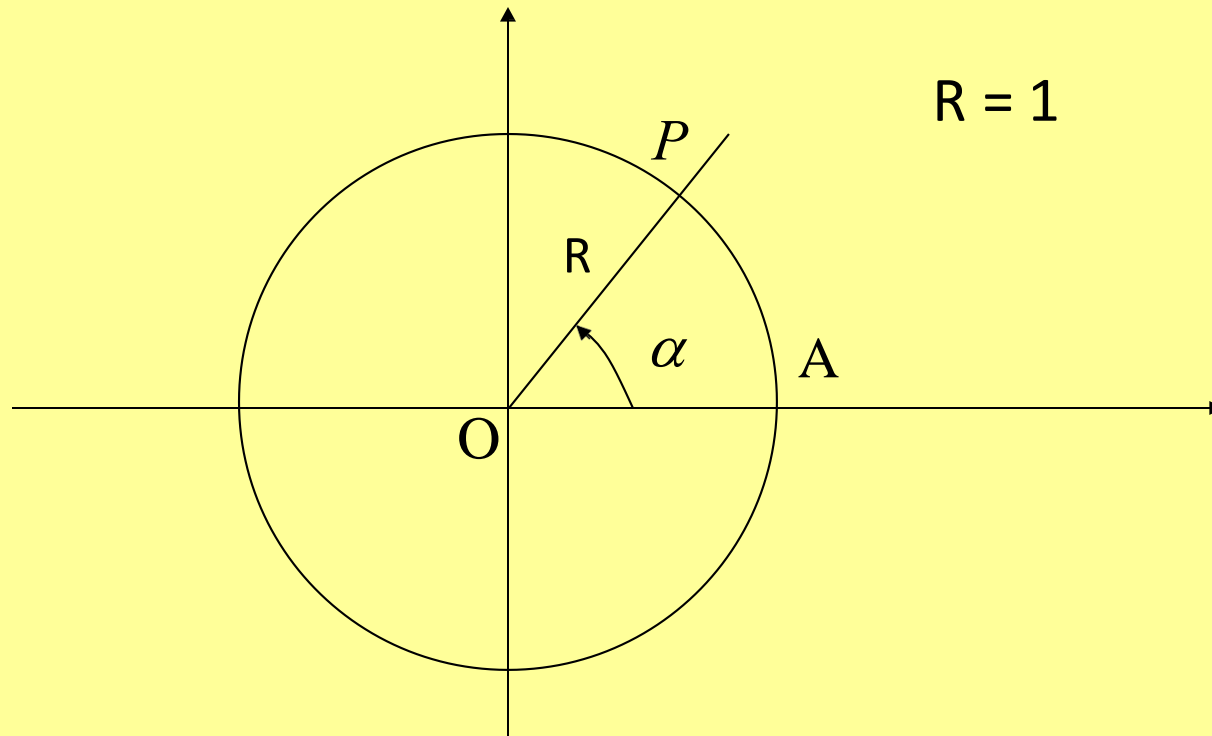
$$\alpha^{\circ} : 180^{\circ} = \alpha^{\text{rad}} : \pi$$

$$\left[ \frac{\alpha^{\circ}}{180^{\circ}} = \frac{\alpha^{\text{rad}}}{\pi} \right]$$

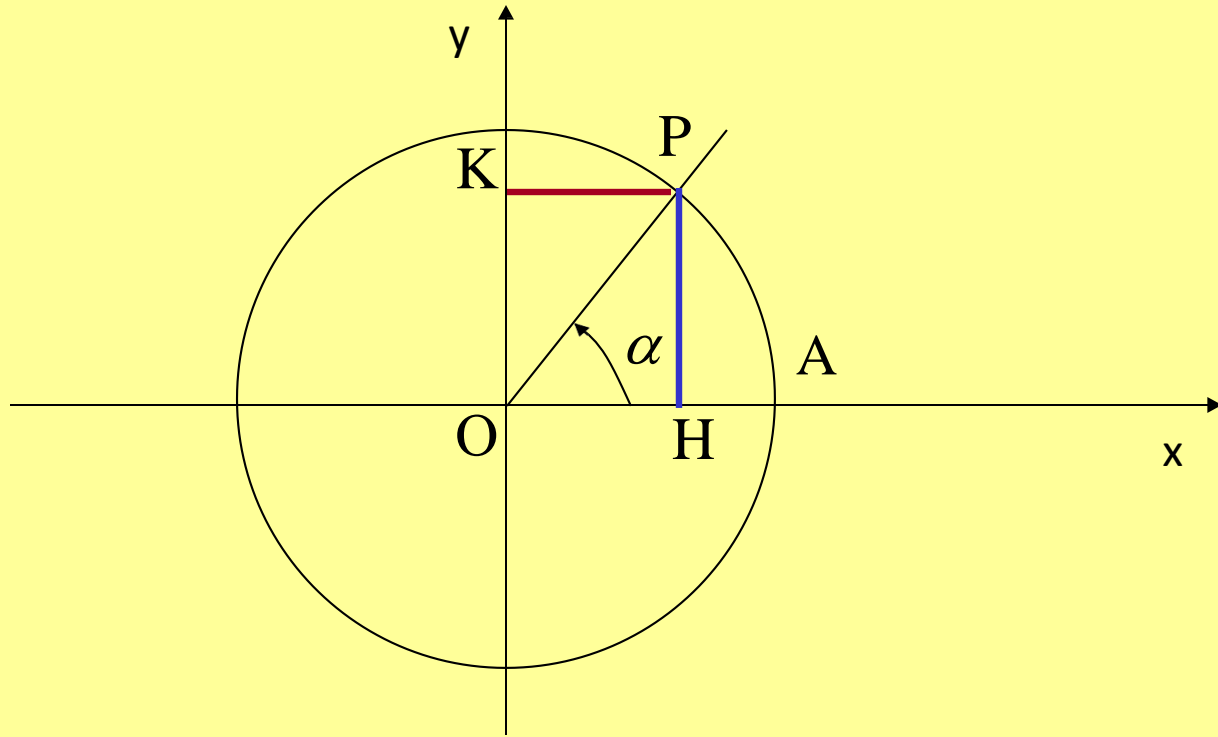
Con successive suddivisioni si verifica che:

gradi	radianti
$360^\circ$	$2 \pi$
$180^\circ$	$\pi$
$90^\circ$	$\pi/2$
$45^\circ$	$\pi/4$
$60^\circ$	$\pi/3$
$30^\circ$	$\pi/6$
$120^\circ$	$2/3 \pi$
$270^\circ$	$3/2 \pi$

# Funzioni seno e coseno

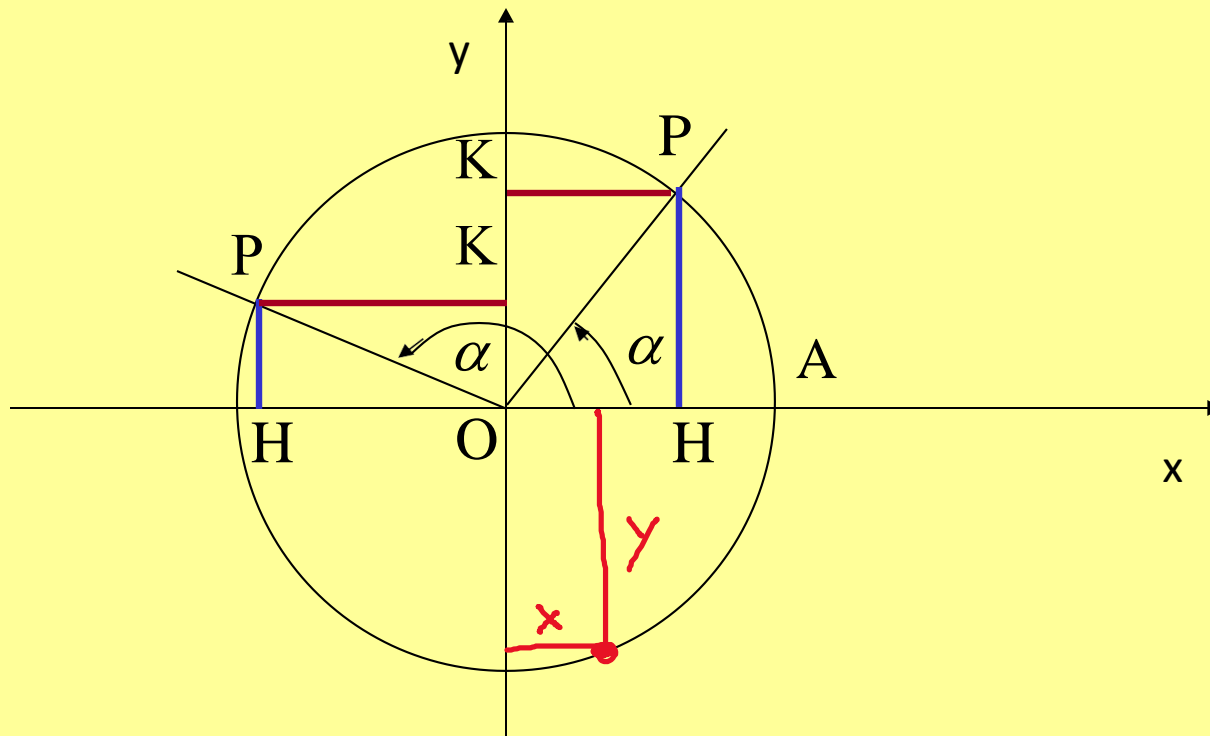


Sia dato un punto  $P$  che si muove sulla circonferenza goniometrica (di raggio unitario) a partire dal punto  $A$  e sia  $\alpha$  l'angolo sotteso dal punto  $P$



Def. Si definisce *sen* $\alpha$  l'ordinata del punto P  
(cioè il segmento PH)

Def. Si definisce *cos* $\alpha$  l'ascissa del punto P  
(cioè il segmento PK)

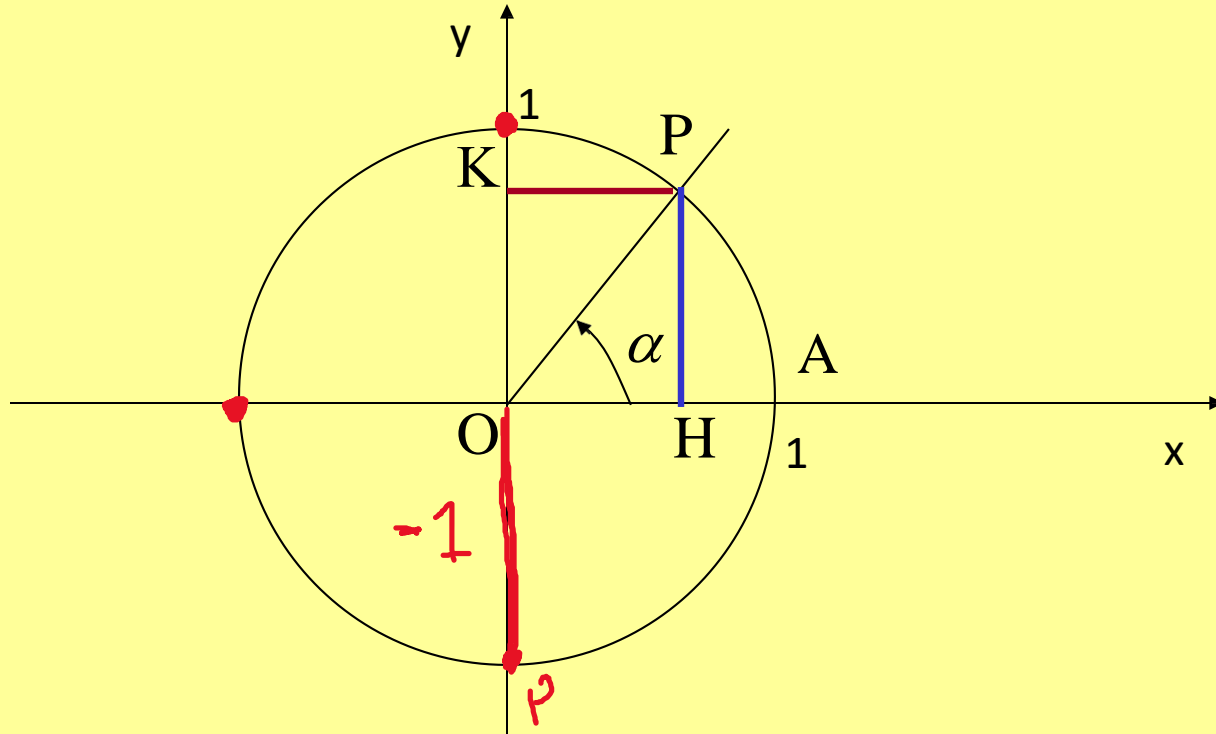


Quando il punto  $P$  si muove sulla circonferenza goniometrica variano:

- l'ampiezza dell'angolo  $\alpha$  sotteso dal punto  $P$
- l'ascissa e l'ordinata del punto  $P$

Al variare di  $\alpha$  variano i valori di  $\text{sen}\alpha$  e  $\text{cos}\alpha$ : sono funzioni dell'angolo  $\alpha$

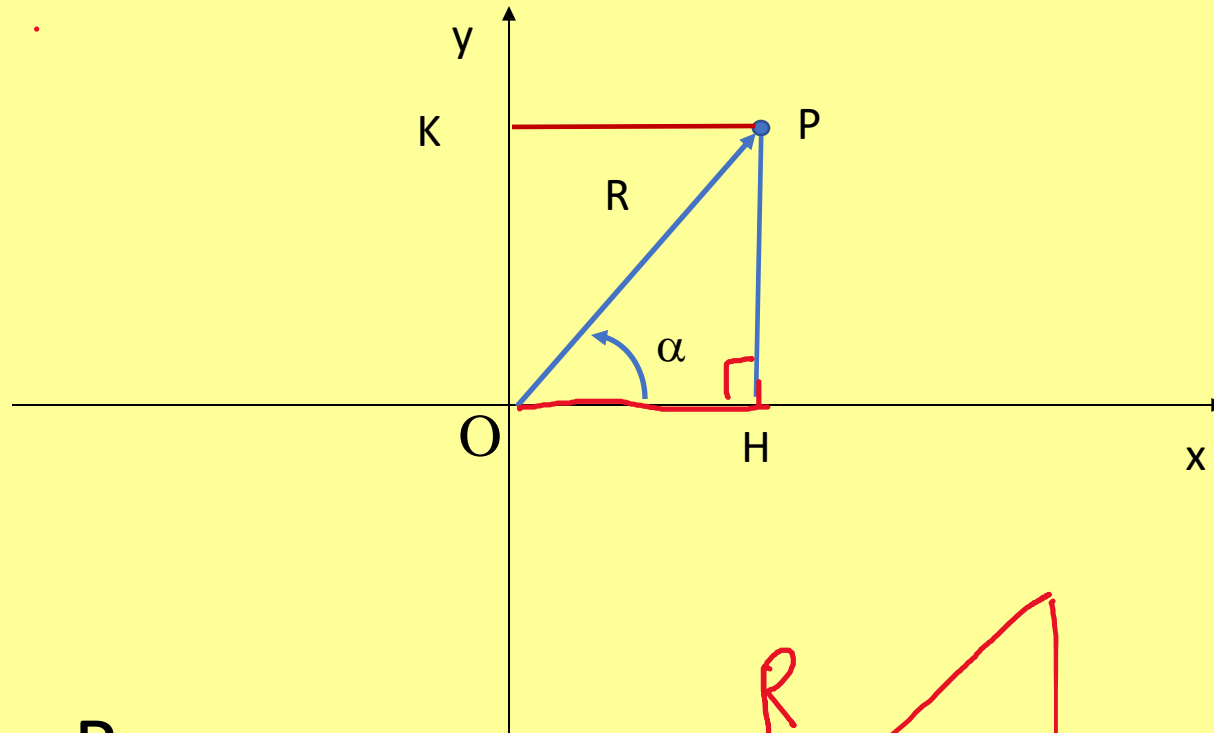
# FUNZIONI SENO E COSENO



Il seno e il coseno possono assumere tutti i valori compresi tra  $-1$  e  $1$

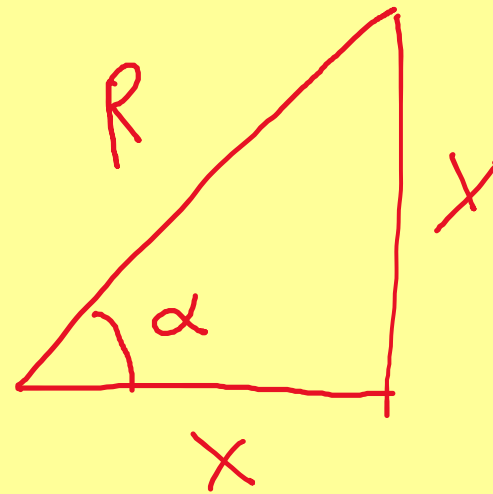
Sono funzioni periodiche di periodo  $2\pi$

# Coordinate di un punto P in termini dell'angolo (coordinate polari)



$$Y_p = \underline{PH} = R \cdot \text{sen} \alpha$$

$$X_p = PK = R \cdot \text{cos} \alpha$$



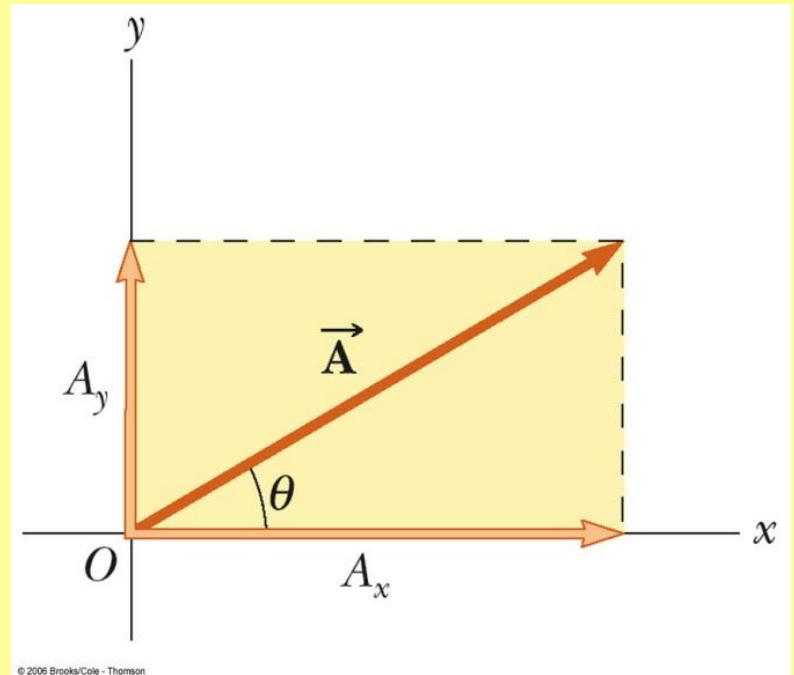
$$Y = R \text{sen} \alpha \quad X = R \text{cos} \alpha$$



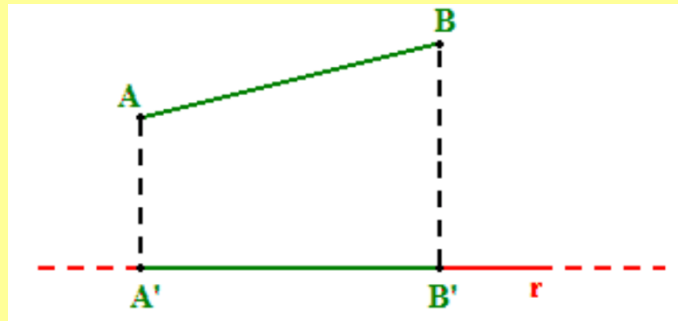
# Componenti di un vettore

- Una **componente** è una parte di un vettore.
- In un piano cartesiano, dati i due assi ortogonali  $x$  e  $y$ , ogni vettore  $\mathbf{A}$  può essere scritto in modo unico come somma di due vettori  $\mathbf{A}_x$  e  $\mathbf{A}_y$ , ciascuno diretto lungo una delle due direzioni

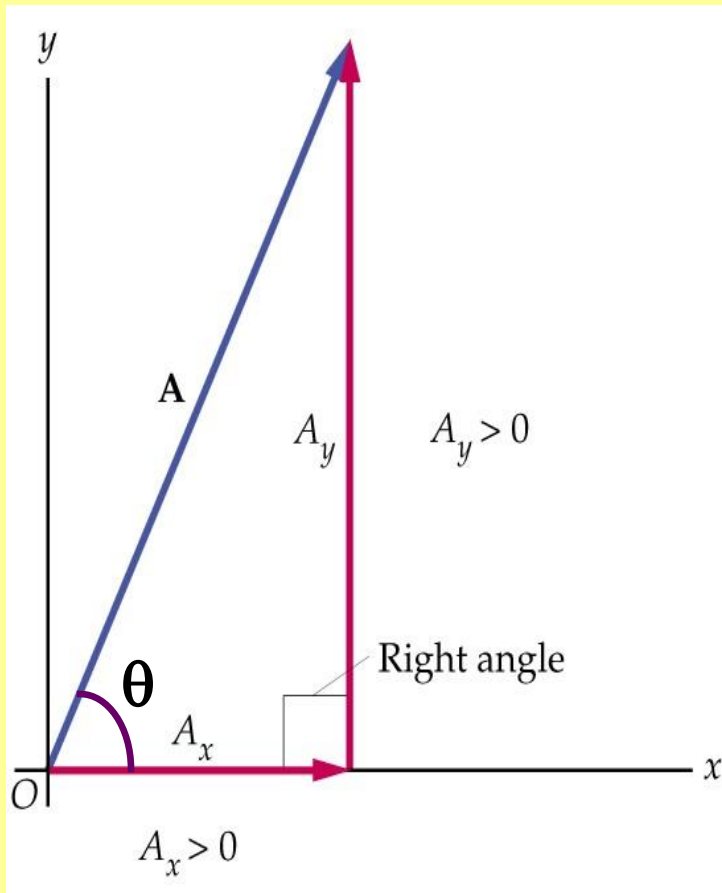
$$\vec{\mathbf{A}} = \vec{\mathbf{A}}_x + \vec{\mathbf{A}}_y$$



Richiamo: la proiezione ortogonale di un segmento AB su una retta  $r$  è il segmento sulla retta individuato dalle proiezioni ortogonali degli estremi del segmento AB



# Componenti cartesiane di un vettore usando la trigonometria



- Componente x = proiezione del vettore sull'asse x

$$A_x = A \cos \theta \quad \cos \theta = \frac{A_x}{A}$$

- Componente y = proiezione del vettore sull'asse y

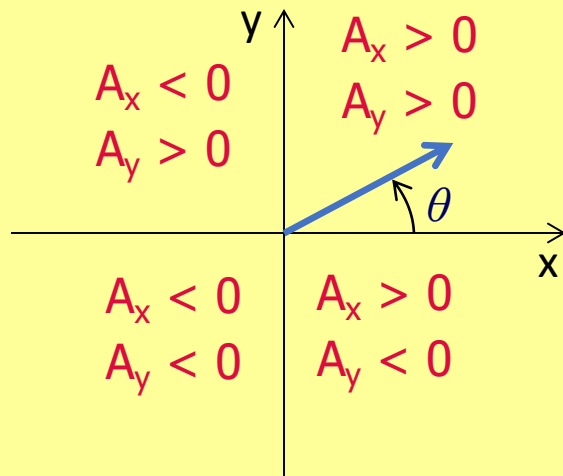
$$A_y = A \sin \theta \quad \sin \theta = \frac{A_y}{A}$$

- Quindi il vettore si scrive come somma vettoriale delle due componenti

$$\vec{A} = \vec{A}_x + \vec{A}_y$$

# Componenti cartesiane di un vettore

- E' importante che l'angolo sia misurato rispetto al semiasse positivo dell'asse x
- Le componenti avranno segno positivo o negativo a seconda che siano concordi o discordi con i versi positivi degli assi
- I segni dipendono dal valore dell'angolo



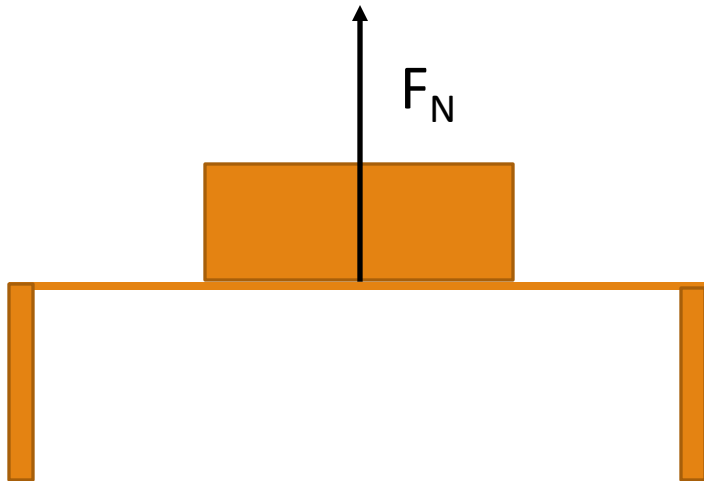
$$\theta=0, A_x=A>0, A_y=0$$

$$\theta=45^\circ, A_x=A \cos 45^\circ > 0, A_y=A \sin 45^\circ > 0$$

$$\theta=90^\circ, A_x=0, A_y=A>0$$

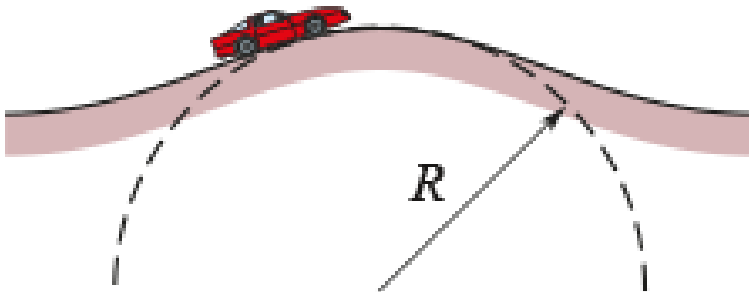
$$\theta=180^\circ, A_x=-A<0, A_y=0$$

# Reazione vincolare



Reazione vincolare o reazione normale:  
“resistenza” esercitata dal tavolo sul corpo  
che impedisce al corpo di cadere al suolo

La reazione vincolare permetterà di  
spiegare perché i dossi rallentano le  
macchine in corsa. E inoltre spiega la  
possibilità di fare il “giro della morte”

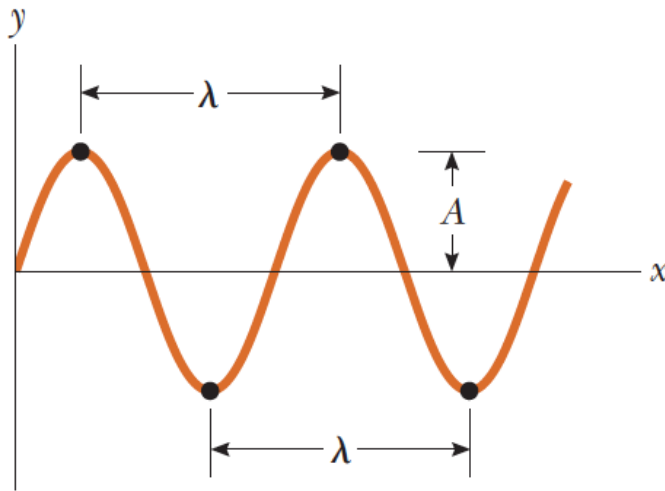


# Radiazione elettromagnetica

E' un'onda costituita da campi magnetici ed elettrici oscillanti in direzioni perpendicolari

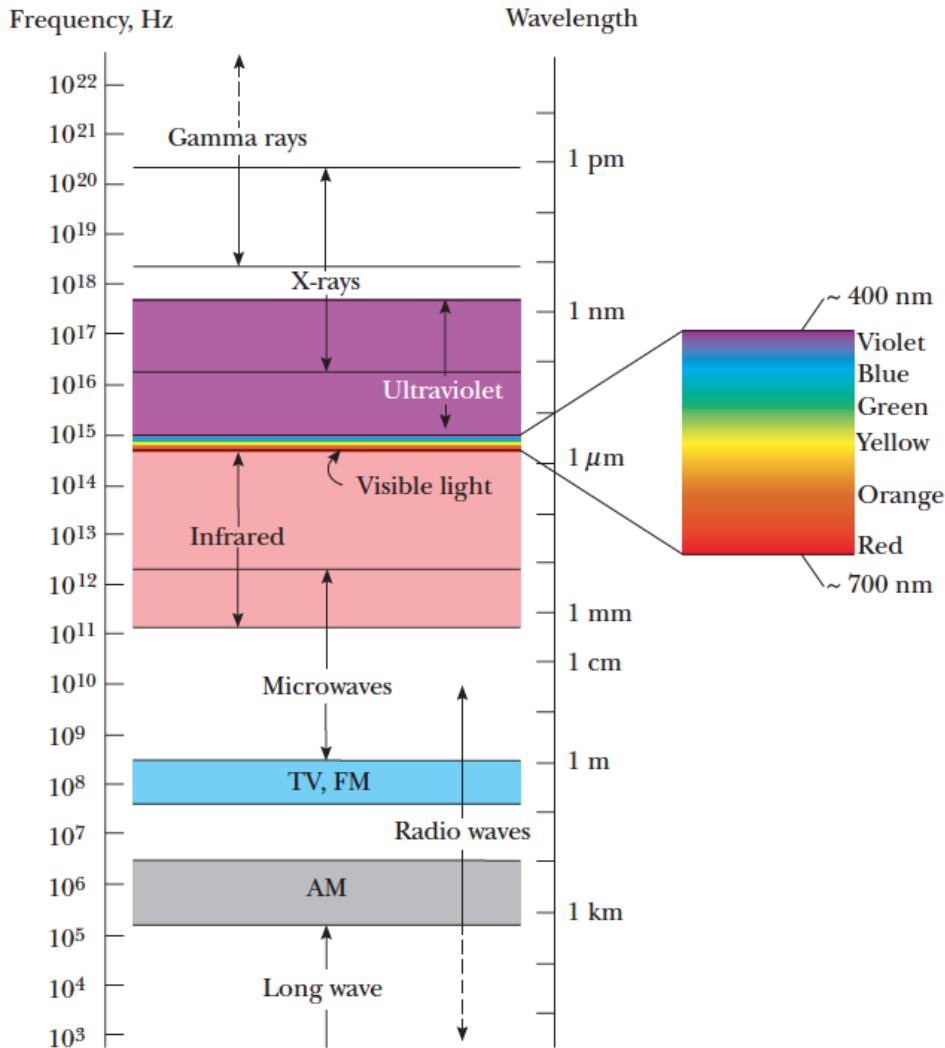
Caratteristiche delle onde meccaniche:

- Velocità di propagazione  $V = \frac{\lambda}{T}$
- Frequenza (numero di oscillazioni al secondo)  $\nu = \frac{V}{\lambda}$



$T$  = periodo dell'onda \*\*\*  
 $\lambda$  = lunghezza d'onda

# Spettro elettromagnetico



La radiazione elettromagnetica è costituita da fotoni che si possono comportare da onde o particelle.

$$\text{Energia } E = h \nu$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

h = costante di Planck  
 c = velocità della luce  
 = 300000 km/s