Formulario di fisica 2 v0.1 (per il file LaTeχ cerca Baelish su GitHub) COGNOME: MATRICOLA: ■ FONDAMENTALI

· Potenziale scalare V

 $V(B) - V(A) = -\int_{A}^{B} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{r}$

 $V(\mathbf{r}) = \frac{U(\mathbf{r})}{}$

· Energia di E

 $U = \frac{1}{2} \int_{\mathbb{R}^3} \rho(\mathbf{r}) V(\mathbf{r}) d\tau$

· Equazione di Poisson

· E e V di particolari distribuzioni

 $U = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \int_{\mathbb{R}^3} \mathbf{E}^2 d\tau$

Carica puntiforme

Sfera carica uniformemente

 $\mathbf{E}(r) = \begin{cases} \frac{Qr}{4\pi\varepsilon_0 R^3} = \frac{3\rho r}{\varepsilon_0} & \text{se r < R} \\ \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} & \text{se r \ge R} \end{cases}$

 $V(r) = \begin{cases} \frac{\rho(3R^2 - r^2)}{6\varepsilon_0} & \text{se } r < R \\ \frac{Q}{4\pi\varepsilon_{-r}} & \text{se } r \ge R \end{cases}$

 $V(r) = \begin{cases} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R} & \text{se } r < R\\ \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r} & \text{se } r \ge R \end{cases}$

Filo infinito con carica uniforme λ

Piano Σ infinito con carica uniforme

Anello con carica uniforme (sull'asse)

Guscio sferico carico uniformemente

se $r \ge R$

 $\mathbf{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \mathbf{u}_r$

 $\mathbf{E}(r) = \begin{cases} 0 \\ \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \end{cases}$

 $\mathbf{E}(r) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} \mathbf{u}_r$

 $V(r) = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon} \ln\left(\frac{r_0}{r}\right)$

 $V(x) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(x - x_0)$

 $\mathbf{E}(x) = \frac{\lambda Rx}{2\varepsilon_0(x^2 + R^2)^{3/2}}\mathbf{u}_x$

Disco carico uniformemente

 $\mathbf{E}(x) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{\sigma^2}}} \right) \mathbf{u}_x$

 $V(x) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} (x - \sqrt{x^2 + R^2})$

 $\mathbf{E}(x) = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \frac{R^2}{x^2} \mathbf{u}_x$

 $V(x) = \frac{\sigma}{4\varepsilon_0} \frac{R^2}{x}$

Disco carico uniformemente (x >> R)

Guscio cilindrico uniformemente carico

 $V(x) = \frac{\lambda R}{2\varepsilon_0 \sqrt{x^2 + R^2}}$

 $\mathbf{E} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \mathbf{u}_n$

 $\nabla^2 V = -\frac{\rho}{}$

(3)

(7)

(11)

· Teorema (divergenza)

$$\int_{\Sigma} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{\Sigma} = \int_{\tau} \nabla \cdot \mathbf{F} d\tau \tag{1}$$

· Teorema (Stokes)

$$\oint_{\gamma} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = \int_{\Sigma} \nabla \times \mathbf{F} d\mathbf{\Sigma}$$
 (2)

· Teorema (Gradiente)

$$\phi_2 - \phi_1 = \int_{\gamma} \nabla \phi \cdot \mathbf{ds}$$

· Flusso di un campo

$$\Phi_{\Sigma}(\mathbf{E}) = \oint_{\Sigma} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{\Sigma}$$
 (4)

· Equazioni di Maxwell

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \tag{5}$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \tag{6}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$$
 (8)

$$\oint_{\Sigma} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{\Sigma} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0} \tag{9}$$

$$\oint_{\Gamma} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi(\mathbf{B})}{dt}$$
(10)

$$\oint_{\Sigma} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{\Sigma} = 0$$

$$\oint_{\Gamma} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I_{conc} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$
 (12)

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_{libere} \tag{13}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_{C,lib} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$
 (14)

$$\oint_{\Sigma} \mathbf{D} \cdot d\mathbf{\Sigma} = Q_{int,lib} \tag{15}$$

$$\oint_{\Gamma} \mathbf{H} \cdot d\mathbf{s} = I_{conc,lib} + \frac{d\Phi_D}{dt}$$
 (16)

$$J_{\Gamma}$$
 dt

• Discontinuità dei campi

$$\Delta B_{\perp} = 0 \tag{17}$$

$$\Delta E_{\parallel} = 0 \tag{18}$$

$$\Delta D_{\perp} = \sigma_L \tag{19}$$

$$\Delta D_{\perp} = \sigma_L \tag{19}$$

$$\Delta E_{\perp} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \tag{20}$$

$$\Delta H_{\parallel} = |\mathbf{K}_c \times \mathbf{u}_n| \tag{21}$$

$$\frac{D_{1,\parallel}}{k_1} = \frac{D_{2,\parallel}}{k_2} \tag{22}$$

Se $\sigma_L = 0$

$$k_1 E_{1,\perp} = k_2 E_{2,\perp}$$
 (23)

Rifrazione linee di B

$$\frac{\tan(\theta_2)}{\tan(\theta_1)} = \frac{\mu_2}{\mu_1} \tag{24}$$

■ ELETTROSTATICA

· Forza di Coulomb

$$\mathbf{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \mathbf{u}_{1,2}$$

 $U = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 r_{1,2}} + c$

· Definizione campo elettrico

· En. potenziale due cariche

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}(\mathbf{r}_0)}{\mathbf{r}_0}$$

(26)

(27)

(25)

■ CONDUTTORI

 $\Delta V = 0$

$$\mathbf{E} = 0$$

- il potenziale è costante

· Conduttori in equilibrio All'interno - il campo è nullo

$$=0 (52)$$

(55)

(54)

Il più delle volte c'è induzione completa e C dipende dalla configurazione geometrica.

Le cariche si distribuiscono sempre su

superfici, mai all'interno

· Pressione elettrostatica

 $\mathbf{p} = \frac{d\mathbf{F}}{d\Sigma} = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} \mathbf{u}_n = \frac{1}{2}\varepsilon_0 \mathbf{E}^2$

Condensatori

Piano

· Capacità

 $C = \frac{Q}{\Delta V}$

(28)

(29)

(30)

(31)

(32)

(33)

(34)

(35)

(36)

(37)

(38)

(39)

(40)

(41)

(42)

(43)

(44)

(45)

(46)

(47)

(48)

(49)

(50)

(51)

(53)

$$C = \frac{\varepsilon_0 \Sigma}{d} \tag{56}$$

Sferico

$$C = 4\pi\varepsilon_0 \frac{Rr}{R - r} \tag{57}$$

Cilindrico

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0 h}{\ln\frac{R}{2}} \tag{58}$$

$$C_{eq} = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}\right)^{-1} \tag{59}$$

In parallelo

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^{n} C_i \tag{60}$$

Con dielettrico

$$C_{diel} = k_e C_0 \tag{61}$$

Energia interna del condensatore

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CV = \frac{1}{2}QV \tag{62}$$

Differenziale circuito RC

$$RQ'(t) + \frac{Q(t)}{C} = V ag{63}$$

Carica

$$Q(t) = Q_0 (1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$
 (64)

Scarica

$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \tag{65}$$

Condensatore pieno

Condensatore riempito di materiale di resistività ρ

$$RC = \varepsilon_0 \rho \tag{66}$$

· Forza fra le armature

$$F = \frac{Q^2}{2} \partial_x \left(\frac{1}{C}\right) \tag{67}$$

Condensatore piano

$$F = \frac{Q\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{Q^2}{2\epsilon_0 \Sigma} \tag{68}$$

■ DIPOLO ELETTRICO

· Momento di dipolo

$$\mathbf{p} = q\mathbf{a} \tag{69}$$

· Potenziale del dipolo

$$V(r) = \frac{qa\cos\theta}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{\mathbf{p} \cdot \mathbf{u}_r}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$$
 (70)

· Campo elettrico E generato

$$\mathbf{E} = \frac{qd\left(2\cos\left(\theta\right)\mathbf{u}_r + \sin\left(\theta\right)\mathbf{u}_\theta\right)}{4\pi\varepsilon r^3}$$
 (71)

· Momento torcente

 $\mathbf{M} = \mathbf{p} \times \mathbf{E}$

$$\mathbf{M} = \mathbf{a} \times q \mathbf{E}(x, y, z) \tag{72}$$

Se E uniforme

$$W = \int_{\theta_i}^{\theta_f} M \mathrm{d}\theta \tag{74}$$

Se E uniforme

Se E costante e uniforme

$$W = pE(\cos\theta_i - \cos(\theta_f)) \tag{75}$$

Frequenza dipolo oscillante

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{pE}{I}} \tag{76}$$

· Energia del dipolo $U = -\mathbf{p} \cdot \mathbf{E}$ (77)

 $\mathbf{F} = \nabla(\mathbf{p} \cdot \mathbf{E})$ (78)

$$U = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 r^2} [\mathbf{p_1} \cdot \mathbf{p_2} - 3(\mathbf{p_1} \mathbf{u}_r)(\mathbf{p_2} \cdot \mathbf{u}_r)]$$

· Energia pot. tra due dipoli

Dipoli concordi = F repulsiva

(79)· Forza tra dipoli

$$\mathbf{F} = \frac{3p_1p_2}{4\pi\varepsilon_0 r^4} \mathbf{u}_r \tag{80}$$

■ DIELETTRICI

· Campo elettrico in un dielettrico

$$\mathbf{E}_k = \frac{\mathbf{E}_0}{k} \tag{81}$$

· Vettore P polarizzazione

$$\mathbf{P} = \frac{dp}{d\tau} \tag{82}$$

(83)

(93)

 $\mathbf{P} = \varepsilon_0 \chi_E \mathbf{E}_k = \varepsilon_0 (k-1) \mathbf{E}_k$

· Dielettrici lineari

$$\sigma_p = \mathbf{P} \cdot \mathbf{u}_n = \frac{k-1}{k} \sigma_l \tag{84}$$

· Dens. volumetrica di q polarizzata

$$\rho_p = -\nabla \cdot \mathbf{P} \tag{85}$$

· Spostamento elettrico

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E}_k + \mathbf{P} = \varepsilon_0 k \mathbf{E}_k = \varepsilon_0 \mathbf{E}_0 \tag{86}$$

■ CORRENTI

· Lavoro del generatore

$$W_{gen} = \int_{t_1}^{t_2} V dq(t) = 2U_E$$
 (87)

· Densità di corrente

$$\mathbf{J} = nq\mathbf{v} = \frac{Nq\mathbf{v}}{\tau} \tag{88}$$

· Intensità di corrente

$$I = \frac{\mathrm{d}q(t)}{\mathrm{d}t} = \int_{\Sigma} \mathbf{J} \cdot \mathrm{d}\Sigma \tag{89}$$

· Leggi di Ohm

$$V = RI \tag{90}$$

$$dR = \int_{\Gamma} \frac{\rho}{\Sigma} dl$$
 (91)

$$\mathbf{E} = \rho \mathbf{J}$$
 (92)

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R} \tag{94}$$

$$dP = \mathbf{J}(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{E}(\mathbf{r}) d\tau \tag{95}$$

Resistori

$$R_{eq} = \sum_{i=1}^{n} R_i \tag{96}$$

In parallelo

$$R_{eq} = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i}\right)^{-1} \tag{97}$$

· Generatore reale

$$\Delta V = V_0 - r_i I$$

(98)

$$(73) \Delta V = V_0 - r_i I$$

· Leggi di Kirchhoff Legge dei nodi

$$\sum_{k=0}^{N} I_k = 0 (99)$$

Legge delle maglie

$$\sum_{k=0}^{N} \Delta V_k = 0 \tag{100}$$

■ MAGNETOSTATICA

· Forza di Lorentz

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \tag{101}$$

· Prima legge di Laplace

$$\mathbf{B(r)} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \oint \frac{\mathrm{d}\mathbf{s} \times \mathbf{u}_r}{r^2}$$
 (102)

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\mathbf{J} \times \mathbf{u}_r}{r^2} d\tau \tag{103}$$

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \nabla_r \times \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\mathbf{J}}{r} d\tau\right) \tag{104}$$

· Seconda legge di Laplace

$$\mathbf{F} = \int I(\mathrm{d}\mathbf{s} \times \mathrm{d}\mathbf{B}) \tag{105}$$

B di corpi notevoli (ATTENZIONE: viene indicata la direzione, il verso dipende dalla corrente I) Asse di una spira

$$\mathbf{B}(z) = \frac{\mu_0 I r^2}{2(z^2 + r^2)(3/2)} \mathbf{u}_z$$
 (106)

Filo indefinito

$$\mathbf{B}(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \mathbf{u}_{\phi} \tag{107}$$

Asse filo lungo 2a

$$\mathbf{B}(r) = \frac{\mu_0 I a}{2\pi r \sqrt{r^2 + a^2}} \mathbf{u}_{\phi} \tag{108}$$

Solenoide ideale

$$\mathbf{B} = \mu_0 \frac{N}{L} I \tag{109}$$

Toroide

$$\mathbf{B}(r) = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \mathbf{u}_{\phi} \tag{110}$$

Piano infinito su xy, con K \mathbf{u}_x densità lineare di corrente

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \mathbf{K}}{2} \mathbf{u}_y \tag{111}$$

· Effetto Hall

b spessore sonda, b // B, b \perp I, n car/vol

$$V_H = \frac{IB}{n|q|b} \tag{112}$$

· Forza di Ampere

Corr. equiversa = for. attrattiva

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 L}{d} \tag{113}$$

· Potenziale vettore A

$$\nabla \times \mathbf{A} = \mathbf{B} \tag{114}$$

$$\mathbf{A}(\mathbf{r_1}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{\mathbf{j}(\mathbf{r_2})}{r_{2,1}} d\tau_2$$
 (115)

Invarianza di Gauge

$$\mathbf{A}' = \mathbf{A} + \nabla \Psi \tag{116}$$

Gauge di Coulomb

$$\nabla \cdot \mathbf{A} = 0 \tag{117}$$

$$\nabla^2 \mathbf{A} = -\mu_0 \mathbf{j} \tag{118}$$

· Moto ciclotrone

Raggio

 $R = \frac{mv}{qB}$ (119)

Periodo

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \tag{120}$$

Angolo deflessione elica (v 2 dimensioni)

$$\sin(\theta) = \frac{qBR}{mv} \tag{121}$$

Passo elica

$$d = \frac{2\pi R}{\tan(\theta)} \tag{122}$$

■ INDUZIONE

· Coefficienti mutua induzione

$$\Phi_{1,2} = MI_1 \qquad \Phi_{2,1} = MI_2 \tag{123}$$

· Flusso generato da 1 attraverso 2

 $\Phi_{1,2} = NB_1\Sigma_2$ (124)

Induttanza

 Φ autoflusso

$$\Phi(\mathbf{B}) = IL \tag{125}$$

Solenoide ideale

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{L} \Sigma = \mu_0 n^2 L \Sigma \tag{126}$$

$$L = \frac{\mu_0 N^2 \pi a}{2\pi} \ln\left(\frac{R+b}{R}\right) \tag{127}$$

· Fem autoindotta

$$\Phi = -L \frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} \tag{128}$$

 \cdot Fem indotta

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\Phi(\mathbf{B})}{\mathrm{d}t} = -L\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} \tag{129}$$

· Corrente indotta

$$I = \frac{\varepsilon_i}{R} = -\frac{\mathrm{d}\Phi(\mathbf{B})}{R\mathrm{d}t} \tag{130}$$

· Energia dell'induttanza

Mutua (solo una volta ogni coppia):

$$U_{1,2} = \frac{1}{2}MI_1I_2 + \frac{1}{2}MI_2I_1 \tag{131}$$

$$U_L = \frac{1}{2}LI^2 {132}$$

In un circuito (conta una volta ogni induttanza ed una ogni coppia)

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N} (L_i I_i^2 + \sum_{j=1}^{N} M_{i,j} I_i I_j) \quad i \neq j$$
(133)

· Legge di Felici

$$Q(t) = \frac{\Phi(0) - \Phi(t)}{R} \tag{134}$$

Circuito RL in DC

L si oppone alle variazioni di I smorzan-

Appena inizia a circolare corrente

$$I(t) = \frac{\varepsilon_0}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t}) \tag{135}$$

Quando il circuito viene aperto

$$I(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}t} \tag{136}$$

(136)· Circuiti con barra mobile (b lunghez-

za barra) F.e.m. indotta

$$\varepsilon(t) = -Bbv(t) \tag{137}$$

Corrente in un circuito chiuso

$$I(t) = \frac{Bbv(t)}{R} \tag{138}$$

Lavoro fornito per muovere la barra

$$W = \frac{(Bbv(t))^2}{R} \tag{139}$$

Forza magnetica sulla barra

$$F = m\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = -\frac{(Bb)^2 v(t)}{R} \tag{140}$$

ATTENZIONE: per tenere v costante è necessaria una F esterna; altrimenti essa è opposta a v e il moto è smorzato esponenzialmente

· Disco di Barlow

Campo elettrico

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{Q} = \mathbf{v} \times \mathbf{B} = \omega x B \mathbf{u}_x \tag{141}$$

F.e.m. indotta

$$\varepsilon = \frac{1}{2}\omega Br^2 \tag{142}$$

Corrente in un circuito chiuso

$$I = \frac{\omega B r^2}{2R} \tag{143}$$

Se nnon ci sono forze esterne il moto è

 $\mathbf{M} = -\frac{\omega B r^4}{4R} \mathbf{u}_z$ (144)

Velocità angolare

$$\omega(t) = \omega_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \qquad \tau = \frac{2mR}{R^2 r^2} \tag{145}$$

■ DIPOLO MAGNETICO

Momento torcente frenante

· Momento di dipolo

$$\mathbf{dm} = I \mathbf{d} \Sigma \mathbf{u}_n \tag{146}$$

· Potenziale del dipolo

$$\mathbf{A} = \frac{\mu_0}{4\pi r^2} (\mathbf{m} \times \mathbf{u}_r) \tag{147}$$

· Campo magnetico B generato

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} [3\mathbf{u}_r(\mathbf{m} \cdot \mathbf{u}_r) - \mathbf{m}]$$
 (148)

· Momento torcente

$$\mathbf{M} = \mathbf{m} \times \mathbf{B} \tag{149}$$

· Forza agente sul dipolo $\mathbf{F} = \nabla (\mathbf{m} \cdot \mathbf{B})$ (150)

$$U = -\mathbf{m} \cdot \mathbf{B} \tag{151}$$

· Energia pot. tra due dipoli
$$U = -\mathbf{m_1} \cdot \mathbf{B_2} = -\mathbf{m_2} \cdot \mathbf{B_1} \tag{152}$$

B è il campo magnetico generato dall'altro dipolo

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}) = \frac{3\mu_0}{4\pi r^4} [(\mathbf{m_1} \cdot \mathbf{u}_r)\mathbf{m_2} + (\mathbf{m_2} \cdot \mathbf{u}_r)\mathbf{m_1} +$$

 $+(\mathbf{m_1}\cdot\mathbf{m_2})\mathbf{u}_r - 5(\mathbf{m_1}\cdot\mathbf{u}_r)(\mathbf{m_2}\cdot\mathbf{u}_r)\mathbf{u}_r$ (153)

■ MAGNETISMO

· Campo magnetico nella materia

$$\mathbf{B} = \mu_0(\mathbf{M} + \mathbf{H}) \tag{154}$$

$$\mathbf{B} = k_m \mathbf{B}_0 = (1 + \chi_m) \mathbf{B}_0 \tag{155}$$

· Campo magnetizzazione M

$$\mathbf{M} = n\mathbf{m} = \frac{\mathrm{d}\mathbf{m}}{\mathrm{d}\tau} \tag{156}$$

 $\mathbf{M} = \frac{\chi_m \mathbf{B}}{(\chi_m + 1)\mu_0}$ (157)

· Campo magnetizzante H

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0} - \mathbf{M} = \frac{\mathbf{B}}{\mu} = \frac{\mathbf{B}}{k_m \mu_0} = \frac{\mathbf{M}}{\chi_m}$$
 (158)

· Dens. LINEARE di corrente sulla SUPERFICIE

$$\mathbf{K_m} = \mathbf{M} \times \mathbf{u}_r \tag{159}$$

 $\mathbf{M} = M\mathbf{u}_z$ $\mathbf{K_m} = K_m\mathbf{u}_\phi$

· Dens. SUPERFICIALE corrente **MAGNETIZZATA**

 $\mathbf{j_m} = \nabla \times \mathbf{M}$ (160)

$$\oint \mathbf{M} \cdot \mathbf{dl} = I_{m,c} \tag{161}$$

SUPERFICIALE corrente LIBERA

$$\mathbf{j}_1 \neq \mu_0 \mathbf{j} \tag{162}$$

$$\mathbf{j}_1 = \nabla \times \mathbf{H} \tag{163}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} -\sqrt{11} \qquad (103)$$

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = I_{l,c} \tag{164}$$

· Energia di B

$$U_B = \frac{1}{2\mu_0} \int_{\mathbb{R}^3} \mathbf{B}^2 d\tau \tag{165}$$

$$U_B = \frac{1}{2} \int_{\mathbb{R}^3} \mathbf{j} \cdot \mathbf{A} d\tau \tag{166}$$

con N circuiti filiformi

$$U_B = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N} I_i \Phi_i \tag{167}$$

■ CIRCUITI RLC

Impedenza

La somma delle impedenze in serie e parallelo segue le regole dei resistori

$$Z = R + i \left(\omega L + \frac{1}{\omega C} \right) \tag{168}$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L + \frac{1}{\omega C}\right)^2} \tag{169}$$

RLC serie in DC smorzato Equazione differenziale

$$I''(t) + 2\gamma I'(t) + \omega_0 I(t) = 0$$
 (170)

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad \gamma = \frac{R}{2L}$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} \qquad \tau = \frac{1}{\gamma}$$
Smorz. DEBOLE $\gamma^2 < \omega_0^2$

$$I(t) = I_0 e^{-\gamma t} \sin(\omega t + \varphi) \tag{171}$$

Smorz. FORTE $\gamma^2 > \omega_0^2$

$$I(t) = e^{-\gamma t} (Ae^{\omega} + Be^{-\omega})$$

Smorz. CRITICO $\gamma^2 = \omega_0^2$

$$I(t) = e^{-\gamma t} (A + Bt) \tag{173}$$

(172)

(174)

A, B e φ si ricavano impostando le condizioni iniziali

RLC serie in AC forzato Forzante

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos(\Omega t + \Phi)$$

Equazione differenziale

$$I''(t) + 2\gamma I'(t) + \omega_0 I(t) = -\frac{\Omega \varepsilon_0}{L} \sin(\Omega t + \Phi)$$
(175)

Soluzione

$$I(t) = I_0(\Omega)\cos(\Omega t) \tag{176}$$

Corrente massima

$$I_0(\Omega) = \frac{\varepsilon_0}{|Z|} = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L + \frac{1}{\omega C})^2}}$$
 (177)

Sfasamento

$$\tan \Phi(\Omega) = \frac{L\Omega - \frac{1}{\Omega C}}{R} \tag{178}$$

NOTA: Lo sfasamento di I rispetto a ε è

Risonanza

$$Im(Z) = 0 \to \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \tag{179}$$

· Effetto Joule

$$\langle P_R \rangle = \frac{V_0}{2R} \tag{180}$$

· Potenza media totale

$$\langle P \rangle = \frac{V_0 I_0}{2} \cos(\phi) \tag{181}$$

· V e I efficace

$$V_{eff} = \frac{\sqrt{2}}{2}V_0$$
 $I_{eff} = \frac{\sqrt{2}}{2}I_0$ (182)

Coefficienti di Fresnel $I_{MAX} = N^2 I_0$ (237)Definizione ■ INTERFERENZA e DIFFRAZIO-■ CAMPO EM e OTTICA Massimi secondari NE $m \in \mathbb{Z} - \{kN, kN - 1 \text{ con } k \in \mathbb{Z}\}$ $r = \frac{E_r}{E_r}$ $R = \frac{P_r}{P_r} = \frac{I_r}{I_r}$ · Campi in un'onda EM (200)· Interferenza generica $\delta = \frac{2m+1}{2N}\pi \rightarrow \sin\theta = \frac{2m+1}{2N}\frac{\lambda}{d}$ (Nel vuoto v = c) Onda risultante (238) $t = \frac{E_t}{E_c}$ $T = \frac{P_t}{P_c} = \frac{I_t}{I_c}$ $E(x,t) = E_0 \cos(kx - \omega t)$ (183) $f(\mathbf{r},t) = Ae^{i(kr_1 - \omega t + \alpha)}$ (201)(220) $I_{SEC} = \frac{I_0}{\left(\sin\frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}\right)^2}$ (239) $B(x,t) = \frac{E_0}{v} \cos(kx - \omega t)$ Ampiezza Raggio RIFLESSO polarizzato (184)Minimi $m \in \mathbb{Z} - \{kN\}$ $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\delta}$ (221) $\omega = kv \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \lambda = \frac{v}{\nu}$ $r_{\sigma} = \frac{\sin(\theta_t - \theta_i)}{\sin(\theta_t + \theta_i)}$ (202) $\delta = \frac{2m}{N}\pi \to \sin\theta = \frac{m\lambda}{Nd}$ Diff. cammino ottico (240)· Vettore di Poynting (241)

$$\lambda = \lambda - \frac{\lambda}{\lambda} - \frac{\lambda}{\nu}$$
Diff. cammino ottico
$$\delta = \frac{2m}{N}\pi \rightarrow \sin\theta = \frac{m\lambda}{Nd}$$
Vettore di Poynting
$$r_{\pi} = \frac{\tan(\theta_t - \theta_i)}{\tan(\theta_t + \theta_i)}$$
(203)
$$\delta = \alpha_2 - \alpha_1 = (\Phi_2 - \Phi_1 + k(r_2 - r_1))$$

$$I_{MIN} = 0$$

 $\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0} \mathbf{E} \times \mathbf{B}$

 $u_{EM} = \frac{1}{2} (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{H})$

 $H = \frac{Wb}{A} = Tm^2 = \frac{m^2kg}{A^2s^2}$

(185)

(190)

Intensità Separazione angolare (distanza angolare
$$R_{\sigma} = r_{\sigma}^{2}$$
 $R_{\pi} = r_{\pi}^{2}$ (204) $I = I_{1} + I_{2} + 2\sqrt{I_{1}I_{2}}\cos\delta$ (223) tra min. e max. adiacente)

(242)

(246)

(247)

(249)

renza, l'intensità è il prodotto dei due

· Filtro polarizzatore

• Intensità media onda Raggio TRASMESSO polarizzato Fase risultante
$$\alpha$$

$$I = \langle S \rangle = \langle E^2 \varepsilon v \rangle$$
 (186)
$$t_{\sigma} = \frac{2n_i \cos \theta_i}{n_i \cos \theta_i + n_t \cos \theta_t}$$
 (205)
$$\tan \alpha = \frac{A_1 \sin \alpha_1 + A_2 \sin \alpha_2}{A_1 \cos \alpha_1 + A_2 \cos \alpha_2}$$
 (224) Potere risolutore

· Potenza
$$P = I\Sigma$$
 (187)
$$t_p i = \frac{2n_i \cos \theta_i}{n_i \cos \theta_t + n_t \cos \theta_i}$$
 (206)
$$\delta = 2n\pi$$
 (225)
$$\frac{\delta \lambda}{\lambda} = \frac{1}{Nn}$$

L'intensità varia in base alla scelta di
$$\Sigma$$
 $T_{\sigma} = 1 - R_{\sigma}$ $T_{\pi} = 1 - R_{\pi}$ (207) Minimi $\frac{\cdot \text{Diffrazione}}{\text{Intensità}}$
Equazioni di continuità $\delta = (2n+1)\pi$ (226) $\int \sin(\frac{\pi a \sin \theta}{2}) \chi^2$

Teorema di Poynting
$$\nabla \cdot \mathbf{S} + \mathbf{E} \cdot \mathbf{j} + \frac{\partial u}{\partial t} = 0$$

$$(188)$$
Luce NON polarizzata
$$T = \frac{1}{2}(R_{\sigma} + R_{\pi})$$

$$T = \frac{1}{2}(T_{\sigma} + T_{\pi})$$

$$(244)$$

$$T = \frac{1}{2}(R_{\sigma} + R_{\pi})$$

$$T = \frac{1}{2}(T_{\sigma} + T_{\pi})$$

$$(244)$$

$$\theta = \frac{\Delta y}{L}$$

$$(227)$$
Massimo pincipale in $\theta = 0$

Conservazione della carica

Incidenza normale
$$(\cos \theta_i ? \cos \theta_t = 1)$$

L grande tale che $\tan \theta \approx \theta$

$$\nabla \cdot \mathbf{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

Incidenza normale $(\cos \theta_i ? \cos \theta_t = 1)$

L grande tale che $\tan \theta \approx \theta$

Interferenza in fase

Massimi secondari $m \in \mathbb{Z} - \{-1, 0\}$

Diff. cammino ottico

· Interf. riflessione su lastra sottile

(n indice rifr., t spessore lastra)

Costruttiva

(210)

$$u_{EM} = \frac{1}{2} (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{H})$$

$$(190) \qquad R = \left(\frac{n_i - n_t}{n_i + n_t}\right)$$

$$U_{EM} = \int_{\mathbb{R}^3} u_{EM} d\tau$$

$$(191) \qquad t = \frac{2n_i}{n_i + n_t}$$

$$(210) \qquad \text{Costruttiva}$$

$$r_2 - r_1 = n\lambda \rightarrow \sin\theta = n\frac{\lambda}{d} \quad n \in \mathbb{Z}$$

$$(229) \qquad \text{Minimi } m \in \mathbb{Z} - \{0\}$$

Distruttiva
$$T = \frac{4n_{i}n_{t}}{(n_{i} + n_{t})^{2}}$$

$$r_{2} - r_{1} = \frac{2n + 1}{2}\lambda \rightarrow \sin\theta = \frac{2n + 1}{2}\frac{\lambda}{d} \quad n \in \mathbb{Z}$$

$$I_{MIN} = 0 \quad (248)$$

$$\mathbf{g} = \frac{\mathbf{S}}{c^2}$$

$$(192)$$
Angolo di Brewster (il raggio riflesso non ha polar. parallela)
$$(192)$$
Angolo di Brewster (il raggio riflesso non ha polar. parallela)
$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(230)$$

$$(230)$$

$$(230)$$

$$(230)$$

$$(230)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(249)$$

$$(24$$

 $F = \nabla W = -\nabla U$

(255)

$$\nu' = \nu \frac{v - v_{oss}}{v - v_{sorg}}$$

$$(193)$$

$$\theta_i + \theta_t = \frac{\pi}{2} \rightarrow \theta_B = \theta_i = \arctan \frac{n_t}{n_i}$$

$$(213)$$

$$(n \text{ indice rifr., } t \text{ spessore lastra})$$

$$\text{Diff. cammino ottico}$$

$$R = \frac{1}{2} \cos^2(2\theta_i)$$

$$(214)$$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{2nt}{\cos \theta_t}$$

$$(231)$$

$$(231)$$

$$(231)$$

(213)

Oscillazione del dipolo
$$I(r,\theta) = \frac{I_0}{r^2} \sin^2(\theta)$$

$$I(\theta) = I_0 \left(\frac{\sin(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda})}{\sin(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda})} \frac{\sin(\frac{N\pi d \sin \theta}{\lambda})}{\sin(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda})} \right)^2$$

$$t = \frac{2m+1}{4n} \lambda \cos \theta_t$$

$$(214) \qquad \lambda \cos \theta_t$$

$$t = \frac{2m+1}{4n} \lambda \cos \theta_t$$

$$(232)$$

$$P = \int \int I(r,\theta) dr d\theta = \frac{8}{3} \pi I_0 \qquad (195) \qquad \begin{array}{c} \text{Pressione di radiazione} \\ \text{Superficie ASSORBENTE} \end{array} \qquad \begin{array}{c} 4n \\ \text{Minimi } m \in \mathbb{N} \end{array}$$

$$\mathbf{Velocità dell'onda} \qquad \qquad \begin{array}{c} I_i \\ n = \frac{I_i}{2} \end{array} \qquad (216) \qquad \begin{array}{c} t = \frac{m}{2n} \lambda \cos \theta_t \\ \end{array} \qquad (233) \qquad D = \frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos \theta_m} \end{array} \qquad (251)$$

· Velocità dell'onda
$$p = \frac{I_i}{v}$$
(231)
$$b = \frac{I_i}{d\lambda} = \frac{I_i}{d\cos\theta_m}$$
(251)
$$v^2 = \frac{1}{k_e \varepsilon_0 k_m \mu_0}$$
(196) Superficie RIFLETTENTE · Interferenza N fenditure · Fattore molt. di inclinazione

$$c^{2} = \frac{1}{\varepsilon_{0}\mu_{0}}$$

$$(197) \qquad p = \frac{I_{i} + I_{t} + I_{r}}{v}$$

$$(217) \qquad \delta = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

$$(234) \qquad f(\theta) = \frac{1 + \cos \theta}{2}$$

Legge di Snell-Cartesio

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$
Massimi principali $m \in \mathbb{Z}$
Luce polarizzata (Legge di Malus)

$$\delta = 2m\pi \rightarrow \sin \theta = \frac{m\lambda}{d}$$
(219)
$$\delta = 2m\pi \rightarrow \sin \theta = \frac{m\lambda}{d}$$
(236)
$$I = I_0 \cos^2(\theta)$$
(254)

Equazione differenziale

$$\Omega = \frac{V}{A} = \frac{V^2}{W} = \frac{m^2 kg}{A^2 s^3}$$

$$V' + \frac{v}{\tau} = K$$

$$v' + \frac{v}{\tau} = K$$

$$v = wr$$
(267)
$$V = wr$$
(267)
$$V = wr$$
(272)

(261)

$$T = \frac{N}{Am} = \frac{kg}{As^2}$$

$$a = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

$$(263) \quad v(t) = k\tau (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$(268) \quad \int \frac{x}{(x^2 + r^2)^{3/2}} dx = -\frac{1}{\sqrt{r^2 + x^2}}$$

$$(273)$$

$$V = \frac{J}{C} = \frac{W}{A} = \frac{m^2 kg}{s^3 A}$$

$$\theta(t) = \theta(0) + \omega(0)t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

$$(264)$$

$$ANALISI MATEMATICA$$

$$(1 + \sin x)$$

$$C = \frac{C}{V} = \frac{C^2}{J} = \frac{A^2 s^4}{m^2 k g}$$

$$(259) \qquad \text{Moto armonico}$$
Equazione differenziale
$$C = \frac{C}{V} = \frac{C^2}{J} = \frac{A^2 s^4}{m^2 k g}$$

$$(259) \qquad \text{Integrali ricorrenti}$$

FISICA 1
$$x'' + \omega^2 x = 0$$
 (265)
$$\int \frac{1}{x^2 + r^2} dx = \frac{1}{r} \arctan \frac{x}{r}$$
 (269)
$$\int \sin^3 ax dx = -\frac{3a \cos ax}{4a} + \frac{\cos 3ax}{12}$$

• Momento torcente Soluzione
$$\int \sin^3 ax dx = -\frac{3a \cos ax}{4a} + \frac{\cos 3ax}{12}$$

$$M = \mathbf{r} \times \mathbf{F} = I\alpha \qquad (260) \qquad x(t) = A \sin(\omega t + \varphi) \qquad (266) \qquad \int \frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} dx = \ln \sqrt{x^2 + r^2} + x \qquad (270) \qquad (275)$$

· Differenziale di primo ordine Forma generale

y'(t) + a(t)y(t) = b(t)(276)

Soluzione

 $y(t) = e^{-A(t)(c+\int b(t)e^{A(t)}dt)}$ (277)

geneo

Forma generale

$$y'' + ay' + by = 0 \qquad a, b \in \mathbb{R}$$
 (278)

 $\lambda_{1,2} \in \mathbb{C}$ sono le soluzioni dell'equazione associata

Soluzioni

Se $\Delta > 0$

 $y(t) = c_1 e^{\lambda_1 t} + c_2 e^{\lambda_2 t}$

(279)

 $\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) = 0$ (282)

· Identità vettoriali

 $\nabla \times (\nabla f) = 0$ (283)

 $\nabla \cdot (f\mathbf{A} = f \nabla \cdot \mathbf{A} + \mathbf{A} \cdot \nabla f$ (284)

(290)

 $\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta \quad (288)$

 $\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta$ (289)

· Identità geometriche

 $y(t) = c_1 e^{\lambda_1 t} + t c_2 e^{\lambda_2 t}$ (280)· Differenziale di secondo ordine omo-Se $\Delta < 0$

Se $\Delta = 0$

 $y(t) = c_1 e^{\alpha t} \cos(\beta t) + c_2 e^{\alpha t} \sin(\beta t) \quad (281)$

con $\alpha = Re(\lambda)$ e $\beta = Im(\lambda)$

(285) $\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A}$ (286)

 $\nabla (\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}) = \mathbf{B} \cdot (\nabla \times \mathbf{A}) - \mathbf{A} \cdot (\nabla \times \mathbf{B})$

 $\mathbf{A} \times (\mathbf{B} \times \mathbf{C}) = \mathbf{B}(\mathbf{A} \cdot \mathbf{C}) - \mathbf{C}(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})$

(287)

(291)(292)

Cartesiane Sferiche Cilindriche $\frac{\partial f}{\partial r}\mathbf{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial f}{\partial \theta}\theta + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial f}{\partial \phi}\phi$ $\frac{\partial f}{\partial r}\mathbf{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial f}{\partial \theta}\theta + \frac{\partial f}{\partial z}\mathbf{z}$ Gradiente ($\nabla f =$) $\frac{1}{2}\frac{\partial r^2 F_r}{\partial r^2} + \frac{1}{2}\frac{\partial F_{\theta}\sin\theta}{\partial r^2} + \frac{1}{2}\frac{\partial F_{\phi}}{\partial r^2}$ $\frac{1}{r}\frac{\partial F_r}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial F_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$ $\frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$ Divergenza $(\nabla \cdot \mathbf{F} =)$ $\overline{r^2} \overline{\partial r}$ $r\sin\theta$ $r\sin\theta \ \partial\phi$ Il laplaciano di un campo scalare Φ , in qualunque coordinata, è $\nabla \cdot \nabla \Phi$