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:

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

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:

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

DISTRIBUZIONE DI CARICA 2D:

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

DISTRIBUZIONE DI CARICA 1D:

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

LEGGE DI GAUSS

FLUSSO DI UN CAMPO UNIFORME:

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

FLUSSO DI UN CAMPO NON UNIFORME :

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

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:

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

LEGGE DI GAUSS (CON PIU' CARICHE):

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

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

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

DENSITA' VOLUMETRICA DI UNA SFERA CARICA:

$\rho = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi r_0^3}$ $\quad E = \frac{\rho \cdot r}{3\varepsilon_0}$

POTENZIALE ELETTROSTATICO

LAVORO PER UNITÀ DI CARICA:

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

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

F agente sulla particella di prova q0:

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

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

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

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:

$U = q_0 \cdot V$

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:

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

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

$U = -p \cdot E$

MOMENTO TORCENTE:

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

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

CAMPO ELETTRICO RADIALE:

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

ESTERNO DI UNA SFERA UNIF. CAR:

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

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: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{n}$ $E = \frac{Q_{int}}{A \cdot \varepsilon_0}$ $V = E \cdot d$

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

CONDENSATORI IN SERIE:

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

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

CONDENSATORI IN PARALLELO:

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

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

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

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

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: $C = K \cdot C_0$ $C = \frac{K\varepsilon_0 A}{d}$

RIDUZIONE DEL CAMPO ELETTRICO IN PRESENZA DI UN DIELETTRICO:

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

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

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

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

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

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:

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

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:

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

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:

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

METALLO (alla temperatura di 20° C)		$\boldsymbol{\alpha}$
Argento	$1.6 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$	$3{,}8 \cdot 10^{-3}$
Rame	$1.7 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$	$4{,}26 \cdot 10^{-3}$
Alluminio	$2.8 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$	$4{,}3 \cdot 10^{-3}$
Ottone	$\sim 7 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$	
Nichel	$7.8 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$	
Ferro	$10 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$	
Acciaio	$\sim 11 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$	
Costantana	$49 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$	
Nichelcromo	$100 \cdot 10^{-8}\Omega \cdot m$	

ISOLANTE	
Polietilene	$2 \cdot 10^{11}\Omega \cdot m$
Vetro	$\sim 10^{12}\Omega \cdot m$
Porcellana non vetrificata	$\sim 10^{12}\Omega \cdot m$
Ebanite	$\sim 10^{13}\Omega \cdot m$
Resina epossidica	$\sim 10^{15}\Omega \cdot m$

TABELLA MULTIPLI

Exp	Prefisso	Simbolo
10^{1}	Deca-	Da-
10^{2}	Etto-	h-
10^{3}	Kilo-	k-
10^{6}	Mega-	M-
10^{9}	Giga-	G-
10^{12}	Tera-	T-
10^{15}	Peta-	P-
10^{18}	Exa-	E-
10^{21}	Zetta-	Z-
10^{24}	Yotta-	Y-

TABELLA SOTTOMULTIPLI

Exp	Prefisso	Simbolo
10^{-1}	Deci-	d-
10^{-2}	Centi-	c-
10^{-3}	Milli-	m-
10^{-6}	Micro-	M-
10^{-9}	Nano-	n-
10^{-12}	Pico-	p-
10^{-15}	Femto-	f-
10^{-18}	Atto-	a-
10^{-21}	Zepto-	z-
10^{-24}	Yopto-	y-

Variabile	Unità di misura	Variabile	Unità di misura
Q/q (carica)	C (coulomb)	V (potenziale)	V (volt)
F (forza)	N (newton)	L (lavoro)/U(en pot)	J (joule)
E (campo elettrico)	$\frac{N}{C} = \frac{V}{m}$	τ (momento torcente)	$N \cdot m$
$\boldsymbol{\rho}$ (momento dielettrico)	$C \cdot m$	C (capacità di un condensatore)	F (farad)= C/V
$\boldsymbol{\Phi}$(flusso)	$\frac{N}{Cm^2}$	u(densità di energia)	$\frac{j}{m^3}$
R (resistenza)	Ω (ohm)	I (intensità)	A (ampere)
$\boldsymbol{\sigma}$ (conducibilità)	$\frac{1}{\Omega \cdot m}$	J (densità di corrente)	$\frac{A}{m^2}$

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 $\boldsymbol{B} \perp \boldsymbol{v}$):

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

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

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

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:

$F_B = nAlqv_d B\sin\theta$ $F_B = IlB\sin\theta$

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: $U = -\mu \cdot B\sin\theta$

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): $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

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: $\oint\vec{B}\cdot\vec{dl} = \mu_0 I_{conc}$ $I_{conc} = \iint\vec{j}\cdot dS$

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

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

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

$N = nl$ $Bl = \mu_0 NI$ $\boldsymbol{B = \mu_0\frac{N}{l}I = \mu_0 nI}$

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

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

MAGNETISMO DELLA MATERIA

PERMEABILITA' MAGNETICA MATERIALE INSERITO IN UN SOLENOIDE: $\mu_r = \frac{B}{B_0}$ $\mu = \mu_0 \mu_r$

$B = \mu_r B_0 = \mu_0 \mu_r n I = \mu n I$ $|\overrightarrow{B_0}| = \mu_0 I n$ $|\vec{B}| = \mu I n$ $\vec{B} = \mu \vec{H}$ $H_0 = \frac{B_0}{\mu_0} = nI$

SOSTANZE DIAMAGNETICHE: $\mu_r < 1$ $\vec{B} < \overrightarrow{B_O}$

NEL VUOTO: $\mu_r = 1$ $\vec{B} = \overrightarrow{B_O}$

SOSTENZA PARAMAGNETICHE: $\mu_r > 1$ $\vec{B} > \overrightarrow{B_O}$

SOSTENZE FERROMAGNETICHE: $\mu_r \gg 1$ $\vec{B} \gg \overrightarrow{B_O}$

INTERPRETAZIONE MICROSCOPICA (ORBITA ELETTRONE): $I = \frac{e}{T} = e\frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{ev_0}{2\pi r_0}$

$|\vec{m}| = IS = I\pi r_0^2 = \frac{ev_0}{2\pi r_0}\pi r_0^2 = \frac{1}{2}ev_0 r_0$ $|\vec{L}| = m_e v_0 r_0$ $\vec{m} = -\frac{e}{2m_e}L$

RAPPORTO GIROMAGNETICO PER IL MOTO ORB. DEL'ELETTRONE: $g_0 = -\frac{e}{2m_e}$ $\vec{m} = g_0(\vec{L} + \delta\vec{S})$

PRECESSIONE DI LARMOR (DIAMAGNETISMO):

in assenza di campo B: $\overrightarrow{F_{el}} = m_e a_c$ $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} = m_e\frac{v_0^2}{r} = m_e\omega_0^2 r$ $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{m_e r^2}}$

in presenza del campo B^*: $\overrightarrow{F_{el}} + \overrightarrow{F_L} = m_e a_c$ $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} + evB^* = m_e\frac{v^2}{r} \rightarrow \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} + e\omega r B^* = m_e\omega^2 r$

$\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e r^3} + \frac{eB^*}{m_e}\omega = \omega^2 \rightarrow \omega^2 - \frac{eB^*}{m_e}\omega - \omega_0^2 = 0$ poniamo: $\omega_L = \frac{eB^*}{2m_e}$ frequenza di Larmor

$\omega^2 - 2\omega_L\omega - \omega_0^2 \rightarrow \omega = \omega_L \mp \sqrt{\omega_0^2 + \omega_L^2} \approx \omega_0 \mp \omega_L$ $\omega = \omega_0 + \omega_L$

Corrente: $I_L = e\frac{\omega_L}{2\pi}$ momento megnetico: $m_L = I_L S = e\frac{\omega_L}{2\pi}S = \frac{e^2 S}{4\pi m_e}B^*$ $\overrightarrow{m_L} = \frac{e^2 S}{4\pi m_e}\overrightarrow{B^*}$

POLARIZZAZIONE PER ORIENTAMENTO (PARAMAGNETISMO): $\langle\vec{m}\rangle = \frac{\sum_i m_i}{N}$ N=numero di atomi

VETTORE INTENSITA' DI MAGNETIZZAZIONE: $\vec{M} = \frac{\sum_i^{dN}\overrightarrow{m_i}}{dV} = \langle\vec{m}\rangle\frac{dN}{dV} = \langle\vec{m}\rangle n$ n=n° di at. per unità vol

$\vec{M} = \frac{\sum_i^{\Delta N}\overrightarrow{m_i}}{\Delta V} = \frac{\Delta\vec{m}}{\Delta V} = \langle\vec{m}\rangle\frac{\Delta N}{\Delta V} = \langle\vec{m}\rangle n$ $\Delta\vec{m} = \sum_i^{\Delta N}\overrightarrow{m_i}$ $d\vec{m} = \vec{M}dV$ $\overrightarrow{m_i} = \vec{M}\Delta V$

$\vec{M} = x_m\frac{\vec{B}}{\mu}$ $\vec{M} = x_m\vec{H}$ con x_m suscettibilità magnetica di volume

LEGGE DI CURIE: $\vec{M} = \frac{C\vec{B}}{\mu_0 T}$ $x_m = A + \frac{C}{T}$ $x_m = \mu_r - 1$ con T temperatura, A e C costanti

RELAZIONE TRA M E LA DENSITA' DI CORRENTE AMPERIANA: $I_m = \frac{dQ_m}{dt} = j_m tl = j_{ms} l$

$dI_m = j_{ms} dl$ $\quad dm = dI_m S \rightarrow MdlS = j_{ms} dlS \rightarrow j_{ms} = |\vec{M}|$

DENSITA' DI CORRENTE DI SUPERFICIE [ampere/metro]: $j_{ms} = j_m t$ $\quad j_{ms} = |\vec{M}|$

INTENSITA' DEL CAMPO MAGNETICO: $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$ $\quad \vec{H} = \frac{\vec{M}}{x_m}$ $\quad \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$

RELAZIONE TRA QUANTITA' MACROSCOPICHE E MICROSCOPICHE(solenoide):

$B = B_0 + B_m = \mu_0 In + \mu_0 I'n'$ $\quad I'n' = j_{ms}$ $\quad |B| = \mu_0 In + \mu_0 M$

$M = \frac{B}{\mu_0} - In = \frac{\mu}{\mu_0} In - In = \left(\frac{\mu}{\mu_0} - 1\right) In = (\mu_r - 1) In$ $\quad \vec{H} = \vec{H}_0 = In\hat{x}$

allora $\vec{M} = (\mu_r - 1)\vec{H}$ e $\vec{M} = x_m \vec{H}$ quindi $x_m = \mu_r - 1$

FORZA AGENTE SU UN DIPOLO MAGNETICO: $E = -\vec{m} \cdot \vec{B}$ $\quad \vec{F} = -grad\, E = grad(\vec{m} \cdot \vec{B})$

Sostanze diamagnetiche: $\mu_r - 1 < 0 \rightarrow m < 0 \rightarrow F < 0$ repulsione

Sostanze paramagnetiche: $\mu_r - 1 > 0 \rightarrow m > 0 \rightarrow F > 0$ attrazione

Sostanze ferromagnetiche: $\mu_r > 1$

RELAZIONE TRA B, H E M: $\int \vec{H}\, \vec{dl} = NI \rightarrow Hl = NI \rightarrow H = \frac{N}{l} I$ $\quad \vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{M})$

CICLO DI ISTERESI: $B = B(H)$ $\quad M = M(H)$

CAMPI DIPENDENTI DAL TEMPO

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

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: $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ $\quad[1\,Wb/s = 1\,V]$

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

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

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

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

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

Per mantenere in moto la sbarra serve una f:

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

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 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: $\Phi_B = \int\vec{B}\vec{dl} = \iint\frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{\vec{dl}\times\vec{r}}{r^2}\cdot d\vec{S} = LI$ $\quad\Phi_B = LI$ $\quad$ 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: $L = \mu_0 n^2 lS = \mu_0 n^2 V$ $\quad L = \mu_0 n^2 V$

CIRCUITI LR

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

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

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

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

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

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

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

CIRCUITI LC

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

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

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

ENERGIA ELETTRICA: $U_E = \frac{1}{2} * \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} * \frac{Q_M^2}{C} cos^2\omega t$

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

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

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

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: $\vec{E} = \vec{B} \, X \, \vec{C}$

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 $S = \frac{1}{\mu_0} * \vec{E} \, x \, \vec{B}$ $< S > = \frac{1}{2\mu_0} * E_0 B_0$