# Formulario di Fisica

UniShare

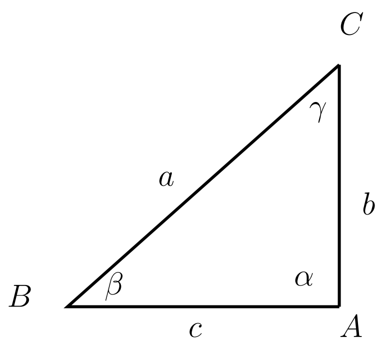
Davide Cozzi
@dlcgold

# Indice

# Capitolo 1

# Introduzione

### 1.0.1 Trigonometria




$$b = a \sin \beta$$

$$c = a \sin \gamma$$

$$b = a \cos \gamma$$

$$c = acos\beta$$

$$c = b \tan \gamma$$

$$b = c \tan \beta$$

quindi su un piano inclinato:

$$l = \frac{h}{\sin \theta}$$

inoltre:

$$\sin^2(\theta) + \cos^2(\theta) = 1$$

$$\sin(2\theta) = 2 \sin(\theta) \cos(\theta)$$

$$\cos(2\theta) = \cos^2(\theta) - \sin^2(\theta)$$

## 1.1 vettori

prodotto scalare tra vettori: $\overline{x} \cdot \overline{y} = ||x|| \cdot ||y|| \cdot \cos\theta$
prodototto vettoriale tra vettori: $\overline{x} \times \overline{y} = ||x|| \cdot ||y|| \cdot \sin\theta$

## 1.2 Costanti

- **accelerazione di gravità:** $g = 9,81 \, \frac{m}{s^2}$
- **costante gravitazionale:** $6,67 \times 10^{-11} \, \frac{m^3}{s^2 kg}$
- **raggio terra:** $R_L = 6,37 \times 10^6 \, m$
- **massa terra:** $M_T = 5,96 \times 10^{24} \, kg$
- **massa sole:** $M_S = 1,99 \times 10^{30} \, kg$
- **massa luna:** $M_L = 7.36 \times 10^{22} \, kg$

# Capitolo 2

# Meccanica

## 2.1 Cinematica

**Moto rettilineo**

- **velocità media:** $v_m = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\vec{v_2} - \vec{v_1}}{2}$
- **velocità istantanea:** $v(t) = \frac{d\vec{x}(t)}{dt}$
- **equazione del moto rettilineo uniforme:** $x(t) = x_0 + v(t - t_0)$
- **accelerazione media:** $a_m = \frac{\vec{v_2} - \vec{v_1}}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
- **velocità moto uniformemente accelerato:** $v(t) = v_0 + at$
- **equazione del moto rettilineo uniformemente accelerato:**

$$x(t) = x_0 + v_0 t + \frac{a}{2} t^2$$

- **velocità finale moto uniformemente accelerato:**

$$v_{fin}^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

**Moto verticale**

- **punto ad altezza h lasciato cadere:**

$$\vec{x}(t) = h - \frac{1}{2}gt^2$$

$$\vec{v}(t) = -gt$$

$$t_{caduta} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$\vec{v}_{suolo} = -\sqrt{2gh}$$

- **punto ad altezza h spinto in basso con una certa velocità verso il basso:**

$$\vec{x}(t) = h - \vec{v}_1 t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$\vec{v}(t) = -\vec{v}_1 - gt$$

$$t_{caduta} = -\frac{\vec{v}_1}{g} + \frac{1}{g}\sqrt{\vec{v}_1^2 + 2gh}$$

$$v_{suolo} = -\sqrt{\vec{v_1}^2 + 2gh}$$

- **punto ad altezza 0 spinto in alto con una certa velocità:**

$$\vec{x}(t) = \vec{v_2}t - \frac{1}{2}gt^2$$

$$\vec{v}(t) = \vec{v_2} - gt$$

con $v = 0$ si ha l'altezza massima:

$$t_{x_{max}} = \frac{\vec{v_2}}{g}$$

e quindi:

$$x(t_{max}) = \frac{1}{2}\frac{\vec{v_2}^2}{g}$$

$$t_{caduta} = \frac{\vec{v_2}}{g}$$

$$t_{tot} = t_{max} + t_c = \frac{2\vec{v_2}}{g}$$

**Moto Circolare**

- **arco:** $l_a = \frac{\Delta s}{R}$
- **angolo:** $\theta = \frac{l_a}{R}$
- **velocità angolare media nel moto uniforme:** $\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$
- **velocità angolare istantanea nel moto uniforme:** $\omega = \frac{v}{R}$
- **accelerazione centripeta (quella tangenziale è nulla) nel moto uniforme:**
$$a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \omega v$$
- **equazioni del moto uniforme:**
$$s(t) = s_0 + vt$$
$$\theta(t) = \theta_0 + \omega t$$
- **periodo:**
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{\omega R} = \frac{2\pi}{\omega}$$
- **accelerazione nel caso di moto non uniforme:**
$$\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_N$$
$$\alpha_{media} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$$
$$\alpha_{istantanea} = \frac{1}{R} a_T$$
$$a_N = \omega^2 R$$
$$a_T = \alpha R$$
- **equazioni del moto circolare non uniforme:**
$$\omega(t) = \omega_0 + \alpha t$$
$$\theta(t) = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$
$$a_N = \omega^2 R = (\omega_0 + \alpha t)^2 R$$
$$|\vec{v}| = \omega R$$

### Moto Parabolico

- **moto parabolico da terra, con angolo e velocità iniziale:**

$$\begin{cases} v_x = v_0 cos\theta_0 \\ v_y = v_0 sin\theta_0 - gt \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(t) = (v_0 cos\theta_0)t \\ y(t) = (v_0 sin\theta_0)t - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

$$t = \frac{x}{v_0 cos\theta_0}$$

$$y(x) = (tan\theta_0)x - \frac{g}{2v_0^2 cos^2\theta_0}x^2 \text{ (traiettoria)}$$

$$x_G = \frac{v_0^2}{g} sin(2\theta_0) \text{ (gittata, y(x)=0)}$$

$$x_G = \frac{v_0^2}{g} \text{ (gitatta massima)}$$

$$x_M = \frac{1}{2}\frac{v_0^2}{g} sin(2\theta_0) \text{ (altezza massima)}$$

$$y_M = \frac{v_0^2}{2g} sin^2\theta_0 \text{ (altezza massima lungo la traiettoria)}$$

$$Y_{M_{max}} = \frac{v_0^2}{2g} \text{ (altezza massima, la verticale)}$$

$$t_{volo} = \frac{2v_0}{g} sin\theta_0$$

$$t_{volo_{max}} = \frac{2v_0}{g}$$

$$\begin{cases} v_x(t_G) = v_x(t_0) = v_0 cos\theta_0 \\ v_y(t_G) = -v_y(t_0) = -v_0 sin\theta_0 \end{cases} \quad \text{(velocità finali)}$$

- **moto parabolico da altezza h:**

$$\begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = h - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_x(t) = v_0 \\ v_y(t) = -gt \end{cases}$$

$$t_{volo} = \frac{x}{v_0}$$

$$y(x) = h - \frac{g}{2v_0^2}x^2 \text{ (traiettoria)}$$

$$t_{caduta} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

$$x(t_c) = x_G = v_0 t_c = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ (gittata)}$$

$$\begin{cases} v_x(t_c) = v_0 \\ v_y(t_c) = -\sqrt{2gh} \end{cases} \text{ ( velocità finali)}$$

$$v_{caduta} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

## 2.2 Dinamica

- **seconda legge della dinamica:** $\vec{F} = m\vec{a}$
- **forza elastica:**

$$\vec{F_e} = -k\Delta\vec{x}$$

$$\vec{a} = \frac{-k(x - x_0)}{m}$$

- **forza peso:** $\vec{F_p} = mg$
- **forza d'attrito:**

$$\vec{f}_{AD} = -\mu_D N$$

$$\vec{f}_{AS} = -\mu_S N$$

- **lunghezza piano inclinato:**

$$L = \frac{h}{sin\theta}$$

**Lavoro e Energia**

- **lavoro:**

$$L = \vec{F}_x \vec{\Delta x}$$
$$L = |\vec{F}|\,|\vec{\Delta x}| cos\theta = \vec{F}\vec{s}$$

- **energia cinetica:** $E_k = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$
- **energia potenziale** $E_P = mgz_B - mgz_A$
- **lavoro della forza elastica:** $E_{Pe} = \frac{1}{2}kx^2$
- **lavoro della forza d'attrito:** $W_{AD} = -\mu_D N l_{AB}$
- **conservazione dell'energia meccanica con forze conservative:**

$$E_{KB} + E_{PB} = E_{KA} + E_{PA}$$

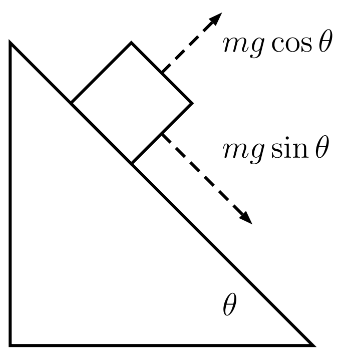
- **conservazione dell'energia meccanica con forze conservative:**

$$E_{KB} + E_{PB} - E_{KA} + E_{PA} = E_{MB} - E_{MA} = \Delta E_M$$
$$W = W_{cons} + W_{non-cons}$$
$$W_{non-cons} = \Delta E_M$$

- **energia meccanica nel caso di presenza di forze d'attrito:**

$$\Delta E_M = -\mu_D N l_{AB}$$

**Piano inclinato**




**forza normale:** $N = mg\cos\theta$
**lavoro attrito:** $W_{AD} = \mu_D mg\cos\theta l_{AB}$

## 2.3 Gravitazione

- terza legge di Keplero:
$$T^2 = k_S a^3$$
con
$$r_1 + r_2 = 2a$$

- legge di gravitazione universale:
$$F = -G\frac{m_1 m_2}{r^2}\vec{u}_r$$
$$G = 6,67 \times 10^{11}\frac{Nm^2}{kg^2}$$
$$g = \frac{Fm_T}{r_T^2}$$
$$G = 6,67 \times 10^{-11}\frac{Nm^2}{kg^2}6,67 \times 10^{-11}\frac{Nm^3}{s^2kg}$$
$$g = G\frac{M_t}{r_T^2}$$

- campo gravitazionale:
$$\vec{\eta}(\vec{r}) = \left(-G\frac{M}{r^2}\vec{u}_r\right)$$
$$\vec{\eta}(P) = \sum \vec{\eta}_i = -g\sum \frac{M_i}{r_i^2}\vec{u}_i$$

- energia potenziale gravitazionale:
$$E_P = -G\frac{Mm}{r}$$

- velocità di fuga:
$$\frac{1}{2}mv_f^2 - G\frac{Mm}{r} = 0$$
$$\downarrow$$
$$v_f = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

- velocità orbitale:

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r}$$
$$\downarrow$$
$$\frac{Mm}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$
$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

- teorema del guscio:

$$\rho = \frac{M_T}{V_T} = \frac{M_T}{\frac{4}{3}\pi r^3}$$

$$F = G\frac{m_T m}{r_T^2} = G\frac{\rho\frac{4}{3}\pi r^3 m}{r^2} = G\frac{4}{3}\rho m r \text{ che con } k = G\frac{4}{3}\rho m \rightarrow F = -kr \text{ negativo attrazione}$$

- energia:

$$E_P = G\frac{Mm}{r}$$
$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 r^2$$
$$G\frac{Mm}{r^2} = ma = m\frac{v^2}{r} \rightarrow \omega^2 r^2 = G\frac{m}{r}$$
$$E_K = G\frac{Mm}{2r}$$
$$E_M = E_K + E_P = G\frac{Mm}{2r} - G\frac{Mm}{r} = -G\frac{Mm}{2r}$$

## 2.4 Moto Armonico

- equazioni del moto:

$$x(t) = Acos(\omega t + \varphi)$$

$$v(t) = -Asin(\omega t + \varphi)$$

$$a(t) = -\omega^2 Acos(\omega t + \varphi)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

- dinamica:

$$F = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$E_K = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 sin^2(\omega T)$$

$$E_U = \frac{1}{2}kA^2 cos^2(\omega T)$$

$$E_M = E_K + E_U = \frac{1}{2}kA^2$$

- pendolo:

$$F_p = -mg\sin\theta$$

$$F = ma = -mg\sin\theta$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g\sin\theta$$

$$x = -\frac{g}{L}\sin\theta$$

$$\theta(t) = \theta_{max}\cos(\omega t + \phi)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$t = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

## 2.5 Fluidodinamica

- densità:
$$\rho = \frac{m}{V}$$
- pressione:
$$p = \frac{F}{S}$$
$$dW_P = df\, dh = pdS\, dh = p\, dV$$
$$dF_{peso} = g\, dm = g\rho dV = g\rho\, dS\, dh$$
$$dF_{pressione} = -dp\, dS = [p(h) - p(h + dh)]dS$$
- equilibrio:
$$dF_{peso} + dF_{pressione} = 0$$
$$\downarrow$$
$$g\rho\, dS\, dh - dp\, dS = 0$$
$$\downarrow$$
$$g\rho\, dh - dp = 0$$
$$\downarrow$$
$$\frac{dp}{dh} = g\rho$$
- peso apparente:
$$F_p = (\rho_{corpo} - \rho_{fluido})V_{corpo}g$$
- legge di Stevino:
$$p(h) = p_0 + g\rho h$$
- principio di Archimede:
$$F_A = g\rho V$$
- portata:
$$q = vS = costante$$
- equazione di continuità:
$$v_1 S_1 = v_2 S_2$$
- teorema di Bernoulli:
$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + g\rho z = costante$$
- teorema di Torricelli
$$\Delta z = h, v_A = 0, S_A >> S_a, P_A = p_0 \to v_a = \sqrt{2gh}$$

## 2.6 Termodinamica

- scale termiche:

$$t(^\circ C) = T(K) - 273,15$$
$$t(^\circ R) = \frac{9}{5}T(K)$$
$$t(^\circ F) = \frac{9}{5}T(K) - 459,67$$
$$t(^\circ F) = \frac{9}{5}T(^\circ C) + 32$$
$$t(^\circ C) = \frac{5}{9}[T(^\circ F) - 32]$$

- legge isoterma di Boyle per i gas perfetti:

$$T = costante \rightarrow pV = costante \rightarrow p_1V_1 = p_2V_2$$

- legge isobara di Volta-Gay Lussac, $\alpha$ coefficiente di dilatazione termica, dipendente dal gas:

$$p = costante \rightarrow V = V_0(1 + \alpha t)$$

- legge isocora di Volta-Gay Lussac, $\beta$ costante indipendente dal gas, $t$ temperatura in celsius:

$$V = costante \rightarrow p = p_0(1 + \beta t$$

- proprietà dei gas perfetti:

$$\alpha = \beta = \frac{1}{273,15}\ ^\circ C^{-1}$$
$$V = V_0\alpha\left(\frac{1}{\alpha} + t\right) = V_0\alpha T$$
$$p = p_0\alpha\left(\frac{1}{\alpha} + t\right) = p_0\alpha T$$

- moli:

$$N_{molecole} = \frac{M_{gas}}{m_{molare}}$$
$$m_{molecola} = M_{molecolare}m_{atomica} = M_{molecolare}1,6604 \times 10^{-27}$$

$$N_{Avogadro} = 6,0221 \times 10^{-23} \left[\frac{molecole}{moli}\right]$$

$$volume_{molare} = 0,022314\, m^3$$

$$N_{paricelle} = n_{moli} N_{avogadro}$$

- Legge dei gas perfetti:

$$pV = nRT = Nk_BT$$

costante del gas perfetto:

$$R = 8,314\, \frac{J}{mol} K = 8314\, \frac{J}{kmol} K$$

costante di Boltzmann:

$$k_B = \frac{R}{N_A} = \frac{8,314}{6,0221 \times 10^{23}} = 1,3807 \times 10^{-23} \frac{J}{K}$$

$$\frac{p}{\rho} = \frac{RT}{A}$$

- energia interna di tutte le trasformazioni:

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T$$

- lavoro e calore delle trasformazioni:
  - isoterma: $W = Q = nRT\, ln\left(\frac{V_B}{V_A}\right)$
  - isobara: $W = W = p(V_B - V_A) = p\Delta V$ e $Q = c_{specifico-molare-a-p-costante} n\Delta T$
  - isocora: $W = 0$ e $Q = c_{specifico-molare-a-V-costante} n\Delta T = \frac{3}{2} R\Delta T$
  - adiabatica $\Delta U = -W$ e $Q = 0$,

$$\frac{p_aV_a}{T_a} = \frac{p_bV_b}{T_b} = \frac{p_cV_c}{T_c} = nR$$

- esperimento di Joule sull'aumento della temperatura:

$$Q = \Delta U = -W$$

lavoro positivo se ceduto all'esterno

- teoria cinetica, $E_k$ energia cinetica media:
$$pV = \frac{3}{2} N_{avogadro} E_k$$
$$E_k = \frac{3}{2} kT$$
- energia interna, $n$ numero molecole:
$$U = nE_k = \frac{3}{2} nRT$$
- velocità quadratica media.
$$V_{qm} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$
- primo principio della termodinamica:
$$Q - W = \Delta U \rightarrow Q = \Delta U + W$$
- trasformazione ciclica:
$$\Delta U = 0 \rightarrow Q = W$$
$Q > 0$ assorbe calore e fornisce lavoro $W > 0$
- trasformazione adiabatica:
$$Q = 0$$
- calore per far cambiare temperatura:
$$Q = mc_{specifico} \Delta T$$
- capacità termica:
$$C = mc$$
- calore specifico molare:
$$c = \frac{1}{n} \frac{dQ}{dT}$$
- calore per un cambio di fase, $\lambda$ calore latente:
$$Q = m\lambda$$
- $1cal = 4,1J$
- primo principio per i gas ideali se $c_v$ è costante:
$$dQ = nc_v dT + dW \longrightarrow Q = nc_v \Delta T + W$$
$$\Delta U(T) = nc_v \Delta T$$

## 2.7 Elettrostatica

- particelle elementari:
  - neutrone: $q_n = 0$ $m_n = 1,67 \times 10^{-27}$
  - protone: $q_p 1,621 \times 10^{-19}$ w $m_p = 1,67 \times 10^{-27}$
  - elettrone: $q_e = e - 1,6022 \times 10^{-19}$ $m_e = 9,11 \times 10^{-31}$
- legge di Coulomb:
$$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2}$$
- conseguenze forza di Coulomb:
$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1}{R_2}$$
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{q_1}{q_2}$$
- costante k e costante dielettrica nel vuoto:
$$k = 8,9875 \times 10^9 \sim 9 \times 10^9 \,\frac{Nm^2}{C^2}$$
$$k = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}$$
$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\,\pi\,k} = 8,8542 \times 10^{-12}\frac{C^2}{Nm^2}$$
- seconda forma forza di Coulomb:
$$F = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}$$
- principio di sovrapposizione:
$$F = \sum_i F_i = \sum_i \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q_i q_0}{r_i^2} = q_0 \sum_i \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q_i}{r_i^2}$$
- campo elettrostatico:
$$E = \frac{F}{q_0}\left[\frac{N}{C}\right]$$
$$E = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{q_1}{r_1^2}$$

- flusso del campo elettrico, se positivo uscente:

$$d\Phi(E) = E \cdot u_n d\Sigma = E\cos\theta d\Sigma = E_n d\Sigma$$

- angolo solido:

$$\Omega = \frac{\Sigma_0}{r^2}$$

- flusso di una carica attraverso una superficie finita:

$$d\Phi(E) = \frac{q}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{u_r \cdot u_n d\Sigma}{r^2} = \frac{q}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{d\Sigma\cos\theta}{r^2} = \frac{q}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\frac{d\Sigma_0}{r^2}$$

$$d\Phi(E) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}d\Omega$$

$$\Phi(E) = \int_\Sigma E \cdot u_n d\Sigma = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\int d\Omega = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\Omega$$

- carica interna alla superficie chiusa, Legge di Gauss:

$$\Phi(E) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}4\pi = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

- carica esterna alla superficie chiusa:

$$\Phi(E) = 0$$

- principio di sovrapposizioni per cariche interne alla superficie:

$$\Phi(E) = \frac{1}{\varepsilon_0}(\Sigma_i q_i)_{int}$$

- flusso per carica puntiforme:

$$\begin{cases} \Phi = ES_{sfera} = 4\pi r^2 E \\ \Phi = \frac{q_0}{\varepsilon_0} \end{cases}$$

$$E = \frac{q_0}{4\pi r^2\varepsilon_0}$$

- flusso su filo infinito lungo $h$:

$$\sum\Phi = \sum E\Delta S_i = E2\pi Rh$$

$$\Phi = 2\Phi_{base} + \phi_{SL} = E2\pi Rh$$

$$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon}\frac{\lambda}{r}$$

$$\lambda = \frac{q}{h}$$

- distribuzione planare:

$$\varepsilon_0 \oint EdA = q_{enc}$$

$$\varepsilon_0(EA + EA) = \sigma A$$

$$E = \frac{\sigma}{2\sigma_0}$$

- lavoro campo elettrico:

$$dW = Fds = q_0 Eds = q_0 E \cos\theta ds$$

campo e spostamento paralleli:

$$dW = q_0 E\, ds$$

- tensione elettrica:

$$T = \frac{W}{q_0}$$

- lavoro percorso chiuso, $\xi$ circuitazione:

$$W = q_0 \xi = 0$$

- potenziale elettrostatico:

$$V_A - V_B = \int_A^B Eds$$

- differenza di potenziale:

$$W_{AB} = q_0(V_A - V_B) = q_0 \Delta V$$

- energia potenziale:

$$U = q_0 \Delta V$$

- per una carica puntiforme:

$$dW = q_0 Eds = \frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{u\, ds}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{dr}{r^2}$$

$$Eds = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{dr}{r^2}$$

- lavoro con spostamento tra A e B:

$$\int_A^B E ds = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\int_{r_A}^{r_B}\frac{dr}{r^2} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r_A} - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r_B}$$

$$W = q_0\int_A^B E ds = \frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0 r_A} - \frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0 r_B}$$

$$V_A - V_B = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r_A} - \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r_B}$$

$$U_e(A) - U_e(B) = \frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0 r_A} - \frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0 r_B}$$

$$V(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} + A$$

$$U_e(r) = \frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0 r} + B$$

- energia potenziale elettrostatica:

$$U_e = \frac{q_0 q}{4\pi\varepsilon_0 r}$$

- caso particolare:

$$V(\infty) = U(\infty) = 0$$

- energia cinetica, $d$ distanza percorsa:

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 = q\Delta V = q_0 E d$$

- superficie equipotenziale:

$$V(r) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} = costante \longrightarrow r = costante$$

- conduttori, superficie equipotenziale:

$$E = 0 \;\; all'interno$$

$$V(P_1) - V(P_2) = 0 \longrightarrow V(P_1) = V(P_2) = V_0$$

- densità superficiale:

$$\sigma = \frac{dq}{d\Sigma}$$

- teorema di Coulomb:
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} u_n$$
- capacità di un conduttore:
$$C = \frac{q}{V_1 - V_2} = \frac{4\pi\varepsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$
- capacità conduttore isolato:
$$C = \frac{q}{V}$$
- capacità condensatore, tr due conduttori isolati:
$$C = \frac{q}{V_1 - V_2}$$
$$q = C(V_1 - V_2)$$
$$V_1 - V_2 = \frac{q}{C}$$
- collegamenti di condensatori:
  - parallelo:
    carica sul conduttore superiore:
    $$q = q_1 + q_2 = (C_1 + C_2)V$$
    carica sul conduttore inferiore:
    $$-q = -(q_1 + q_2)V$$
    capacità equivalente del sistema:
    $$C_{eq} = \frac{q}{V} = C_1 + C_2$$
    con $n$ condensatori:
    $$C_{eq} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$
  - serie:
    $$V_C - V_A = \frac{q}{C_1}$$
    $$V_B - V_A = \frac{q}{C_2}$$

$$V = V_C - V_A = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} = q\left(\frac{1}{C_1}\frac{1}{C_2}\right) = \frac{q}{C_{eq}}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1}\frac{1}{C_2} \longrightarrow C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

per $n$ condensatori:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1}\frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$$

- velocità media elettroni:

$$v_m = \frac{1}{N}\sum v_i = 0$$

- intensità di corrente:

$$i = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}$$

- densità di corrente:

$$j = n_+ e v_d$$

$$di = j u_n d\Sigma$$

- rapporto corrente e flusso:

$$i = \Phi_\Sigma(j)$$

  se superficie ortogonale e densità di corrente:

$$i = j\Sigma$$

- cammino medio tra urti:

$$\tau = \frac{l}{v}$$

- accelerazione in caso di campo elettrico:

$$a = \frac{F}{m} = -e\frac{E}{m}$$

- velocità di deriva:

$$v_{i+1} = v_i - \frac{eE}{m}\tau$$

$$v_d = \frac{1}{N}\sum_i v_{i+1} = -\frac{e\tau}{m}E$$

- seconda forma della densità di carica:

$$j = -nev_d = \frac{ne^2\tau}{m}E$$

- conduttività:

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$$

- Legge di Ohm della conduzione elettrica:

$$j = \sigma E \rightarrow E = \rho j$$

- resistività del conduttore:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

- conduttore metallico cilindrico:

$$j = \frac{1}{\rho}E = \sigma E$$

$$i = j\Sigma = \frac{\Sigma}{\rho}E$$

$$V = \int_A^B Eds = Eh$$

$$V = \frac{\rho h}{\Sigma}i$$

- resistenza del conduttore:

$$R = \rho\frac{h}{\Sigma}$$

- legge di Ohm per i conduttori metallici:

$$V = Ri$$

- conduttanza:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{\Sigma}{\rho h} = \frac{\sigma\Sigma}{h}$$

- collegamenti tra resistori:
  - serie, corrente che attraversa i resistori costante:
    differenza di potenziale ai campi delle resistenze:

$$V_{tot} = (R_1 + R_2)i = R_{eq}i$$

  - parallelo differenza di potenziale agli estremi uguale : condizione di stazionarietà:
    $$i_f = i_1 + i_2 + \cdots i_n$$
    calcolo corrente:
    $$i = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{V}{R_{eq}}$$
    resistenza equivalente:
    $$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

- leggi di Kirchhoff:
  - prima legge (dei nodi):
    $$\sum_k i_k = 0$$
  - seconda legge (delle maglie). $\xi$ forza elettromotrice:
    $$\sum_k R_k i_k = \sum_k \xi_k$$
- rapporto tra numero nodi N e numero rami R:
  $$M = R - (N - 1)$$

## 2.8 Accenni di Magnetismo

- flusso:
  $$\oint B u_n d\Sigma = 0$$
- forza di Lorentz:
  $$F = qv \times B = qv \sin\theta B$$
  $$F = q(E + v \times B)$$
- il campo magnetico si misura in Tesla T
- campo magnetico attraverso cilindro lungo $l$ e di base $A$:
  $$i = nq_e v_i A$$
  $$F = -q_e v_d \times B$$
  $$N = nLA$$
  $$F = -Nq_e v_d \times B = -nLAq_e(v_d \times B) = iL \times B$$

- prima legge elementare di Laplace, $k_m$ costante nel vuoto, $\mu_0$ permeabilità magnetica nel vuoto:

$$dB = k_m i \frac{ds \times u_r}{r^2} = k_m \frac{ids}{r^2} u_t \times u_r$$

$$k_m = 10^{-7} \frac{Tm}{A} = 10^{-7} \frac{H}{m}$$

$$k_m = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

$$\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \frac{H}{m}$$

- seconda forma della prima legge elementare di laplace:

$$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{ds \times u_r}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ids}{r^2} u_t \times u_r$$

- legge di Ampère-Laplace, campo magnetico in citcuito chiuso:

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \oint \frac{ds \times u_r}{r^2}$$

- filo indefinito rettilineo:

$$dB = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{ds \sin\theta}{r^2}$$

  a metà filo:

$$B = \frac{\mu_0 icos\theta}{4\pi R}$$

- legge di Biot-Savart:

$$B = \frac{\mu_0 i u_\Phi}{2\pi R}$$

- fili paralleli distanti R:

$$F_{ab} = i_b L \times B_a = i_b L \frac{\mu_0 i u_\Phi}{4\pi R}$$

- spira circolare:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R} u_n$$

- equazioni di Maxwell nel vuoto per un campo statico (j densità di corrente):

- $$\oint F\,dA = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$
- $$\oint B\,dA = 0$$
- $$\oint E\,ds = 0$$
- $$\oint B\,ds = \mu_0 j$$

in caso di campo non statico le ultime due cambiano:

- $$\oint E\,ds = \frac{-d\Phi_B}{dt}$$
- $$\oint B\,ds = \mu_0 j + \mu_0\varepsilon_0\frac{\partial E}{\partial t}$$

• particella in rotazione in un campo magnetico:

$$r = \frac{vm}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$