

Formulario Fisica II

Cap 1

- Masse elementari

$$m_p \approx 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_n \approx 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e \approx 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$
- Legge di Coulomb: $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$
 k nel vuoto, $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$

$$k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$$

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$
- Formula Vettoriale della legge di Coulomb

$$\vec{F} = \frac{qq_0}{4 \pi \epsilon_0 r^2} \cdot \hat{u}_r$$
- Campo Elettrostatico:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$
 da una distribuzione continua di cariche:

$$\vec{E} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \cdot \int \frac{dq}{r'^2} \hat{u}_r'$$
 esempi distribuzioni di campo elettrostatico:
 anello carico

$$\vec{E}(x) = \frac{q}{4 \pi \epsilon_0} \cdot \frac{x}{(R^2 + x^2)^{(3/2)}} \hat{u}_x$$
 disco carico

$$\vec{E}(x) = \pm \frac{q}{2 \pi \epsilon_0 R^2} \cdot \left(1 - \frac{|x|}{\sqrt{R^2 + x^2}}\right) \hat{u}_x$$
 due piani indefiniti carichi

$$\vec{E} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{u}_x \quad \text{tra i due piani, nullo altrimenti}$$
- Densità

$$\lambda = \frac{q}{l} \quad \text{lineare}$$

$$\sigma = \frac{q}{\Sigma} \quad \text{superficiale}$$

$$\rho = \frac{q}{V} \quad \text{volumetrica}$$
- Moto di carica in un campo

$$\vec{a} = \frac{q}{m} \cdot \vec{E} \quad (\vec{a} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2})$$

Cap 2

- Lavoro elettrostatico

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (= q_0 E \cos \theta)$$

$$W_1 = q_0 \int_{C_1} \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$\int_{C_1} \vec{E} \cdot d\vec{s} = \text{tensione elettrica}$$
 tra A e B relativa al percorso C_1

$$T_1(A \rightarrow B \text{ lungo } C_1)$$

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{s} = \oint_C \vec{E} \quad (\text{circuitazione}) \quad (\text{f.e.m.})$$
 Il campo elettrostatico e' conservativo
 ($\oint_C \vec{E} = 0$)
- Differenza di potenziale (d.d.p.)

$$V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (\text{definito a meno di una costante})$$

$$W_{AB} = -q_0 \Delta V = -\Delta U_e$$

$$\Delta U_e = q_0 \Delta V \quad \text{energia potenziale elettrostatica}$$

$$V(r) = \frac{q}{4 \pi \epsilon_0 r} + A$$

$$U_e(r) = \frac{q_0 q}{4 \pi \epsilon_0 r} + B$$

$$V(x, y, z) = \sum_i \frac{q_i}{4 \pi \epsilon_0 r_i} = - \int_{-\infty}^P \vec{E} \cdot d\vec{s}$$
- $U_e(\text{sistema}) = \frac{1}{2} \sum_{i \neq j} \frac{q_i q_j}{4 \pi \epsilon_0 r_{ij}}$

$$U_e(q_0) = \sum_i^n \frac{q_i q_0}{4 \pi \epsilon_0 r_i}$$

$$U_e = U_e(\text{sistema}) + U_e(q_0)$$
- $\Delta E_k = \frac{1}{2} m v_b^2 - \frac{1}{2} m v_a^2 = W \quad (6.8 \text{ libro 1})$
 conservazione dell'energia (lecito in campi conservativi)

$$E = E_k + U_e = \frac{1}{2} m v^2 + q_0 V$$
- Potenziale in un campo uniforme, parallelo e concorde all'asse:

$$V(z) = -Ez + \text{costante}$$

$$(V_B - V_A = -E(z_B - z_A))$$
 nel caso di una carica puntiforme in un campo uniforme:

$$\frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = - \frac{q_0 q}{4 \pi \epsilon_0} \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$
- $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
- $\vec{E} = -\vec{\nabla} V \quad (V_B - V_A = \int_A^B \vec{\nabla} V \cdot d\vec{s})$

- coordinate polari

$$\vec{E}(r, \theta) = -\frac{\partial V}{\partial r} \hat{u}_r - \frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \hat{u}_\theta$$

- Teorema di Stokes:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \int_{\Sigma} \vec{\nabla} \times \vec{E} \cdot \hat{u}_n d\Sigma$$

$$(\text{rot } \vec{E} = \vec{\nabla} \times \vec{E})$$

- Momento del dipolo elettrico: $\vec{p} = q\vec{a}$

($\vec{a}$ orientato da q^- a q^+)

Potenziale generato dal dipolo:

$$V(P) = \frac{\vec{p} \cdot \hat{u}_r}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad r \gg a \quad r \text{ versore } \vec{OP}$$

$$\vec{E} = E_r \hat{u}_r + E_\theta \hat{u}_\theta$$

$$(E_r = -\frac{\partial V}{\partial r} = \frac{2p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^3})$$

$$(E_\theta = -\frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} = \frac{p \sin \theta}{4\pi\epsilon_0 r^3})$$

(momento meccanico,

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = I \vec{\alpha} = I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = \vec{p} \times \vec{E})$$

In un campo uniforme, l'energia potenziale elettrostatica é

$$U_e(\theta) = -\vec{p} \cdot \vec{E} = -pE \cos \theta \quad (\text{con } \theta \text{ angolo tra } \vec{p} \text{ ed } \vec{E})$$

Cap 3

- Flusso attraverso una superficie:

$$\Phi(\vec{E}) = \int_{\Sigma} \vec{E} \cdot \hat{u}_n d\Sigma$$

- Legge di Gauss:

$$\Phi(\vec{E}) = \frac{q_{(interna)}}{\epsilon_0} \quad (= \oint \vec{E} \cdot \hat{u}_n d\Sigma)$$

$$\rightarrow 0 \text{ (se } q \text{ e' esterna)}$$

$$[\Phi] = Vm$$

$$[\vec{E}] = \frac{V}{m}$$

$$\text{Piano indefinito: } \vec{E} = \pm \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{u}_n$$

$$\text{Filo indefinito: } \vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \hat{u}_r$$

Cap 4

- In un conduttore:

$$\vec{E}_{interno} = 0$$

condizioni stathe: V costante

$$\vec{E}_{esterno} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \hat{u}_n$$

$$Q_{interno} = 0$$

$$Q = \oint_{\Sigma} \sigma d\Sigma$$

conduttori a contatto hanno lo stesso potenziale

$$\text{Capacità del condensatore: } C = \frac{q}{\Delta V}$$

$$\text{condensatore sferico: } C = 4\pi\epsilon_0 \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

$$\text{condensatore cilindrico: } C = \frac{2\pi\epsilon_0 d}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

$$(\text{ con } R_2 - R_1 \ll R_2 \simeq R_1 \Rightarrow C = \frac{\epsilon_0 \Sigma}{h})$$

$$\text{condensatore piano: } C = \frac{\epsilon_0 \Sigma}{h}$$

- Capacità di n condensatori in parallelo:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

- Capacità di n condensatori in serie:

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

- Lavoro per caricare un condensatore:

$$W = \int dW = \int_0^q \frac{q'}{C} dq' = \frac{q^2}{2C}$$

- Energia elettrostatica (potenziale) del condensatore (ogni condensatore):

$$U_e = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} q V$$

- del campo:

$$U_e = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \vec{\tau} \quad \text{dove } \vec{\tau} = \Sigma h$$

Densità di energia elettrostatica* :

$$u_e = \frac{U_e}{\vec{\tau}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Energia totale del campo elettrostatico* (per tutto il volume in cui $E \neq 0$)

$$U_e = \int dU_e = \int \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 d\vec{\tau}$$

* valgono per qualsiasi campo elettrico, indipendentemente dalla natura

$$\text{pressione elettrostatica: } p = \frac{F}{\Sigma} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$$

Cap 5

- $i = \frac{dq}{dt}$ (intensità di corrente istantanea)
- densità di corrente: $\vec{j} = n_+ e \vec{v}_d$
- intensità di corrente:

$$i = \int_{\Sigma} \vec{j} \cdot \hat{u}_n d\Sigma = \Phi_{\vec{j}}(\Sigma)$$
 (se j costante e $\perp \Sigma \Rightarrow i = j \Sigma$)
- legge di Ohm della conducibilità elettrica:
 $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ anche scritta $\vec{E} = \rho \vec{j}$
 (σ conduttività e ρ resistività)
- Legge di Ohm: $V = Ri$ dove $R = \rho \frac{h}{\Sigma}$

$$\left(R = \int_A^B \rho \frac{dh}{\Sigma} \right)$$
- Potenza elettrica: $\wp = \frac{dW}{dt} = Vi$

$$\wp = Ri^2 = \frac{V^2}{R}$$
- velocità di deriva: $\vec{v}_d = -\frac{e\tau}{m} \vec{E}$ con τ tempo proprio

$$\vec{j} = -ne \vec{v}_d = \frac{ne^2\tau}{m} \vec{E}$$
 dove $\frac{ne^2\tau}{m}$ sono tutte proprietà caratteristiche del mezzo

$$\sigma = \frac{ne^2\tau}{m}$$
- resistori in serie: $R = \sum_{i=1}^n R_i$
- resistori in parallelo: $\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$
- Carica di un condensatore:

$$q(t) = C \dot{E} (1 - e^{-t/RC})$$
 *

$$W_{gen} = C \dot{E}^2 \left(= \int \dot{E} dq \right)$$
 *

$$W_{dissipato} = \frac{1}{2} C \dot{E}^2$$
 * (equiripartizione dell'energia)
 * nota $\dot{E} = \mathcal{E}$ (forza elettromotrice)

Dielettrici (cap 4)

- Costante dielettrica: $\kappa = \frac{V_0}{V_\kappa} > 1$
- Suscettività elettrica: $\chi_e = \kappa_e - 1$

$$\sigma_p = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \sigma_0$$
- Costante dielettrica assoluta: $\epsilon = \kappa_e \epsilon_0$

- Densità di energia elettrostatica:

$$u_e = \frac{U_e}{\Sigma h} = \frac{1}{2} \epsilon E^2$$

energia elettrostatica:

$$U_e = \int_{\tau} u_e d\tau = \int_{\tau} \frac{1}{2} \epsilon E^2 d\tau$$

Vettore polarizzazione:

$$\vec{P} = \frac{\vec{p}}{\tau} = \frac{N}{\tau} \langle \vec{p} \rangle = n \langle \vec{p} \rangle \quad \text{con } n$$

numero di atomi per unità di volume

$$\sigma_p = \vec{P} \cdot \hat{u}_n$$

$$\vec{P} = \epsilon_0 (\kappa - 1) \vec{E} = \epsilon_0 \chi_e \vec{E}$$

Cap 6

- Forza di Lorentz: $\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}$ (in modulo
 $f = qvB \sin \theta$, con θ angolo tra $\vec{v}$ e $\vec{B}$)

$$[\vec{B}] = \frac{N}{C \frac{m}{s}} = T (\text{tesla})$$
- Seconda legge di Laplace: $d\vec{F} = i d\vec{s} \times \vec{B}$
- i stazionaria, B uniforme, Γ_1 curvilinea:

$$\vec{F} = i \int_{\Gamma_1} d\vec{s} \times \vec{B} = i \vec{PQ} \times \vec{B}$$
- momento magnetico (circuitto piano):

$$\vec{m} = i \Sigma \hat{u}_n$$
- momento meccanico: $\vec{M} = \vec{m} \times \vec{B}$
- energia potenziale: $U_p = -\vec{m} \cdot \vec{B}$

$$\left(M = \frac{-dU_p}{d\theta} \right)$$

forza sul dipolo $F = m \frac{dB}{dx}$

$$[\vec{m}] = Am^2 = \frac{J}{T}$$

- Effetto Hall: $\vec{E}_H = \vec{v}_d \times \vec{B} = \frac{\vec{j}}{ne} \times \vec{B}$

Tensione di Hall $\vec{E}_H = E_H b = \frac{jBb}{ne} = \frac{iB}{nea}$

con $\Sigma = ab$

- Moto di una particella carica in un campo uniforme:

$$\sin \theta = 1 \Rightarrow r = \frac{mv}{qB} = \frac{p}{qB}$$

(raggio di curvatura)

$$\text{generico } \theta \Rightarrow \vec{\omega} = -\frac{q}{m} \vec{B}$$

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

$$r = \frac{mv \sin \theta}{qB}$$

passo d'elica: $p = v \cos \theta T = \frac{2\pi m v \cos \theta}{qB}$

- Forza di Lorentz (espressione completa):

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

- spettrometri di massa: $\frac{m}{q} = \frac{B^2 r^2}{2V}$

Cap 7

- Prima legge di Laplace:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d\vec{s} \times \hat{u}_r}{r^2}$$

$$\mu_0 = 4\pi k_m \simeq 1.26 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m} \quad \text{detta}$$

permeabilità del vuoto

$$k_m \text{ nel vuoto} = 10^{-7} \frac{H}{m}$$

- Legge di Ampère-Laplace:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \oint \frac{d\vec{s} \times \hat{u}_r}{r^2}$$

- campo magnetico prodotto da una singola carica: $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q \vec{v} \times \hat{u}_r}{r^2}$

- filo rettilineo (legge di Biot-Savart):

$$B = \frac{\mu_0 i a}{2\pi R \sqrt{R^2 + a^2}}$$

se $a \gg R$ $B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$

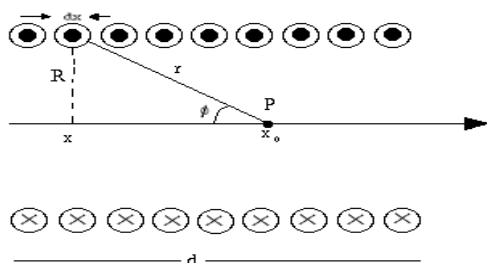
- Spira circolare: $\vec{B}(x) = \frac{\mu_0 i R^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}} \hat{u}_n$

$$\vec{B}_{max} = \frac{\mu_0 i}{2R} \hat{u}_n \quad \text{centro della spira (x=0)}$$

se $x \gg R$ $\vec{B}(x) = \frac{\mu_0 2 \vec{m}}{4\pi r^3}$

($\vec{E} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{2\vec{p}}{r^3}$ campo elettrico dipolo)

- Solenoido rettilineo:



$$B(x) = \frac{\mu_0 n i}{2} \left[\frac{d+2x}{\sqrt{(d+2x)^2 + 4R^2}} + \frac{d-2x}{\sqrt{(d-2x)^2 + 4R^2}} \right]$$

$$B_\infty = \mu_0 n i$$

- Interazione tra fili indefiniti

$$F_{1,2} = F_{2,1} = \frac{\mu_0 i_1 i_2}{2\pi r}$$

- Legge di Ampère: $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i_c$
- Forma locale: $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$
- filo rettilineo indefinito:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad r \geq R$$

$$B = \frac{\mu_0 i r}{2\pi R^2} \quad 0 \leq r \leq R$$

- solenoido rettilineo indefinito:
 $B = \mu_0 n i$ (all'esterno $B=0$)
- solenoido toroidale (ciambella):
 $B = \frac{\mu_0 N i}{2\pi r}$ con N = numero spire

- Magnetizzazione:

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_m = \mu_0 (\vec{H} + \vec{M})$$

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}_0}{\mu_0}$$

vettore magnetizzazione M:

($\vec{M} = n \langle \vec{m} \rangle$) dove n = molecole / unità volume $\rightarrow \vec{M} = \chi_m \vec{H} = (\kappa_m - 1) \vec{H}$

- permeabilità relativa: $\frac{B}{B_0} = \kappa_m$

- permeabilità assoluta: $\mu = \mu_0 \kappa_m$

$$\left(\vec{B} = \frac{\mu i}{4\pi} \oint \frac{d\vec{s} \times \hat{u}_r}{r^2}, \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu i \right)$$

$$\left(\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = i_c \right)$$

sostanze diamagnetiche $\kappa_m < 1$

sostanze paramagnetiche $\kappa_m > 1$

- $\vec{j}_{s,m} = \vec{M} \times \hat{u}_n$ $\oint \vec{M} \cdot d\vec{s} = i_m$

- Legge di Gauss per $\vec{B}$:

$$\oint \vec{B} \cdot \hat{u}_n d\Sigma = 0$$

forma locale: $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$

- Legge di Ampère per H: $\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = i_c$

Le due leggi sono **fondamentali per la magnetostatica**

Cap 8

- Legge di Faraday-Henry: $\dot{E}_i = -\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt}$

$$(\dot{E}_i = \oint \vec{E}_i \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt})$$

- $\dot{E}_i = \oint \vec{E}_i \cdot d\vec{s} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B} \cdot \hat{u}_n d\Sigma$

- Campo elettromotore: $\vec{E}_i = \frac{\vec{F}}{-e} = \vec{v} \times \vec{B}$

- Spira rettangolare che ruota con ω costante, $\vec{B}$ costante:

$$\Phi(\vec{B}) = B \Sigma \cos \omega t$$

$$\dot{E}_i = \omega B \Sigma \sin(\omega t)$$

$$E_{max} = \omega B \Sigma$$

$$\rho_m = \frac{E_{max}^2}{2R} \quad (\text{potenza media})$$

$$E_{eff} = \frac{E_{max}}{\sqrt{2}} \quad (\text{f.e.m. Efficace})$$

- Legge di Faraday:

$$q = \int_{t_1}^{t_2} i(t) dt = -\frac{1}{R} \int_{\phi_1}^{\phi_2} d\Phi \Rightarrow -\frac{\Delta\Phi}{R} = q$$

Coefficiente di autoinduzione o induttanza:

$$L = \frac{\Phi_B(\Sigma)}{i}$$

$$[L] = \frac{Wb}{A} = \Omega s = H \text{ (henry)}$$

- Solenoide toroidale, sezione rettangolare di lati a e b , raggio interno R , N spire:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 a}{2\pi} \ln \frac{R+b}{R}$$

- Solenoide ideale lunghezza l :

$$L = \mu_0 n^2 \Sigma l$$

- Forza elettromotrice di autoinduzione:

$$\dot{E}_L = -\frac{d\Phi_B(\Sigma)}{dt} = -L \frac{di}{dt}$$

nota: l'induttanza di un circuito è spesso immaginata concentrata in un induttore; se è nulla in un circuito, questi viene detto induttivo. L dipende dalla forma del circuito e dalle proprietà magnetiche del mezzo.

- Circuito RL in serie:

- $\dot{E} = -\dot{E}_L + Ri = L \frac{di}{dt} + Ri$

- $i(t) = \frac{\dot{E}}{R} (1 - e^{-t/\tau})$ con $\tau = \frac{L}{R}$

- $i_\infty = \frac{\dot{E}}{R} \quad (\frac{\dot{E}}{R} \rightarrow i_0)$

- $\dot{E}_L = -\dot{E} e^{-(t/\tau)} \quad (i_L = -\frac{\dot{E}_L}{R})$

$$\dot{E}_L = i_0 e^{-(t/\tau)}$$

- $P_G = \dot{E}i = Ri^2 + Li \frac{di}{dt}$ (potenza erogata dal generatore)

- Bilancio energetico del circuito (lavoro nel tempo dt): $\dot{E}i dt = Ri^2 dt + Li di$

Lavoro
compiuto dal
generatore

Effetto Joule

Lavoro speso dalla
f.e.m. di
autoinduzione per
portare la corrente
da i a $i+di$

- Energia intrinseca della corrente:

$$U_L = \frac{1}{2} Li^2 \quad \text{lavoro fatto dal generatore contro la}$$

f.e.m. di autoinduzione per aver i e poi dissipato sotto forma di calore dalla resistenza.

- Densità di energia magnetica:

$$u_m = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (\quad = \frac{1}{2} HB)$$

- Energia magnetica totale:

$$U_m = \int_V \frac{B^2}{2\mu_0} dV$$

- Coefficiente di mutua induzione:

$$M = \frac{\Phi_{1,2}(\Sigma_2)}{i_1} = \frac{\Phi_{2,1}(\Sigma_1)}{i_2}$$

$$[M] = H \text{ (henry)}$$

nota: dipende dalla forma dei circuiti, dalla loro posizione (reciproca) relativa, dalla permeabilità dei mezzi circostanti.

- f.e.m. di mutua induzione:

$$\dot{E}'_1 = -\frac{d\Phi_{2,1}}{dt} = -M \frac{di_2}{dt}$$

$$\dot{E}'_2 = -\frac{d\Phi_{1,2}}{dt} = -M \frac{di_1}{dt}$$

- Energia magnetica di due circuiti

$$\text{accoppiati: } U_m = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$$

- Corrente di spostamento: $i_s = \epsilon_0 \frac{d\Phi(\vec{E})}{dt}$

$$c^2 = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}$$

- Densità di energia elettromagnetica:

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{B^2}{2 \mu_0}$$

- $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ moto della carica obbedisce alla legge di Newton
- Equazioni di Maxwell nel vuoto:

Leggi	Forma integrale	Forma Locale
Legge di Gauss	$\oint \vec{E} \cdot \hat{u}_n d\Sigma = \frac{q}{\epsilon_0}$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
Legge di Faraday	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi(\vec{B})}{dt}$	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
Legge di Gauss	$\oint \vec{B} \cdot \hat{u}_n d\Sigma = 0$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$
Legge di Ampère-Maxwell	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \left(i + \epsilon_0 \frac{d\Phi(\vec{E})}{dt} \right)$	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{j} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$

- Equazione di continuità: $\vec{\nabla} \cdot \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$
- Teorema di conservazione della carica elettrica: $i = \oint \vec{j} \cdot \hat{u}_n d\Sigma = -\frac{\partial q_{interna}}{\partial t}$
 nota: se ρ e $q_{interna}$ non variano nel tempo: stazionarietà.