

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N m}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}$$

$$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

$$h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\mu_B = 9.27 \cdot 10^{-24} \text{ J/T}$$

$$R = \frac{m e^4}{8\epsilon_0 h^3 c} = 1.097373 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

Oscilacije

period $T = \frac{1}{f}$

jednostavno harmoničko gibanje $x = x_m \cos(\omega t + \varphi)$
 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$
 $v = -\omega x_m \sin(\omega t + \varphi)$
 $a = -\omega^2 x_m \cos(\omega t + \varphi)$

sila harmoničkog oscilatora $F = -kx$
 $\omega = \sqrt{\left(\frac{k}{m}\right)}$

energija harmoničkog oscilatora $K(t) = \frac{1}{2} m v^2(t)$
 $U(t) = \frac{1}{2} k x^2(t)$

gušeno harmoničko gibanje $\vec{F}_d = -b \vec{v}$
 $x(t) = x_m e^{-bt/2m} \cos(\omega' t + \varphi)$
 $\omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}}$
za $b \ll$ imamo $E(t) = \frac{1}{2} k x_m^2 e^{-bt/m}$

tjerane oscilacije

uvjet rezonancije $\omega_d = \omega$

Valovi

valna funkcija $y(x, t) = y_m \sin(kx - \omega t)$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T}$$

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

putujući val $y(x, t) = h(kx \pm \omega t)$

interferencija valova na niti $y'(x, t) = [2y_m \cos \frac{\Phi}{2}] \sin(kx - \omega t + \frac{\Phi}{2})$

stojni val $y'(x, t) = [2y_m \sin(kx)] \cos(\omega t)$

rezonantna frekvencija $f = \frac{v}{\lambda} = n \frac{v}{2L}$, $n=1, 2, 3, \dots$

Zvučni valovi

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

$$s = s_m \cos(kx - \omega t)$$

$$\Delta p = \Delta p_m \sin(kx - \omega t)$$

interferencija $\Phi = \frac{\Delta L}{\lambda}$

$$\text{konstruktivna } \Phi = m(2\pi), \quad m=0, 1, 2, \dots$$

$$\text{destruktivna } \Phi = (2m+1)\pi, \quad m=0, 1, 2, \dots$$

stojni valovi u cijevi otvorenoj na oba kraja $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2L}$, $n=1, 2, 3, \dots$

zatvorenoj na jednoj strani $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{4L}$, $n=1, 3, 5, \dots$

udari zvučnih valova $f_{udar} = f_1 - f_2$

Dopplerov efekt $f' = f \frac{v \pm v_d}{v \pm v_s}$

udarni val $\sin(\theta) = \frac{v}{v_s}$

Električni naboj

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

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8.99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}$$

$$e = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

električna struja $i = \frac{dq}{dt}$

Coulombov zakon $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$

Električno polje

električno polje $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$

od točkastog naboja $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$

električnog dipola $\vec{E} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{p}{z^3}$
 $p = qd$

Gaussov zakon

$$\Phi = \oint \vec{E} * d\vec{A} = \frac{q_{obuhv}}{\epsilon_0}$$

Električni potencijal

električna potencijalna energija $\Delta U = U_f - U_i = -W$
 $U = -W_\infty$

razlika potencijala i potencijal $\Delta V = V_f - V_i = -\frac{W}{q}$

$$V = -\frac{W_\infty}{q}$$

$$V = \frac{U}{q}$$

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{U_f}{q} - \frac{U_i}{q} = \frac{\Delta U}{q}$$

$$V_f - V_i = -\int_i^f \vec{E} * d\vec{s}$$

$$V = -\int_i^f \vec{E} * d\vec{s}$$

potencijal točkastih naboja $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$

$$V = \sum V_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_i}$$

potencijal električnog dipola $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos \theta}{r^2}$

potencijal kontinuirane distribucije naboja $V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$

električna potencijalna energija sustava točkastih naboja $U = W = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$

izračunavanje električnog polja iz potencijala $E_s = -\frac{\partial V}{\partial s}$
 $E_x = -\frac{\partial E_x}{\partial x}$
 $E_y = -\frac{\partial E_y}{\partial y}$
 $E_z = -\frac{\partial E_z}{\partial z}$

Kapacitori

$$q = CV$$

kapacitet planparalelnog kapacitora $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

cilindrični $C = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(b/a)}$

sferični $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{b-a}$

izolirana sfera $C = 4\pi\epsilon_0 R$

potencijalna energija $U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2$

gustoća energije $u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2$

Otpor

strujna gustoća elektrona u metalnom vodiču $\vec{j}_e = -e N_e \langle \vec{v}_e \rangle$

električna struja $I = \int \vec{j} * d\vec{a}$

Ohmov zakon $I = U/R$

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

magnetsko polje $\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$

nabijena čestica u magnetskom polju $|q|vB = \frac{mv^2}{r}$

$$r = \frac{mv}{|q|B}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{T} = \frac{|q|B}{2\pi m}$$

magnetska sila na žicu kojom teče struja $\vec{F}_B = i \vec{L} \times \vec{B}$

$$d\vec{F}_B = i d\vec{L} \times \vec{B}$$

zakret na zavojnicu kojom teče struja $\vec{\tau} = \mu \times \vec{B}$

$$\mu = N i A$$

$$W_a = \Delta U = U_f - U_i$$

Ampèreov zakon $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I_{obuhv}$

Magnetska polja od električne struje

Amperèov zakon $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \frac{\mu_0}{i_{obuhv}}$

Biot-Savartov zakon $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\vec{s} \times \hat{r}}{r^2}$

magnetsko polje duge ravne žice $B = \frac{\mu_0 i}{4\pi R}$

sila između paralelnih žica kojima teče struja $F_{ba} = i_b L B_a \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{\mu_0 L i_a i_b}{2\pi d}$

magnetsko polje solenoida $B = \mu_0 i n$

magnetsko polje toroida $B = \frac{\mu_0 i N}{2\pi r}$

magnetsko polje magnetkog dipola $\vec{B}(z) = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\vec{\mu}}{z^3}$

Indukcija

magnetski tok $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$

$$\Phi_B = BA$$

Faradayev zakon indukcije $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

elektromotorna sila i inducirano električno polje $\mathcal{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s}$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = \frac{-\Phi_B}{dt}$$

induktancija $L = \frac{N\Phi_B}{i}$, $\frac{L}{l} = \mu_0 n^2 A$

samoindukcija $\mathcal{E}_L = -L \frac{di}{dt}$

magnetska energija $U_B = \frac{1}{2} Li^2$

$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

uzajamna indukcija $\mathcal{E}_2 = -M \frac{di_1}{dt}$, $\mathcal{E}_1 = -M \frac{di_2}{dt}$

Gaussov zakon za magnetsko polje $\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$

Maxwell-Amperèov zakon $\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i_{obuhv}$

struja pomaka $i_d = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$

spinski dipolni magnetski moment $\vec{\mu}_S = -\frac{e}{m} \vec{S}$

$$S_z = m_S \frac{h}{2\pi} , \quad m_S = \pm \frac{1}{2}$$

$$\mu_{S,z} = \pm \frac{e h}{4\pi m} = \pm \mu_B$$

$$U = -\vec{\mu}_S \cdot \vec{B}_{ext} = -\mu_{S,z} B_{ext}$$

orbitalni magnetski dipolni moment $\vec{\mu}_{orb} = -\frac{e}{2m} \vec{L}_{orb}$

$$L_{orb,z} = m_l \frac{h}{2\pi} , \quad m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm(\text{konacni broj})$$

$$\mu_{orb,z} = -m_l \frac{eh}{4\pi m} = m_l \mu_B$$

Curiev zakon $M = C \frac{B_{ext}}{T}$

Elektromagnetski valovi $E = E_m \sin(kx - \omega t)$, $B = B_m \sin(kx - \omega t)$, $c = \frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$

Poyntingov vektor $\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$

tlak zračenja pri totalnoj apsorpciji $p_r = \frac{S}{c}$

tlak zračenja pri totalnoj refleksiji $p_r = \frac{2S}{c}$

Interferencija

položaji interferentnih pruga u Youngovom eksperimentu s dvije pukotine:

$$d \sin(\theta) = m \lambda \quad , \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

$$d \sin(\theta) = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad , \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

na tankom filmu $2L = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n_2}$, $m = 0, 1, 2, \dots$

$$2L = m \frac{\lambda}{m_2} \quad , \quad m = 0, 1, 2, \dots$$

Difrakcija

na jednoj pukotini $a \sin(\theta) = m \lambda$, $m = 1, 2, 3, \dots$

Rayleighov kriterij $\theta_R = 1.22 \frac{\lambda}{d}$

Braggov zakon $2d \sin(\theta) = m \lambda$, $m = 1, 2, 3, \dots$

Fotoni

$$E = hf \quad , \quad p = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

fotoelektrični efekt $hf = K_{max} + \Phi$

Comptonov pomak $\Delta \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos(\varphi))$

Valovi materije

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

valna funkcija $\Psi(x, y, z, t) = \psi(x, y, z) \cdot e^{-i\omega t}$

Schrödingerova jednačina u jednoj dimenziji $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{8\pi^2m}{h^2}[E - U(x)]\psi = 0$

Heisenbergove relacije neodređenosti $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{2\pi}$

$$\Delta y \cdot \Delta p_y \geq \frac{h}{2\pi}$$

$$\Delta z \cdot \Delta p_z \geq \frac{h}{2\pi}$$

tuneliranje $T \approx e^{-2bL}$

$$b = \sqrt{\frac{8\pi^2m(U_b - E)}{h^2}}$$

elektron u beskonačnoj potencijalnoj jami $E_n = \left(\frac{h^2}{8mL^2}\right)n^2$, $n = 1, 2, 3, \dots$

$$\Delta E = E_{visoka} - E_{niska}$$

$$hf = \Delta E = E_{visoka} - E_{niska}$$

$$\psi_n(x) = A \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right), \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

vodikov atom $E_n = -\frac{me^4}{8\varepsilon_0 h^2} \frac{1}{n^2} = -\frac{13.60 \text{ eV}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_{niza}^2} - \frac{1}{n_{visa}^2} \right)$$