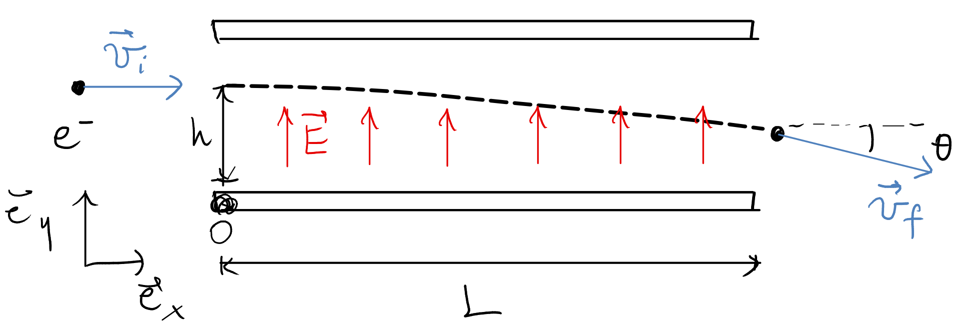
Esempio: moto di una carica in un campo elettrico costante

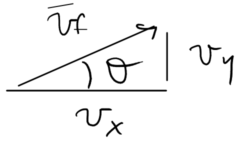


elettrone $q=-e$

$\vec E = cost$

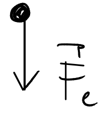
$\Rightarrow$ $\theta = ?$

trascuro $\vec g$



$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x}$

Forze: $\vec F_e = q\vec E = -e\vec E$



II Newton: $\sum \vec F = m\vec a \to \vec F_e = m\vec a \to \vec a = -\frac{e}{m}\vec E$

Moto unif. accelerato: $\vec v = \vec a(t-t_i)+\vec v_i$; $\vec r = \frac{1}{2}\vec a(t-t_i)^2 + \vec v_i(t-t_i) + \vec r_i$

Espressione nella base cartesiana $(\hat e_x, \hat e_y)$ $\quad |\vec E| = E > 0$

$$\vec a = -\frac{e}{m}|\vec E|\,\hat e_y = 0\,\hat e_x - \frac{e}{m}E\,\hat e_y$$

Verifica dimensionale:

$$\left[\frac{eEL}{m v_i^2}\right] = \frac{ML}{T^2}\,\frac{L}{M}\,\frac{T^2}{L^2} = 1 \quad \boxed{\checkmark}$$

Condizioni iniziali: $|\vec v_i| = v_i$

$\vec v_i = v_i\,\hat e_x + 0\,\hat e_y$; $\vec r_i = 0\,\hat e_x + h\,\hat e_y$; $t_i = 0$

Leggi orarie:

$$\begin{cases} v_x = v_i \\ v_y = -\frac{e}{m}E t \end{cases} \qquad \begin{cases} x = v_i t \\ y = \frac{1}{2}\left(-\frac{e}{m}E\right)t^2 + h \end{cases}$$

All'istante $t = t_f \to x_f = L \to t_f = \frac{L}{v_i}$

$$\tan\theta = \frac{\frac{e}{m}E\frac{L}{v_i}}{v_i} = \frac{eEL}{m v_i^2} \to \theta = \arctan\frac{eEL}{m v_i^2}$$

3. Interazioni magnetiche

Aghi magnetici (bussola) deflessi → materiali magnetici

~1200 osservazioni qualitative → poli N / S

~1600 fenomeno più generale

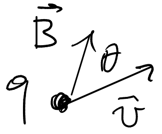
~1700 osservazioni quantitative

~1800 Faraday et al ⇒ moto di cariche produce campo $\vec{B}$

Maxwell → elettromagnetismo

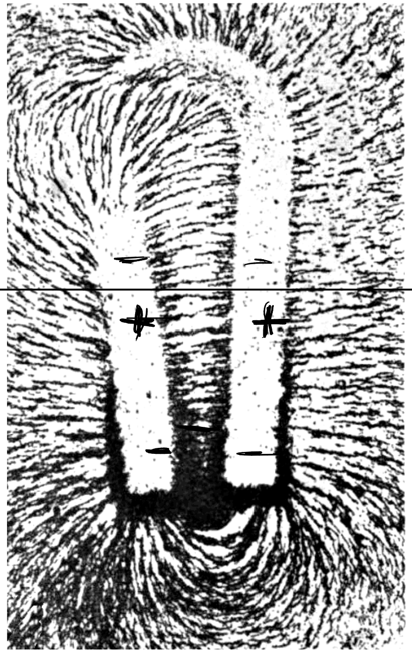
Definizione operativa di $\vec{B}$

- direzione / verso di $\vec{B}$ → ago bussola
- modulo dalle relazioni seguenti



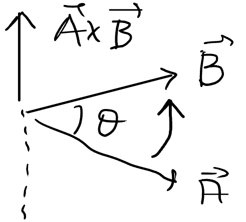
$(\vec{F}_e = q\vec{E})$

≈ elettrostatico	≠ elettrostatica
$\lvert\vec{F}_B\rvert \sim \lvert q\rvert$	$\lvert\vec{F}_B\rvert \sim \lvert\vec{v}\rvert$
$\lvert\vec{F}_B\rvert \sim \lvert\vec{B}\rvert$	$\lvert\vec{F}_B\rvert \sim \sin\theta$
verso di $\vec{B}$ cambia con q	$\vec{F}_B \perp \vec{B}, \vec{v}$



Aghi di ferro deflessi dal campo magnetico di un ferro di cavallo

Prodotto vettoriale : $\vec{A}, \vec{B} \rightarrow \vec{A} \times \vec{B} \rightarrow$ direzione, verso, modulo



- $\vec{A} \times \vec{B} \perp \vec{A}, \vec{B}$ — modulo $|\vec{A} \times \vec{B}| = |\vec{A}| \cdot |\vec{B}| \cdot \sin\theta$
- verso : regola della mano dx

$$\boxed{\vec{F}_B = q\, \vec{v} \times \vec{B}}$$

Forza di Lorentz

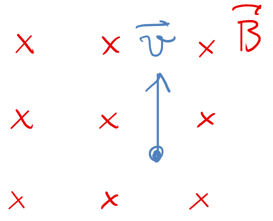
$\vec{B}$ entra nel piano

⊗ [x]

$\vec{B}$ esce dal piano

⊙ [•]

Esempio : moto di una carica in un campo magnetico costante



q carica

m massa

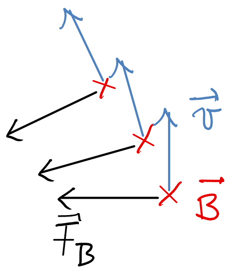
no gravità

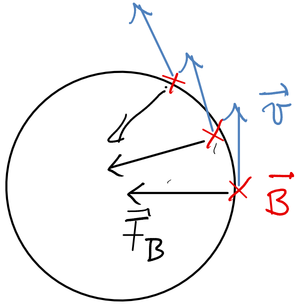
$\vec{B} = \text{cost}$

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

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

$\vec{v} \perp \vec{a}$ $|\vec{a}| = \text{cost}$ → moto circolare





$|\vec{a}| \equiv a_c = \frac{v^2}{r}$

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

$q|\vec{v}||\vec{B}| = m|\vec{a}|$

$qvB = m\frac{v^2}{r}$

$\Rightarrow r = \frac{mv^{\cancel{2}}}{q\cancel{v}B} = \frac{mv}{qB}$

Periodo : $v \cdot \tau = 2\pi r \rightarrow \tau = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m \cancel{v}}{qB\cancel{v}} = \frac{2\pi m}{qB}$

4. Interazione forte

atomo $\Rightarrow$ nucleo + elettroni
$-$

nucleo $\rightarrow$ protoni $+$, neutroni $\emptyset$

Forze nucleari responsabili della stabilità dei nuclei atomici $\rightarrow$ corto raggio
$\rightarrow$ interazioni "forte" tra quarks

5. Interazione debole

Responsabile dell'instabilità di alcuni nuclei atomici $\rightarrow$ radioattività

Gravitazione

Elettrostatiche
Magnetiche
Deboli

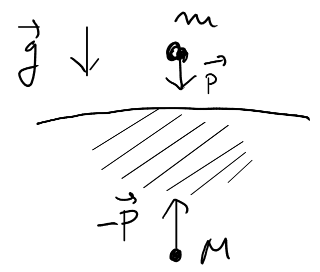
Forti

$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}\text{Elettrostatiche}\\ \text{Magnetiche}\end{array}\right\}\ \text{elettromagnetismo}\\ \text{Deboli}\end{array}\right\}\ \text{elettro-debole}$

FORZE MACROSCOPICHE

Risultante di moltitudine di forze fondamentali tra atomi / molecole

1. Peso



$\vec P = m\vec g \quad \rightarrow \quad$ III Newton : $\vec P^{(M)} = -\vec P^{(m)}$

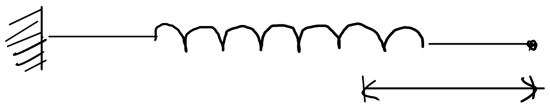
2. Elasticità

Piccole deformazioni di corpi solidi → forza elastica

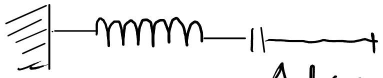
ES: molla

lunghezza a riposo

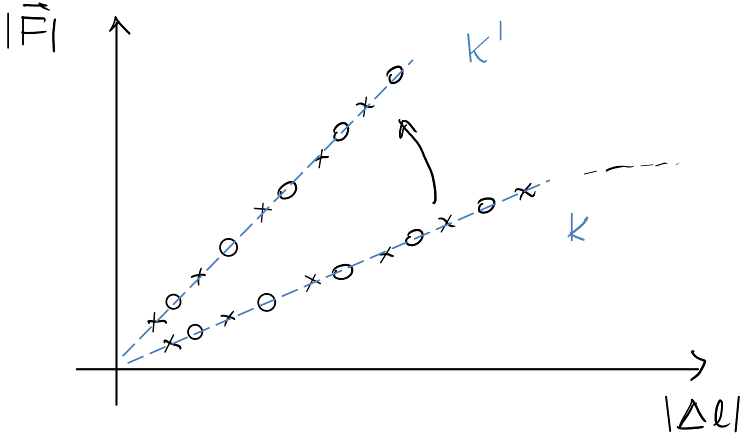
$$|\vec F| \sim |\Delta l| \quad \rightarrow \quad |\vec F| = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{costante elastica}}}{k}\, |\Delta l|$$

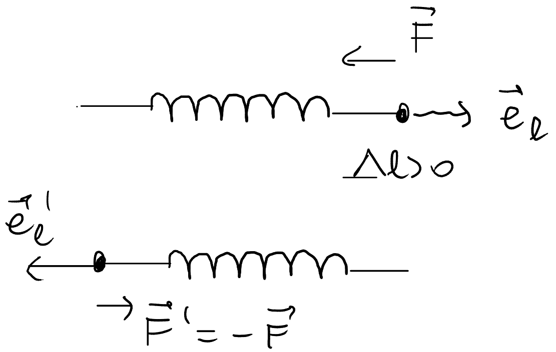


$\Delta l > 0$ allungamento



$\Delta l < 0$ compressione





$$\boxed{\vec{F} = -k\,\Delta l\,\vec{e}_\ell}$$

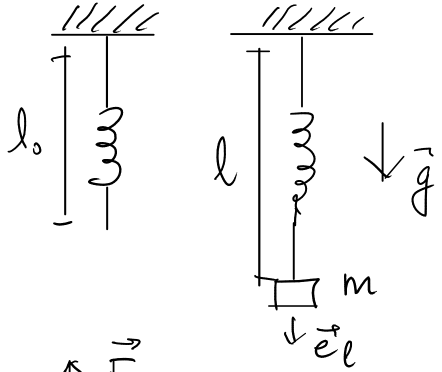
$|\vec{e}_\ell| = 1$

<u>legge di Hooke</u>

$$\vec{F}' = -k\,\Delta l\,\vec{e}_\ell{}' = k\,\Delta l\,\vec{e}_\ell = -\vec{F}$$

<u>III Newton</u>

Es.: massa m appesa all'estremità di una molla nel campo gravitazionale



$\Delta l = l - l_0$ massa molla trascurabile

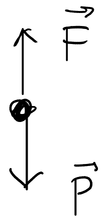
m è immobile $\rightarrow$ equilibrio statico $\qquad \vec{v} = \vec{0} \rightarrow \vec{a} = \vec{0}$

$$\boxed{\sum \vec{F} = m\vec{a} = \vec{0}}$$

immobile

$\sum \vec{F} = \vec{0}$ condizione necessaria per eq. statico

(poi aggiungo che $\vec{v} = 0$)



$\vec{P} + \vec{F} = \vec{O}$ (equilibrio statico)

$m\vec{g} - k\Delta l\,\vec{e}_\ell = \vec{0} \longrightarrow mg - k\Delta l = 0 \Rightarrow \Delta l = \frac{mg}{k}$

$mg\vec{e}_\ell$

proietto su $\vec{e}_\ell$

$m \uparrow \quad \Delta l \uparrow$

$k \uparrow \quad \Delta l \downarrow$

$\vec{g} = g\vec{e}_\ell$

$\hookrightarrow 9.81\ m/s^2$

$$mg\vec{e}_\ell - k\Delta l\,\vec{e}_\ell = 0\,\vec{e}_\ell$$