

# Precorso di Fisica

Materiale di questi precorsi raccolto sia  
nel Team “Precorsi”, sia a questo link:

<https://indico.unina.it/event/51/>



---

DIPARTIMENTO DI AGRARIA, NAPOLI – 17/09/20

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:

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

$$\frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

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 un'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  $v = 10 \text{ km/h}$ .

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

$\frac{\cancel{\text{m}}^2}{\cancel{\text{s}}^2} = \text{m}$

$$\rightarrow \frac{25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}^2}{19.62 \text{ m/s}^2} = \underline{1.27} \cdot \underline{10^{-4}} \text{ m}$$

$$25 \left( \frac{1 \text{ cm}}{\text{s}} \right)^2 = 25 \left( \frac{10^{-2} \text{ m}}{\text{s}} \right)^2 = 25 \cdot \frac{10^{-4} \text{ m}^2}{\text{s}^2}$$

## 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?

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

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

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} \Rightarrow 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ L}$$

$$1000 \text{ mL} = 1 \underline{\text{L}}$$

# Esempi di fenomeni 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: 
$$v_x = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{\Delta t} \rightarrow \Delta x = v \Delta t$$

- Posizione: 
$$x_f = x_i + v_x \Delta t$$
 *Legge oraria*



# 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:

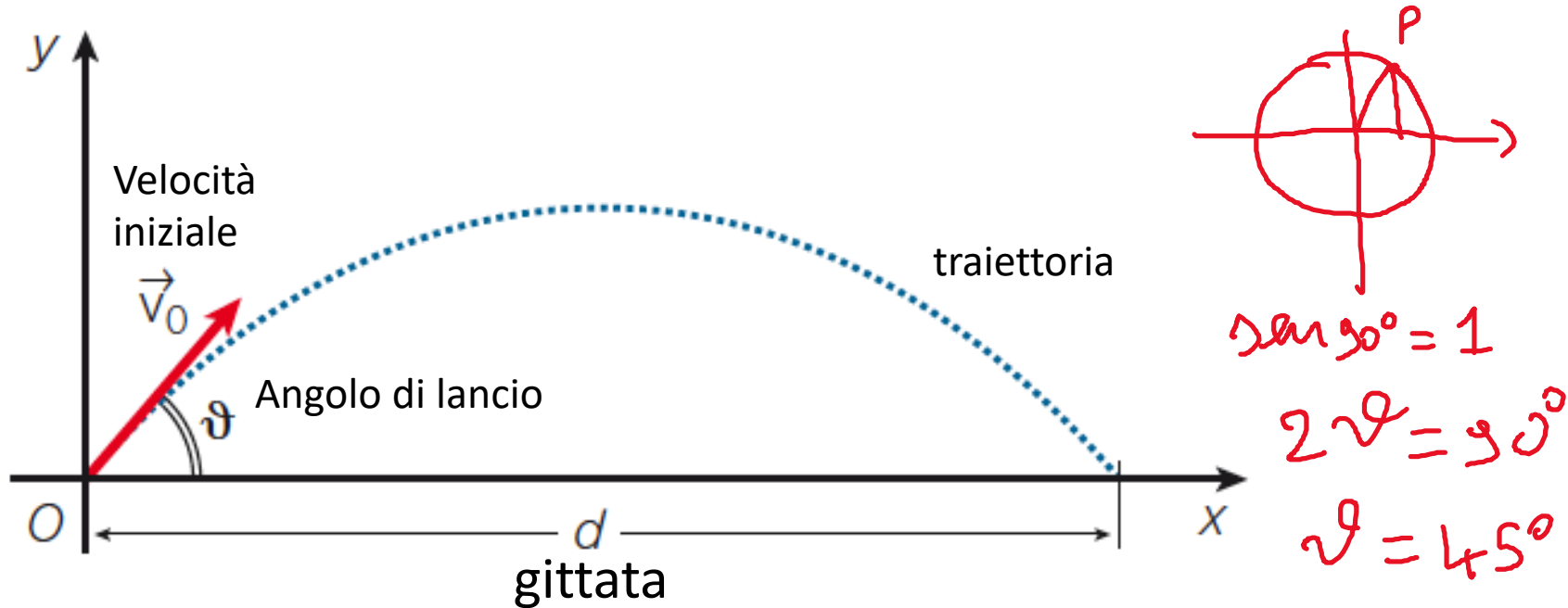
$$x_f = x_i + v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

*Legge oraria*



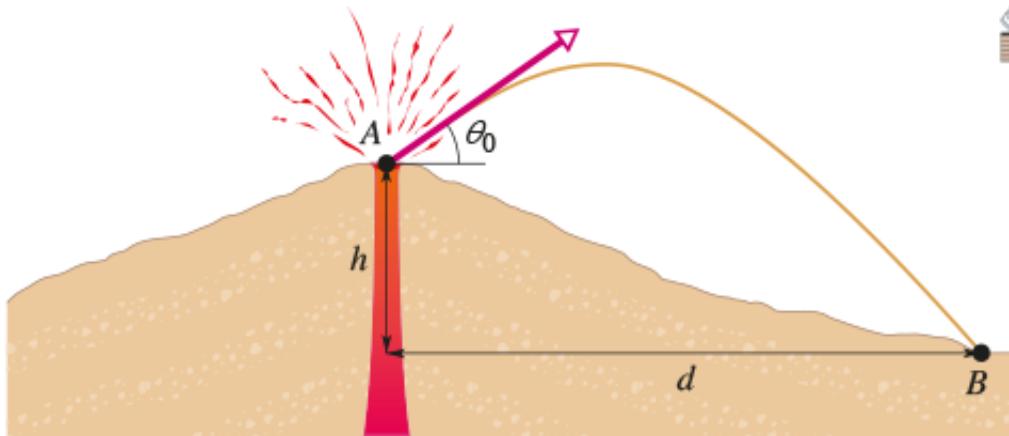
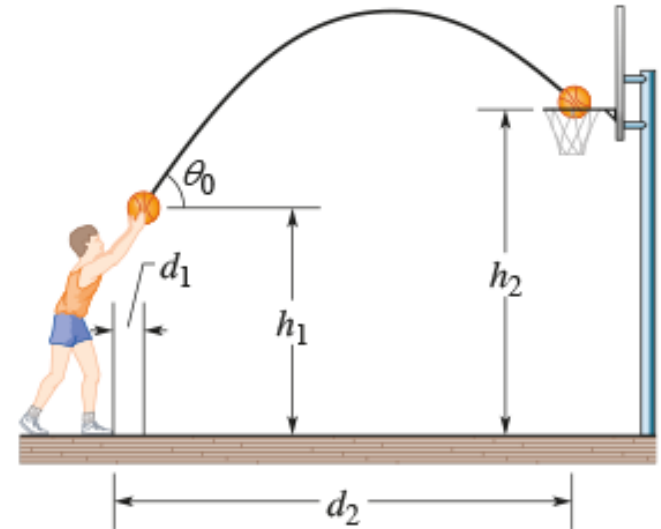
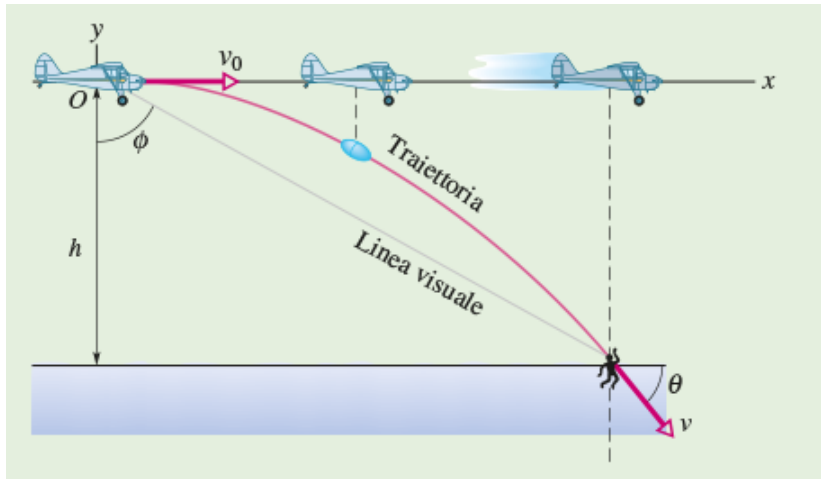
# Moto del proiettile

La traiettoria del proiettile è completamente determinata una volta che assegnamo la velocità iniziale e l'angolo di lancio



$$\left[ d = \frac{v_0^2}{g} \cdot \underbrace{\sin(2\vartheta)} \right] \text{ La gittata massima corrisponde ad un angolo di lancio di } 45^\circ$$

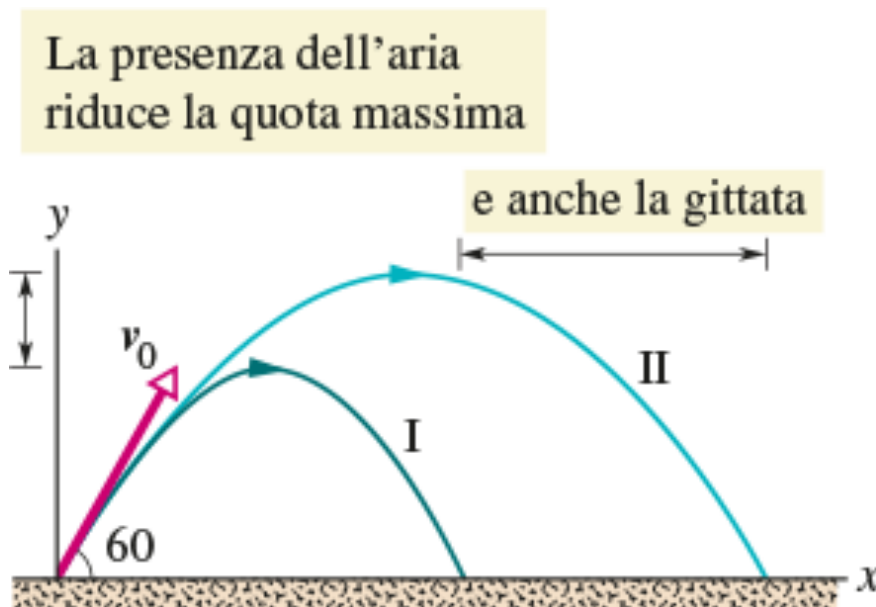
# Generalizzazione moto del proiettile



# Moto del proiettile con resistenza dell'aria

Ogni teoria o modello ha i suoi limiti di validità, a seconda delle condizioni in cui intendiamo verificare il modello.

Esempi: lancio di un foglio di carta (resistenza dell'aria importante), lancio di un giavellotto (resistenza trascurabile)



**TABELLA 4.1** Due palle in volo<sup>a</sup>

	Percorso I (aria)	Percorso II (vuoto)
Gittata	98,5 m	177 m
Altezza massima	53,0 m	76,8 m
Tempo di volo	6,6 s	7,9 s

<sup>a</sup> Si veda la figura 4.13. L'angolo di lancio è di 60° e la velocità iniziale di 44,7 m/s.

# Esercizi cinematica (test ingresso)

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

$$\Delta x = 1 \text{ km}; \quad \Delta t = 20 \text{ s}; \quad x_F = x_i + v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$\Delta x = \cancel{v_i \Delta t} + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \Rightarrow \Delta x = \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$a = \frac{2 \Delta x}{\Delta t^2} = \frac{2 \cdot 10^3 \text{ m}}{(20 \text{ s})^2} = \frac{2000 \text{ m}}{400 \text{ s}^2} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- 2) Un corpo che si muoveva con velocita' di 100m/s, si arresta in 10s. Qual e' la sua accelerazione media?

$$\Delta v = v_F - v_i = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 100 \frac{\text{m}}{\text{s}} = -100 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$
$$a = -\frac{100 \text{ m/s}}{10 \text{ s}} = -10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

# Esercizi cinematica (test ingresso)

---

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

$$V = \frac{4 \text{ cm}}{1 \text{ anno}}$$

$$\Delta x = V \Delta t$$

$$\begin{aligned} \Delta x &= \frac{4 \text{ cm}}{1} \cdot 10^6 = 4 \cdot 10^6 \text{ cm} = \\ &= 4 \cdot 10^4 \text{ m} \end{aligned}$$

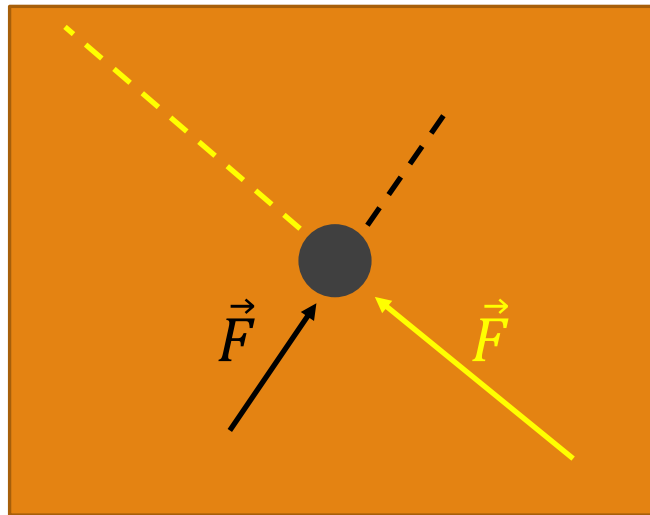
# Utilizzo dei vettori

---

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

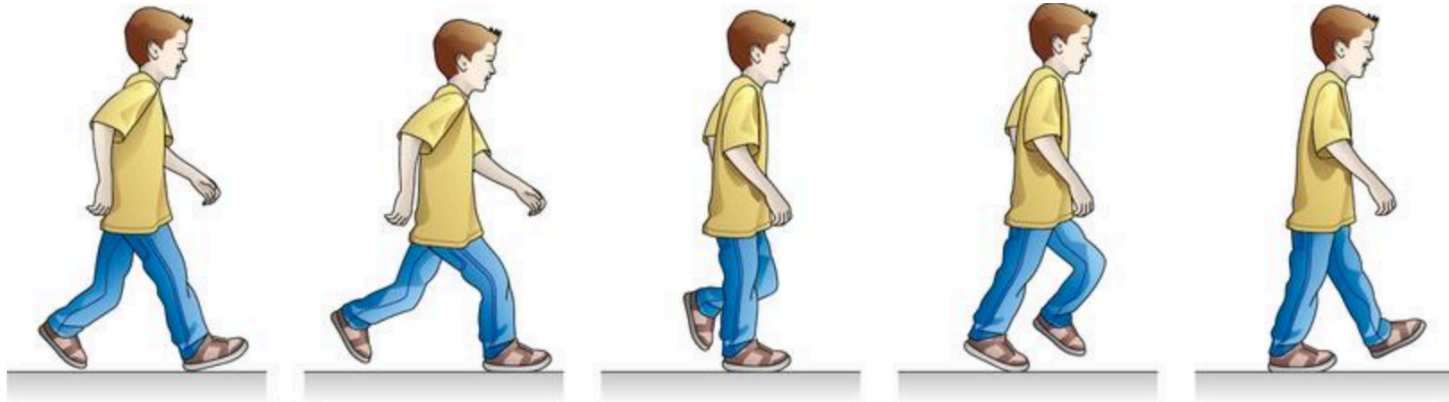
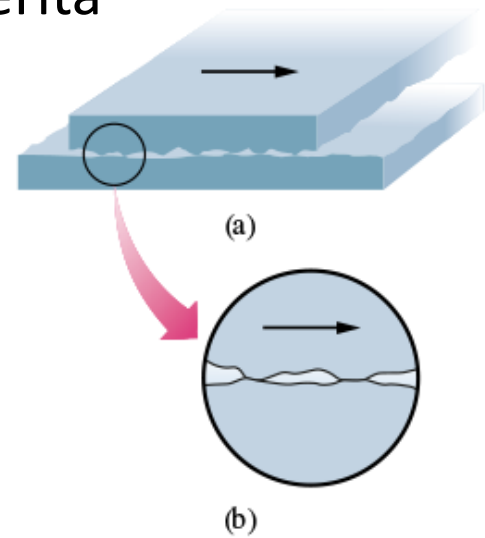
$$\vec{F} = m\vec{a}$$



# 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*

# 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:

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

0 =

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

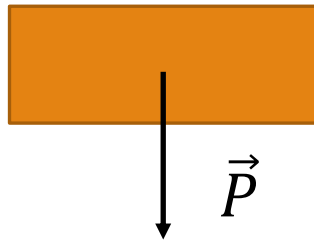
$m_1v_1$  pistola  
 $m_2v_2$  proiettile

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 (forza di attrazione gravitazionale esercitata dalla terra)

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

m = massa

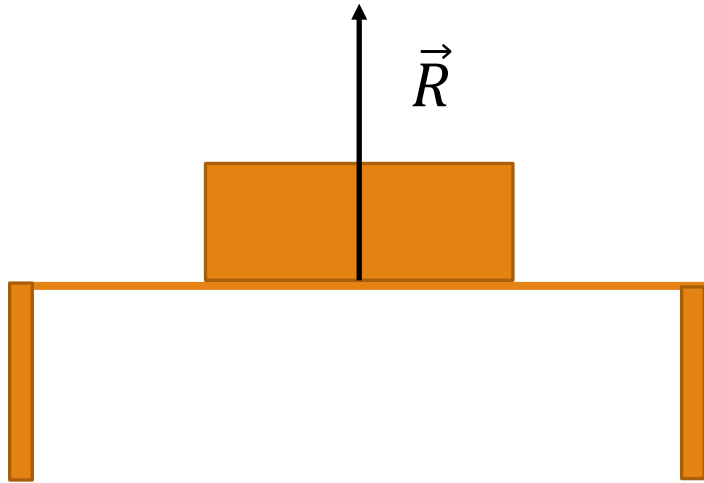
g = accelerazione di gravità (= 9,81 m/s<sup>2</sup>)

E' una forza, quindi si misura in Newton, non in Kg. Il mio peso è 80 Kg \* 9,81 m/s<sup>2</sup> = 785 N

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

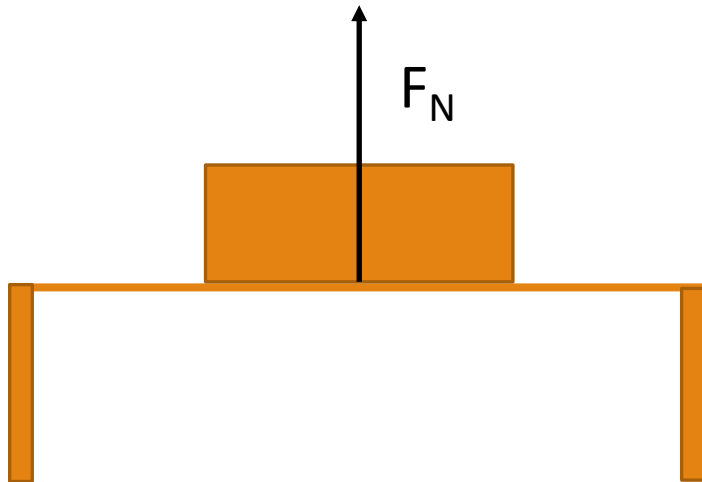
# Reazione vincolare

---



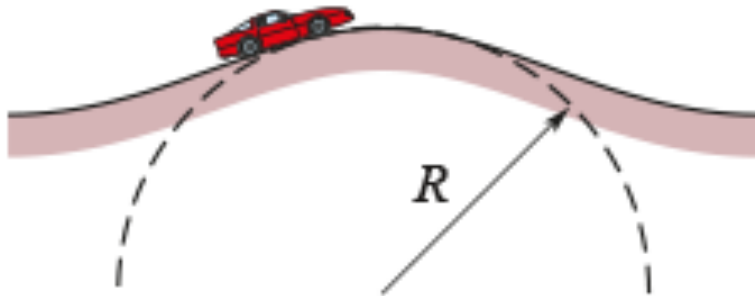
Reazione vincolare o reazione normale: “resistenza” esercitata dal tavolo sul corpo che impedisce al corpo di cadere al suolo

# 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”



# Esercizi dinamica (test ingresso)

---

1) Il peso di un corpo e'

a) una massa

b) una forza

c) una quantita' 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) e' 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

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

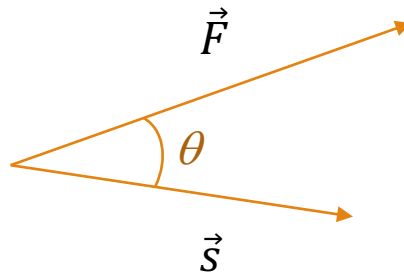


# Esercizi dinamica

---

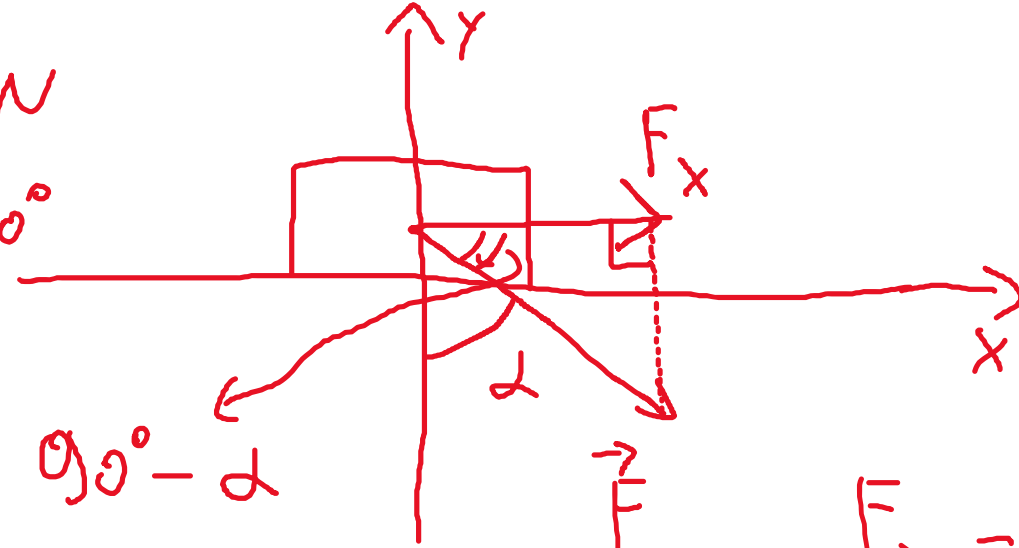
- 1) Il lavoro  $L$  fatto da una forza costante  $F$  che agisce nella stessa direzione dello spostamento  $s$  di un corpo e' uguale a
- a)  $L = F s^2$
  - b)  $L = F/s$
  - c)  $L = F s$

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: applicazione con i vettori

$F = 20\text{N}$   
 $\alpha = 60^\circ$



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

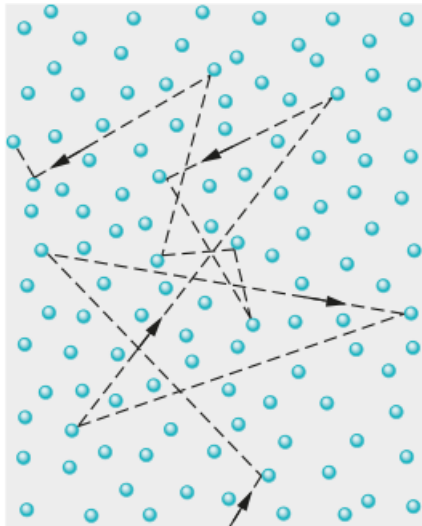
$\vec{F}_x = F \cos(90^\circ - \alpha)$

X:  $F_x = ma_x$

# 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 e la superficie su cui la forza agisce

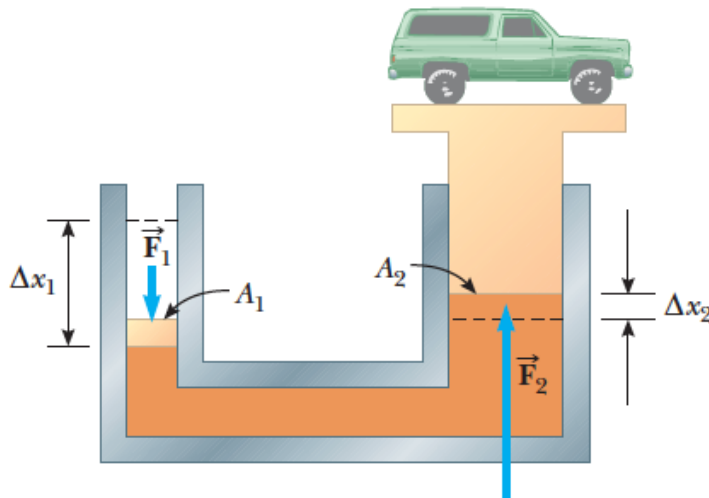
$$P = \frac{F}{A}$$

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

# Fluidi e pressione

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

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

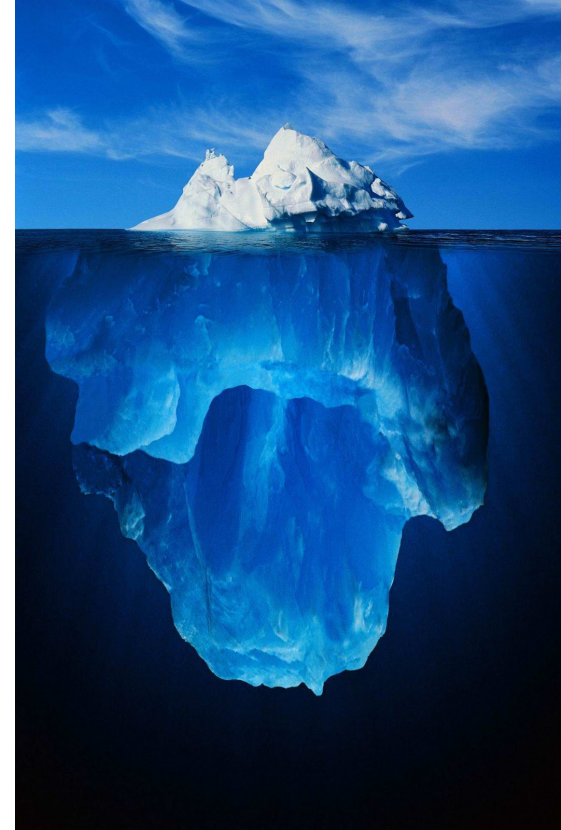
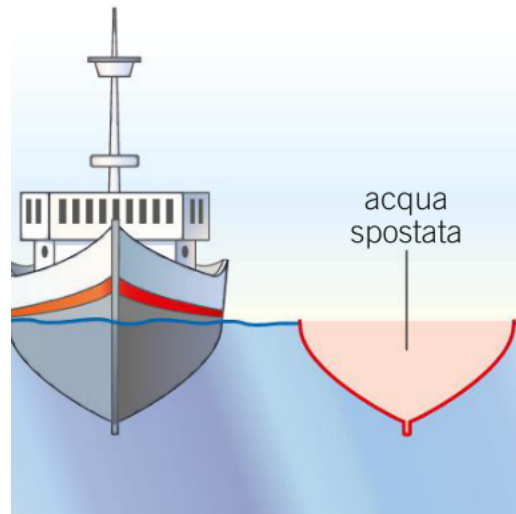


(David Frazer)

# 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

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

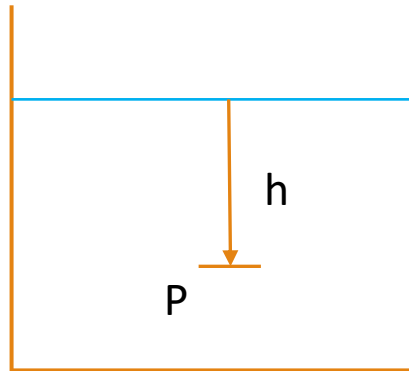


Il principio di Archimede permette alle navi di galleggiare. Inoltre spiega perché il 90% del volume di un iceberg è sott'acqua

# 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  $dgh$



# Dilatazione termica



(Wide World Photos)

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).
- **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



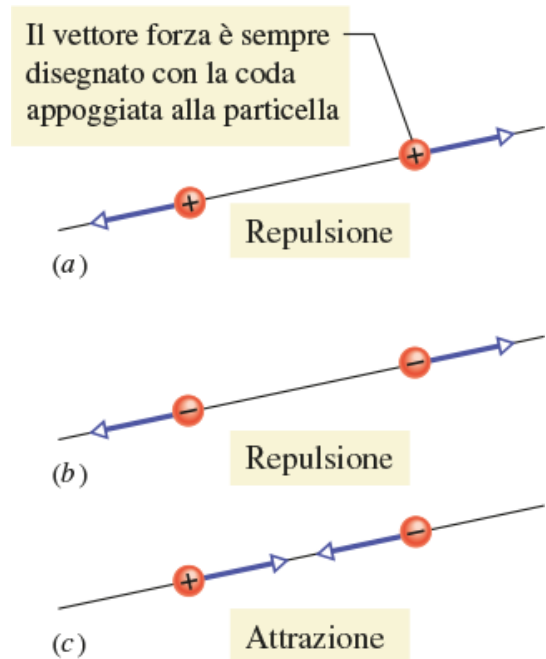
# Fenomeni elettrici

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  $q_2$ :

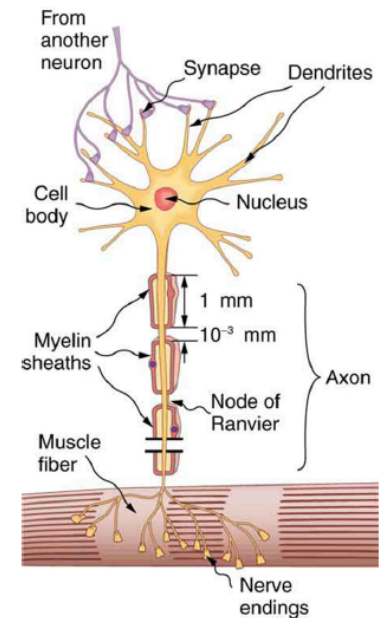
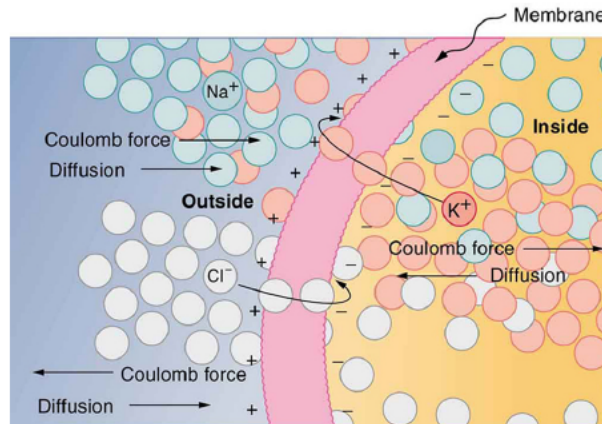
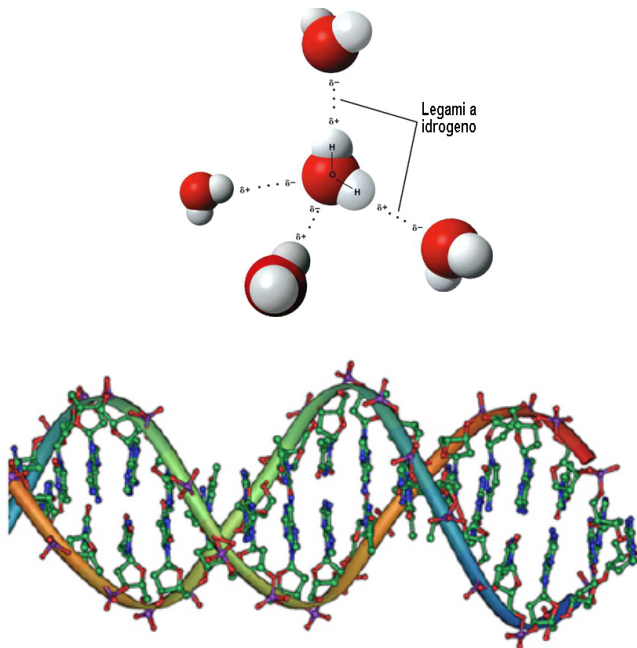
$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{d^2}$$



# 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

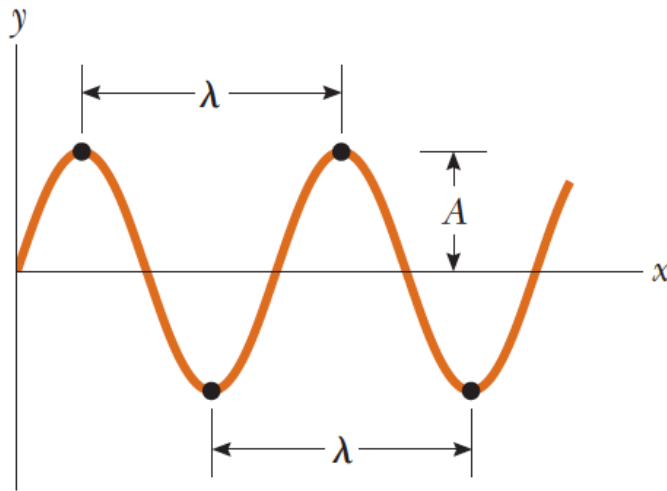


# Radiazione elettromagnetica

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

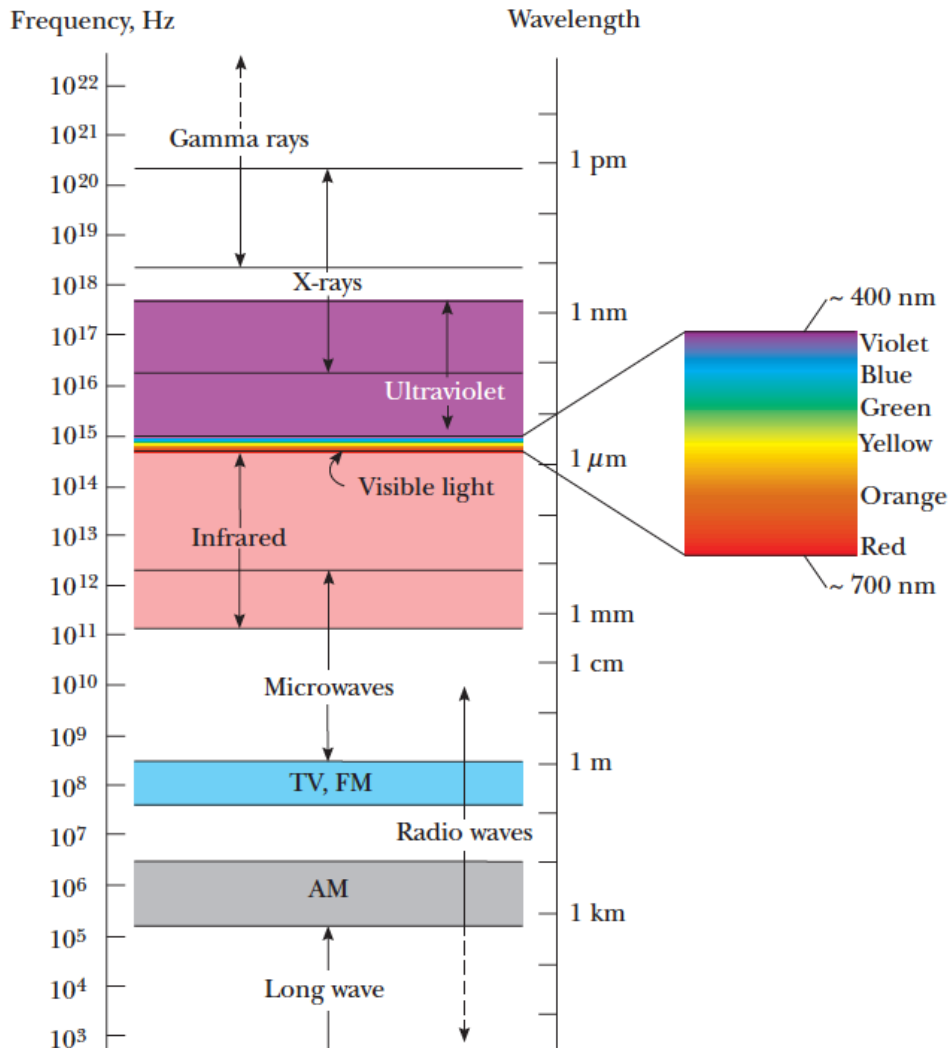
Caratteristiche delle onde meccaniche:

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



T = periodo dell'onda \*\*\*  
λ = 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

# 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

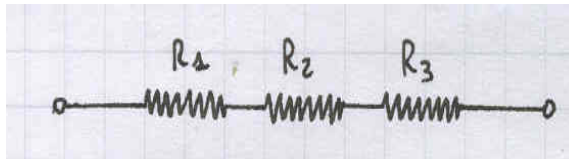
$$I = \frac{V}{R}$$

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

# Concetti elettricità (test di ingresso)

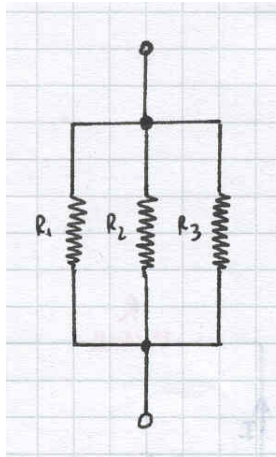
---

- Resistenze poste in serie in un circuito:



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

- Resistenze poste in parallelo:



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

# Energia

---

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

- 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

---

$$F \propto d^2$$

$$F \propto \frac{1}{d^2}$$

$$\frac{0,0625}{0,25} = 0,25 = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{d^2} \rightarrow \frac{1}{(2d)^2}$$

$$d = 2$$

$$F \propto \frac{1}{4} = 0,25$$

$$d = 4$$

$$F \propto \frac{1}{16} = 0,0625$$



## 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

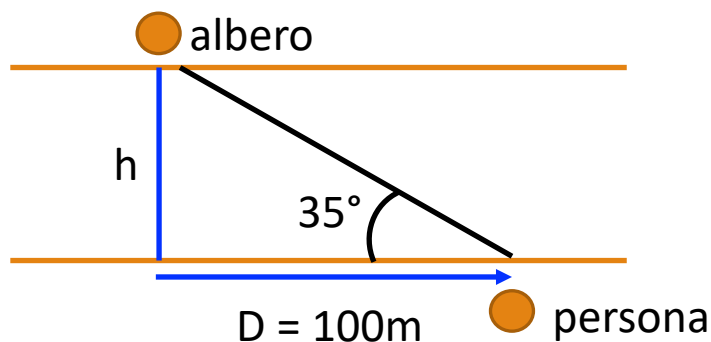
---

- 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

---

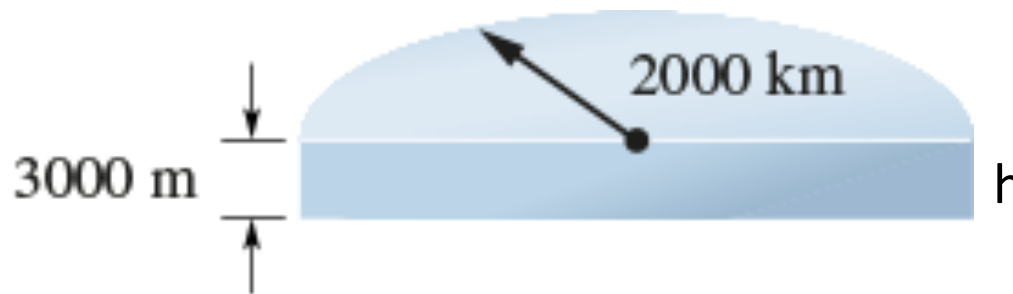
- Quanti  $\text{km}^3$  di ghiaccio ci sono in Antartide ? Considerare la calotta di ghiaccio di forma semicircolare di spessore 3000m e raggio 2000 km.



## 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
  - $N(\text{accordatori}) = \frac{10^5 \text{ accordature}}{10^3 \text{ accordature}} = 100$