ELETTROSTATICA

CARICA ELETTRONE: $-e = -1{,}60207 \cdot 10^{-19} C$

LEGGE DI COULOMB:

$F_e = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d^2}$ $\qquad F_e = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$ $\qquad k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}987 \cdot 10^9\, N \frac{m^2}{C^2}$

COSTANTE DIELETTRICA NEL VUOTO: $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{(Nm)^2}$

PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE: $F_e^{tot} = F_{e1} + F_{e2} + \cdots + F_{en}$

CAMPO ELETTRICO:

$E_0 = \frac{F_e}{q} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ $\qquad E_0 = k\frac{Q}{r^2}$ $\qquad E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}$

CAMPO ELETTRICO GENERATO DA PIU' CARICHE: $E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_i \frac{Q_i}{r_i^3}$

MOMENTO ELETTRICO DI DIPOLO: $\rho = Q \cdot r$

DISTRIBUZIONE DI CARICA 3D:

$dq = \delta(x,y,z)dr$ densità spaziale di carica: δ $\qquad E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_r \frac{dq(\vec{r})}{(\overline{r-r_i})^3}(\vec{r} - \vec{r_i})$

DISTRIBUZIONE DI CARICA 2D:

$dq = \sigma(x,y,z)dS$ densità superficiale di carica: σ $\qquad E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_r \frac{\sigma(x',y',z')(\overline{r-r_i})}{(\overline{r-r_i})^3}dS'$

$\lambda = \frac{Q}{\pi R}$ $\qquad dQ = \lambda dl = \lambda r d\theta$

DISTRIBUZIONE DI CARICA 1D:

$dq = \lambda(x,y,z)dl$ densità lineare di carica: λ $\qquad E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int_r \frac{\lambda(x',y',z')(\overline{r-r_i})}{(\overline{r-r_i})^3}dl' = \frac{Q}{(r-r_i)^2}\cdot\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ $\qquad E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

ACCELERAZIONE $\vec{a} = \frac{Q\vec{E}}{m}$ $\qquad$ DIST $y = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$

~~CAMPO EL SUP,~~

1)

* CIL CAVO:

$$\Phi_s(\vec{E}_0) = E_0(r) \cdot 2\pi r L = \frac{Q_{INT\,TOT}}{\varepsilon_0} = \frac{\lambda L}{\varepsilon_0}$$

$$E_0(r) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$$

LEGGE DI GAUSS

FLUSSO DI UN CAMPO UNIFORME:

$\Phi(A) = A \cdot \Delta S \cdot \cos\alpha$ $\quad\quad$ $\Phi(E_0) = E_0 \cdot \Delta S \cdot \cos\alpha$ $\quad\quad$ $\Phi(E_0) = \frac{Q_{tot}^{int}}{\varepsilon_0}$

FLUSSO DI UN CAMPO NON UNIFORME : SE LA SUPERFICIE NON È PIANA

$d\Phi(A) = A \cdot dS \cdot \cos\alpha$ $\quad\quad$ $\Phi_s(A) = \int_s d\Phi(A) = \int_s A \cdot dS$

LEGGE DI GAUSS:

$$\Phi_s(E_0) = \int_s E_0 \cdot \cos\alpha \cdot dS = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum Q_{int} = \frac{Q_{tot}^{int}}{\varepsilon_0}$$

$$\Phi_s(E_0) = \frac{Q_{tot}^{int}}{\varepsilon_0}$$

CARICHE INTERNE AD UNA SUPERFICIE GAUSSIANA:

$$d\Phi(E_0) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}dS_n$$

ANGOLO DEL SOLIDO DEL CONO CON VERTICE IN Q DELIMITATO DA dS:

$d\Omega = \frac{dS_n}{r^2}$ $\quad\quad$ $d\Phi_s(E_0) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}d\Omega$ $\quad\quad$ $\Phi_s(E_0) = \int_s d\Phi(E_0) = \int_{4\pi}\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}d\Omega = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\int_{4\pi}d\Omega = \frac{Q}{\varepsilon_0}$

LEGGE DI GAUSS (CON PIU' CARICHE):

$E_0 dS = (\sum_i E_{0i})dS = \sum_i d\Phi_s(E_{0i})$ $\quad\quad$ $\Phi_s(E_0) = \int_s \sum_i d\Phi_s(E_{0i}) = \sum_i \int_s d\Phi_s(E_{0i}) = \sum_i \frac{Q_i}{\varepsilon_0}$

$$\Phi_s(E_0) = \sum_i \frac{Q_i}{\varepsilon_0}$$

CARICA ESTERNA AD UNA SUPERFICIE GAUSSIANA: $\Phi_s(E_0) = 0$

DENSITA' VOLUMETRICA DI UNA SFERA CARICA:

$\rho = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi r_0^3}$ $\quad\quad$ $E = \frac{\rho \cdot r}{3\varepsilon_0}$ $\quad\quad$ SE $r > r_0$ $\quad E\, 4\pi r^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0} \rightarrow E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$ (COME CAMPO GEN DA UNA PART CARICA)

SE $r < r_0$ $\quad Q_{INT} = \rho\frac{4\pi r^3}{3} = Q\frac{r^3}{r_0^3}$ $\quad\quad$ $E\, 4\pi r^2 = \frac{Q_{INT}}{\varepsilon_0}$ $\quad\quad$ $E = \frac{Q r}{4\pi\varepsilon_0 r_0^3}$

~~DENSITÀ VOLUMETRICA CILINDRO~~

~~$\rho = 2\alpha r^2$~~

CAMPO DI UN CILINDRO (CON DENS DI CARICA)

PER $R < R_0$

$$E = \frac{\rho R_0}{2\varepsilon_0}$$

PER $R \geq R_0$

$$E = \frac{\rho R_0^2}{2\varepsilon_0 R}$$

* NEL CASO DI UN CILINDRO PIENO IL FLUSSO NON CAMBIA MA LA CARICA VA CALC CON IL VOLUME ED È IN C/m^3

POTENZIALE ELETTROSTATICO

LAVORO PER UNITÀ DI CARICA:

$L_{A\to B} = \int \vec{F} \vec{dl} = Q \int \vec{E_0}\, dl$

$L_{a\to b} = \frac{L}{q} = \int_a^b \overrightarrow{E_0} \cdot d\vec{l}$ $\qquad L_{a\to b} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \cdot [\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b}]$ $\qquad L_{a\to b} = V_0(A) - V_0(B)$

$L_{u\, A\to B} = V_0(A) - V_0(B)$

POTENZIALE DI UNA PARTICELLA DI PROVA NEL CAMPO DI UN NUMERO QUALSIASI DI CARICHE PUNTIFORMI:

LAVORO PER UNITÀ DI CARICA

$L_u = \frac{L}{q} = \int \vec{E_0}\, \vec{dl}$

F agente sulla particella di prova q0:

$\vec{F} = q_0 \cdot = q_0(\overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2})$

Lavoro di f quando q0 viene portata da A fino a B:

$$\int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_a^b q_0(\overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2}) \cdot d\vec{l} = [\int_a^b \overrightarrow{E_1} \cdot d\vec{l} + \int_a^b \overrightarrow{E_2} \cdot d\vec{l}]$$

Caso di n cariche puntiformi:

$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \sum_1^N \frac{q_i}{r_i}$

Energia potenziale carica di prova:

$U = q_0 \cdot V$

SUPERFICI EQUIPOTENZIALI
$V(r) = \text{COSTANTE}$

POTENZIALE DI UNA PARTICELLA DI PROVA NEL CAMPO DI UNA DISTRIBUZIONE CONTINUA DI CARICA:

3D $\quad V_0(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int_\tau \frac{\rho(x',y',z')d\tau'}{|\vec{r} - \overrightarrow{r_1}|}$

2D $\quad V_0(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int_\varepsilon \frac{\rho(x',y',z')dS'}{|\vec{r} - \overrightarrow{r_1}|}$

1D $\quad V_0(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int_\Delta \frac{\rho(x',y',z')dl'}{|\vec{r} - \overrightarrow{r_1}|}$

ELETTRONVOLT: $\quad 1eV = (1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C})(1\mathrm{V}) = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\mathrm{J}$

POTENZIALE DI UN DIPOLO ELETTRICO:

$\vec{p} = q \cdot \vec{\delta}$

$V_0(P) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{p \cdot \hat{r}}{r^3}$

$V = E \cdot r$

$U = -p \cdot E$

MOMENTO TORCENTE:

$V_B - V_A = -\int_{R_B}^{R_A} E\, dr = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right)$ PER $R > R_0$

$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E}$

$E = -(\frac{\vartheta V}{\vartheta x} i + \frac{\vartheta V}{\vartheta y} j + \frac{\vartheta V}{\vartheta z} k)$ $\qquad grad = (\frac{\vartheta}{\vartheta x} i + \frac{\vartheta}{\vartheta y} j + \frac{\vartheta}{\vartheta z} k)$ $\qquad E = -gradV$

CAMPO ELETTRICO RADIALE:

$E_r = -\frac{\vartheta V}{\vartheta r}$ $\qquad E_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2}$

ESTERNO DI UNA SFERA UNIF. CAR:

$E_r = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r^2} \hat{r}$ $\qquad V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{r}$

PER $r \leq r_0$ $V(r) =$

PER $R < R_0$

$V_B - V_A = -\int_{R_A}^{R_B} E \cdot dr = -\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \int_{R_A}^{r_B} r\, dr = -\frac{Q}{8\pi\varepsilon_0 r_0}(R_B^2 - R_A^2)$

CONDUTTORI, CAPACITÀ E DIELETTRICI

CAPACITÀ DI UN CONDENSATORE: $C = \frac{Q}{V}$

CAPACITA' DI UN CONDENSATORE PIANO: $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$

CAMPO IN UN CONDENSATORE PIANO: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{n}$ $\quad E = \frac{Q_{int}}{A \cdot \varepsilon_0}$ $\quad V = E \cdot d$

CAPACITA' DI UNA SFERA CONDUTTRICE ISOLATA: $C = \frac{Q}{V} = 4\pi\varepsilon_0 r$ $\quad V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

CONDENSATORI IN SERIE:

$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \cdots + \frac{1}{C_N}$ $\quad C_{eq} = \frac{C_1 \cdot \ldots \cdot C_n}{C_1 + \cdots + C_n}$

$Q_1 = Q_2 = \cdots = Q_n$ $\quad V_a - V_b = (V_a - V_c) - (V_c - V_b)$ $\quad Q = C_{eq} \cdot V_{ab}$ $\quad V_1 = \frac{Q}{C_1}$

CONDENSATORI IN PARALLELO:

$C_{eq} = C_1 + \cdots + C_N$

$V_1 = V_2 = \cdots = V_n$ $\quad Q_{eq} = C_{eq} \cdot V$ $\quad Q_{eq} = Q_1 + \cdots + Q_n$ $\quad Q_1 = C_1 \cdot V$

ENERGIA ELETTROSTATICA:

$U = q \cdot V(P)$

SISTEMA DI n CARICHE:

$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \sum_{i,j=0}^{N} \frac{(q_i \cdot q_j)}{r_{ij}}$

DISTRIBUZIONI CONTINUE DI CARICA:

3D: $U = \frac{1}{2}\int_\tau \rho V d\tau$ $\quad$ **2D:** $U = \frac{1}{2}\int_s \sigma V dS$

ENERGIA IMMAGAZZINATA DA UN CONDENSATORE: $U = \frac{Q^2}{2C}$ $\quad U = \frac{CV^2}{2}$ $\quad U = \frac{QV}{C}$

DENSITÀ DI ENERGIA ELETTROSTATICA: $u = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon_0 \cdot E_0^2$

COSTANTE DIELETTRICA RELATIVA: $K = \frac{\Delta V_0}{\Delta V} = \frac{\Delta C}{\Delta C_0}$

COSTANTE DIELETTRICA DEL MATERIALE: $\varepsilon = kK$

AUMENTO DELLA CAPACITA' IN PRESENZA DI UN DIELETTRICO: $C = K \cdot C_0$ $\quad C = \frac{K\varepsilon_0 A}{d}$

RIDUZIONE DEL CAMPO ELETTRICO IN PRESENZA DI UN DIELETTRICO:

$E = \frac{E_0}{K}$ $\quad E = \frac{\sigma}{K\varepsilon_0}$ $\quad E = E_0 - E_P$ $\quad E_0 = KE$

RIDUZIONE DELL'ENERGIA ELETTROSTATICA IN PRESENZA DI UN DIELETTRICO: $U = \frac{U_0}{K}$

DIELETTRICO IN UN CIRCUITO CON GEN. COLLEGATO ($\Delta V = \Delta V_0$): $Q = kQ_0$ $\quad C = K\frac{Q_0}{\Delta V_0} = KC_0$

DENSITA' SUPERFICIALE DELLA CARICA LIBERA: $\sigma = \frac{VC}{A}$ $\quad \sigma = \varepsilon_0 \cdot E_0$

DENSITA' SUPERFICIALE DELLA CARICA DI POLARIZZAZIONE(DIELETTRICO): $\sigma_P = \frac{K-1}{K}\sigma$ $\quad \sigma_p = \varepsilon_0 \cdot E_p$

CONDENSATORE SFERICO

$C = 4\pi\varepsilon_0 \frac{r_a r_b}{r_b - r_a}$

CARICA SU OGNI CONDENSATORE

$\begin{cases} V_1 = V_2 \\ Q_1 + Q_2 = Q_{EQ} \end{cases}$

CORRENTI

VELOCITÀ ELETTRONE DI CONDUZIONE $v = \sqrt{3KT/m} \approx 10^5 m/s$

VOLUME DI UNA MOLE: $V_{mol} = A/\rho$ (A= massa di una mole) ($\rho = densità\ del\ materiale$)

NUMERO DI ELETTRONI: $n = \frac{N_A \rho}{A}$ $n = \frac{Q}{e}$ (N_A= NUMERO DI AVOGADRO)

CORRENTE ELETTRICA: $i = \frac{dq}{dt}$ (dq = quantità di carica)

CARICA NETTA: $q = \int i\, dt$

INTENSITÀ:

$I = \frac{|Q|}{t}$ $I = nS V_d q$ $I = j \cdot S$ $I = \frac{\Delta V}{R}$ $Q = nSv_d tq$

RESISTENZE:

$R = \frac{V}{I}$ $R = \rho \cdot \left(\frac{l}{S}\right)$ $R = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{S}$ $V = RI$

RESISTENZE IN SERIE:

$R_{eq} = R_1 + \cdots + R_N$

$I = I_1 = \cdots = I_n$ $V = V_1 + \cdots + V_n$ $V = IR_1 + \cdots + IR_n$ $V = IR_{eq}$ $V_1 = R_1 I$

RESISTENZE IN PARALLELO:

$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \cdots + \frac{1}{R_n}$ $R_{eq} = \frac{R_1 \cdot \ldots \cdot R_n}{R + \cdots + R_n}$

$V = V_1 = \cdots = V_n$ $I = I_1 + \cdots + I_n$ $I = \frac{V}{R_1} + \cdots + \frac{V}{R_n}$ $I = \frac{V}{R_{eq}}$ $I_1 = \frac{V}{R_1}$

RESISTIVITA': $\rho = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$

VELOCITÀ DI DERIVA: $V_d = \frac{\sigma E}{Nq}$ $V_d = \frac{I}{nSq}$

LEGGI DI KIRCHHOFF:

1^ LEGGE: nodi -> $\sum_k i_k = 0$ **2^ LEGGE: nodi ->** $\sum_k i_k R_k = \sum_k V_k$

LEGGE DI OHM:

$\Delta V = R \cdot i$ $\vec{E} = \sigma \cdot J$ (in forma locale)

DENSITÀ DI CORRENTE:

$J = \frac{I}{S}$ $J = n \cdot v_d \cdot |Q|$ $J = \frac{l}{S \cdot R} \cdot E$ $\vec{j} = \frac{n \cdot e^2 \cdot \tau}{m} \cdot \vec{E}$

FLUSSO DI J: $\Phi_j = \frac{dQ}{dt}$ $\Phi_j = -\frac{dQ_{int}}{dt}$

CONDUCIBILITA' (ATTENZIONE NON CONFONDERE CON DENSITA' SUP DI CARICA):

$\sigma = \frac{l}{S \cdot R}$ $\rho = \frac{1}{\sigma}$ $\sigma = \frac{n \cdot e^2 \cdot \tau}{m}$ (τ= intervallo di tempo medio tra gli urti)

$J = \sigma \cdot \vec{E}$ (m=massa della particella)

BATTERIE IN SCARICA

$V = \varepsilon - I \cdot r$

BATTERIE IN CARICA

$V = \varepsilon + I \cdot r$

F.E.M

$\varepsilon = V\ circuito\ aperto$

ENERGIA DISSIPATA RESISTENZA: (EFFETTO JOULE)

$P_R = V \cdot I$ $P_R = I^2 \cdot R$ $P_R = \frac{V^2}{R}$

BILANCIO ENERGETICO:

$P_u = V * I\ (Energia\ spesa\ dalla\ batteria)$ $P_u = \varepsilon \cdot I - I^2 \cdot r$ (potenza di batteria che si scarica)

CIRCUITI RC:

dq = carica sul condensatore

carica di un condensatore: $i = \frac{dq}{dt}$ $(v_a - v_b) + (v_b - v_c) + (v_c - v_d) + (v_a - v_d) = 0$

$(\varepsilon) + \left(-\frac{q}{C}\right) + (0) + (-i \cdot R) = 0$ carica su un cond. che viene caricato: $q(t) = \varepsilon \cdot C \cdot (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$

$-\Delta U = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon^2 \cdot C$ carica su un cond. che si scarica: $q(t) = Q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

PROCESSO DI CARICA DI UN CONDENSATORE:

$Q_0 = C\varepsilon$ $V_C = \frac{Q_0}{C} = \varepsilon$

PROCESSO DI SCARICA DI UN CONDENSATORE:

$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

GENERATORE IDEALE DI TENSIONE:

$V = IR = \frac{\varepsilon}{R} R = \varepsilon$

MAGNETOSTATICA

FORZA DI LORENTZ(MAGNETICA): $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ $\vec{F} = |q\vec{v}\vec{B}\sin\theta|$

CAMPO MAGNETICO: $B = \frac{F}{qv}$ $B = \frac{F}{qv\sin\theta}$

TESLA/GAUSS: $1\,T = 1\,\frac{N}{C \cdot m/s} = 1\,\frac{N}{A \cdot m}$ $1\,T = 10^4 G$ & $1\,G = 10^{-4}\,T$

PARTICELLA IN MOVIMENTO IN UN CAMPO CON TRAIETTORIA AD ARCO (con $B \perp v$):

$F_B = qvb = ma_c = m\frac{v^2}{r}$ $r = \frac{mv}{qB}$ $\omega = \frac{v}{r} = \frac{q}{m}B$ $f_c = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{qB}{2\pi m}$

SE NELLO SPAZIO SIA CAMPO E CHE CAMPO B: $\vec{F}_{tot} = \vec{F}_E + \vec{F}_B$ $\vec{F}_{tot} = qE\sin\theta + qvB\sin\vartheta$

SE Ftot=0: $v = \frac{E}{B}$ $r = \frac{mv}{qB_0}$ $\frac{m}{q} = \frac{rB_0}{v}$

EFFETTO HALL: accumulazione di carica fino a che $F_B = F_{E_H}$ F_{E_H}= campo di hall

$E_H = v_d B$ $q\,v_d B = e\,E_H$ $j = n\,q\,v_d$ $j = \frac{I}{S} = \frac{I}{dt}$ j= densità di corrente

$v_d = \frac{j}{nq} = \frac{I}{nqdt}$ $E_H = \frac{I}{nqdt}B = \frac{IB}{nQS}$ $E_H = \frac{jB}{nq}$ $\frac{\Delta V_H}{d} = \frac{I}{nqdt}B = \frac{IB}{nQD}$ $\Delta V_H = \frac{IB}{nqt} = R_H\frac{IB}{t}$

TENSIONE DI HALL: $\Delta V_H = E_H \cdot d$ $\Delta V_H = \frac{IB}{nqt} = R_H\frac{IB}{t}$

COEFFICIENTE DI HALL: $R_H = \frac{E_H}{jB} = \frac{1}{nq}$ $B = \frac{E_H}{jR_H}$

FORZA MAGNETICA SU UN CONDUTTORE PERCORSO DA CORRENTE STAZIONARIA:

$F_B = nAlqv_dB\sin\theta$ $F_B = IlB\sin\theta$

FILO DI FORMA ARBITRARIA: $dF_B = IdlB\sin\theta$ $F_B = I(\int dl)B\sin\vartheta$

MOMENTO MECCANICO DI UNA SPIRA: $\tau = ISB\sin\theta$ $\tau = \mu \cdot B\sin\theta$

MOMENTO DI DIPOLO MAGNETICO: $\mu = I \cdot S$

MOMENTO DELLA FORZA MAGNETICA AGENTE SU UNA BOBINA: $\tau = NISB\sin\theta$ $\tau = \mu B\sin\theta$

MOMENTO DI DIPOLO MAGNETICO BOBINA: $\mu = N \cdot I \cdot S$

ENERGIA POTENZIALE DI DIPOLO: $U = -\mu \cdot B\sin\theta$

FORZA DI LORENTZ $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ $r = \frac{mv_\perp}{qB}$ RAGGIO $p = v_{\parallel} T$ PASSO e $T = \frac{2\pi m}{qB}$ PERIODO

FORZA DI LORENTZ SU FILO $\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}$

MOTI IN PRESENZA DI CAMPI ELETT E MAGN $F = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$

LEGGE DI BIOT-SAVART: $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,\vec{dl}\times\hat{r}}{r^2}$ $\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int\frac{\vec{dl}\times\hat{r}}{r^2}$

PERMEABILITA' MAGNETICA NEL VUOTO: $\mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}\,\frac{T\cdot m}{A}$

FILO RETTILINEO(BIOT-S.): $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$

se filo indefinito (θ_1=0 & θ_2=π): $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

$B_x = \frac{\mu_0 I r^2}{2(r^2+x^2)^{3/2}}$ PER QUALSIASI PUNTO A DIST. X DAL CENTRO

SPIRA CIRCOLARE(BIOT-S.): $B_y = 0$ $B_x = \frac{\mu_0 I 2\pi r^2}{4\pi(r^2+x^2)^{3/2}}$ $B_x = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{\mu}{(r^2+x^2)^{3/2}}$

Nel centro della spira(x=0): $B_x = \frac{\mu_0 I}{2r}$

A grande distanza(x>>r allora $(r^2+x^2)^{3/2} \approx x^3$): $B_x = \frac{\mu_0 I r^2}{2x^3} = \frac{\mu_0 I r^2 2\pi}{2x^3 2\pi} = \frac{\mu_0 2IA}{4\pi x^3}$ $B_x = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\mu}{x^3}$

FILI PARALLELI PERCORSI DA CORRENTE: $F = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} l$ se correnti concordi, f attrattiva, altrimenti repulsiva

$\vec{B} = \vec{B_1} + \vec{B_2}$ $B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2r_1}$ $B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2r_2}$

Forza per unità di lunghezza: $\frac{F}{l} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}$

LEGGE DI AMPERE: $\vec{B} // \vec{S} \rightarrow$ $\oint\vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 I_{conc}$ $I_{conc} = \iint\vec{j}\cdot dS$

CAMPO MAGNETICO GENERATO DA UN FILO RETTILINEO DI RAGGIO R PERCORSO DA UNA CORRENTE I_0

$$\oint\vec{B}\cdot\vec{dl} = \oint B\cdot dl = B\oint dl = B2\pi r = \mu_0 I_{conc} \qquad B = \frac{\mu_0 I_{conc}}{2\pi r}$$

- SE $r \geq R$: $I_{conc} = I_0$ $\boldsymbol{B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r}}$ r=raggio esterno
- SE $r < R$: $I_{conc} = j\pi r^2 = \frac{I_0}{\pi R^2}\pi r^2 = I_0\frac{r^2}{R^2}$ $\boldsymbol{B = \frac{\mu_0}{2\pi r}\frac{I_0 r^2}{R^2} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi R^2}r}$

CAMPO MAGNETICO IN UN SOLENOIDE: N=n° tot spire presenti nel tratto l; n= n° spire per unità di lunghezza

$$\oint\vec{B}\cdot\vec{dl} = \int_A^B\vec{B}\cdot\vec{dl} + \int_B^C\vec{B}\cdot\vec{dl} + \int_C^D\vec{B}\cdot\vec{dl} + \int_D^A\vec{B}\cdot\vec{dl} = \int_B^C\vec{B}\cdot\vec{dl} = Bl = \mu_0 I_{conc} = \mu_0 NI = \mu_0 nlI$$

$N = \cancel{nl}\ n/l$ $Bl = \mu_0 NI$ $\boldsymbol{B = \mu_0\frac{N}{l}I = \mu_0 nI}$ $I_{conc\ solenoide} = N\cdot I$

CAMPO MAGNETICO IN UN TOROIDE (SOLENOIDE TOROIDALE):

$$\oint\vec{B}\cdot\vec{dl} = \oint B\cdot dl = B\oint dl = B2\pi r = \mu_0 NI \qquad B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

FLUSSO MAGNETICO: $d\Phi_B = \vec{B}\cdot d\vec{S}$ $\Phi_B = \oiint\vec{B}\cdot d\vec{S} = \int\vec{B}\cdot d\vec{S} = B\cos\theta\cdot\int d\vec{S} = B\cos\theta\cdot S$ $\int_S\vec{B}\cdot d\vec{S} = \Phi_B$

LEGGE DI GAUSS PER IL CAMPO DI INDUZIONE MAGNETICA: $\Phi_B = 0$ $\oiint\vec{B}\cdot d\vec{S} = 0$

PER QUALSIASI SUPERFICIE CHIUSA

CAMPI DIPENDENTI DAL TEMPO

CORRENTE DI SPOSTAMENTO TRA LE ARMATURE DI UN CONDENSATORE: $I_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{dQ}{dt}$

LEGGE DI AMPERE-MAXWELL: $\oint \vec{B}\,\vec{dl} = \mu_0(I + I_d) = \mu_0 I + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$

FEM INDOTTA (causa una I indotta): $\varepsilon = I_{indotta} R$ $\quad \varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ $\quad \varepsilon = Blv$

LEGGE DI FARADAY-NEUMANN-LENZ: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ $\quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \varepsilon$ $\quad [1\,Wb/s = 1\,V]$

FEM INDOTTA BOBINA TOROIDALE: $\varepsilon_T = N\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$

FEM DI MOVIM(LENZ): $\Phi_B = \int B dS = Blx$ $\quad \varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d(Blx)}{dt} = Bl\frac{dx}{dt} = B\frac{dS}{dt} = Blv$

Sulla sbarretta: $F_E = F_B \rightarrow -eE = -evB \rightarrow E = vB$

$$V_A - V_B = -\int_A^B E dl = \int_A^B E dl = E\int_A^B dl = El \rightarrow V_A - V_B = El = vBl \equiv \varepsilon \qquad \varepsilon = El = vBl$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{vBl}{R} \qquad F_B = Il \times B \rightarrow F_B = \frac{vBl}{R} lB \rightarrow F_B = \frac{B^2 l^2 v}{R}$$

Per mantenere in moto la sbarra serve una f:

$$F = -F_B \qquad P = Fv = \frac{B^2 l^2 v^2}{R} \qquad P = \frac{\varepsilon^2}{R} = RI^2 = \varepsilon I$$

GENERATORI

FLUSSO MAG. IN UNA SPIRA ROTANTE: $\Phi_B = \int \vec{B}\vec{dS} = \vec{B} \cdot d\vec{S} = BS\cos\theta = BS\cos\omega t$ $\quad \theta = \omega t$

FEM INDOTTA IN UNA SPIRA ROTANTE: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \rightarrow \varepsilon = BS\omega \cdot \sin\omega t$

FEM INDOTTA IN UN AVVOLGIMENTO ROTANTE: $\varepsilon = NBS\omega \cdot \sin\omega t$

MOMENTO TORCENTE DELLA SPIRA: $\vec{\tau} = I\vec{S} \times \vec{B} = \vec{m} \times \vec{B}$

CAMPI ELETTRICI INDOTTI: $\varepsilon = \frac{W}{q} = \oint \frac{\vec{F} \cdot d\vec{l}}{q} = (\oint \vec{E}) \cdot d\vec{l}$ $\quad \varepsilon = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$

CAMPO ELETTRICO INDOTTO IN UN SOLENOIDE
$\underset{R}{E(r)} = -\frac{1}{2}\omega R \mu_0 n\, i_0 \cos(\omega t)$

CAMPO ELETTROSTATICO: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$

FORMA INTEGRALE DELLA LEGGE DI FARADAY: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

LEGGE DI AMPERE: $\oint \vec{B}\,\vec{dl} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$

INDUTTANZA: $\Phi_B = \int \vec{B}\vec{dl} = \iint \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{\vec{dl} \times \hat{r}}{r^2} \cdot d\vec{S} = LI$ $\quad \Phi_B = LI$ $\quad$ in henry $1H = 1 \cdot \frac{V \cdot s}{A}$

F.E.M. AUTOINDOTTA: $\varepsilon_L = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -L\frac{dI}{dt}$

INDUTTANZA BOBINA: $N\Phi_B = LI$

INDUTTANZA DI UN SOLENOIDE: $L = \mu_0 n^2 lS = \mu_0 n^2 V$ $\quad L = \mu_0 n^2 V$

COEFFICIENTE DI MUTUA INDUZIONE $\quad M = \frac{\Phi}{I}$

CIRCUITI LR

DIF. DI POT: $\varepsilon_0 + \varepsilon_L - RI = 0$ $\quad \varepsilon_0 - L\frac{dI}{dt} - RI = 0$ $\quad \varepsilon_0 = L\frac{dI}{dt} + RI$

CORRENTE NEL CIRCUITO: $I = \frac{\varepsilon_0}{R}\left(1 - e^{-t/\tau_L}\right)$

COSTANTE DI TEMPO DEL CIRCUITO: $\tau_L = \frac{L}{R}$

I SENZA BATTERIA/GEN: $L\frac{dI}{dt} + RI = 0$ $\quad I = I_0 e^{-t/\tau}$

POTENZA: effetto joule: $P = IV = I(IR) = I^2R$ $\quad$ induttanza: $P = LI\frac{dI}{dt}$

ENERGIA IMMAGAZZINATA DALL'INDUTTORE: $U = \frac{1}{2}LI^2$ $\quad dU = LIdI$

DENSITA' DI ENERGIA DEL CAMPO MAGNETICO: $u_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$

MUTUA INDUTTANZA: $N_2\Phi_{21} = MI_1$ $\quad N_1\Phi_{12} = MI_2$ $\quad \varepsilon_{12} = -M\frac{dI_1}{dt}$ $\quad \varepsilon_{21} = -M\frac{dI_2}{dt}$

TRASFORMATORI: $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$ $\quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_2}{N_1}$

CIRCUITI LC

TENSIONE NEL CIRCUITO: $(V_A - V_B) + (V_B - V_A) = 0$ $\quad \frac{Q}{C} - L\frac{dI}{dt} = 0$ $\quad \frac{d^2Q}{dt^2} = -\frac{1}{LC}Q$

CORRENTE NEL CIRCUITO: $I = \omega Q_m \sin\omega t = I_m \sin\omega t$ $\quad Q_m$=carica massima sul condensatore

CARICA SUL CONDENSATORE: $Q = Q_m \cos(\omega t + \varphi)$ $\quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $\quad$ se t=0: $Q = Q_m$

ENERGIA ELETTRICA: $U_E = \frac{1}{2} * \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} * \frac{Q_M^2}{C}\cos^2\omega t$ $\quad$ INDUTTANZA $L = \frac{V_{max}^2 C}{I^2}$

ENERGIA MAGNETICA: $U_B = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}LI_m^2 \sin^2\omega t$

ENERGIA TOTALE: $U = U_B + U_E = \frac{1}{2}LI_M^2$

ONDE

EQUAZIONE ONDA PIANA PROGRESSIVA/REGRESSIVA: $f(x,t) = fp(x - v * t) + fr(x + v * t)$

EQUAZIONE ONDE PIANE: $\frac{\delta^2 f}{\delta x^2} - \frac{\delta^2 f}{v^2} * \frac{\delta^2 f}{\delta t^2} = 0$

EQUAZIONE DELLE ONDE: $\frac{\delta^2 f}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 f}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 f}{\delta z^2} - \frac{1}{v^2} * \frac{\delta^2 f}{\delta t^2} = 0$

EQUAZIONE ONDE SFERICHE: $f(r,t) = \frac{1}{r}fp(r - v * t) + \frac{1}{r}fr(r + v * t)$

ONDE ARMONICHE: $f(x \mp v * t) = A * sen(k * x \mp \omega * t + \varphi)$

PERIODO T=$T = \frac{2\pi}{\omega}$ $\quad$ LUNG D'ONDA: $\lambda = \frac{2\pi}{k}$ PULSAZ.: $\omega = 2\pi v$ $\quad$ f(frequenza) $= f = \frac{1}{T}$

SE VEL = C → $\lambda = C \cdot T$ $\quad \lambda = V_{el} \cdot T$

NUM D'ONDA $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ $\quad$ VELOCITÀ: $\frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}$

POTENZA ONDA $\frac{\Delta E}{\Delta t} = u^{lin} * v$ $\quad u^{lin} = densità\ lineare\ di\ energia$

$|E| = c \cdot |B|$ $\quad u_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$ $\quad u_B = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0}$ $\quad u = u_E + u_B$

DENSITÀ DI ENERGIA

INTENSITÀ ISTANTANEA: $I = \frac{P}{\Delta s} = u * s$ u = DENSITÀ DI VOLUME DI ENERGIA

INTENSITÀ MEDIA: $< I >= \frac{P}{4\pi r^2}$

ONDE STAZIONARIE $y(x,t) = 2Asen(kx)\cos(\omega t)$

VELOCITÀ DELLA LUCE NEL VUOTO: $C = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 * \mu_0}} = 2{,}998 * 10^8 m/s$

VELOCITÀ DELLA LUCE IN QUALUNQUE ALTRO MATERIALE: $v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 k \mu_0 \mu_r}} = \frac{c}{\sqrt{k\mu_r}}$

INDICE DI RIFRAZIONE: $N = \frac{c}{v} = \sqrt{k\mu_r}$ RELAZIONE TRA I CAMPI: $\cancel{\vec{E} = \vec{B} \times \vec{C}}$ $E = c \cdot B$

INTENSITÀ ONDE $u_E = u_B$

INTENSITÀ DELL'ONDA $S = \mu_{EM} * c = \varepsilon_0 * E^2 * C = \frac{E^2}{\sqrt{\varepsilon_0/\mu_0}}$

VETTORE DI POYNTING $S = \frac{1}{\mu_0} * \vec{E} \times \vec{B}$ $< S > = \frac{1}{2\mu_0} * E_0 B_0$ UNITA W/m^2

$E = E_{MAX} \cos(kx - \omega t)$

$B = B_{MAX} \cos(kx - \omega t)$

DIREZIONE DELL'ONDA $\vec{E} \times \vec{B}$

E E B SI PROPAGANO ALLA VELOCITA DI C