

Kaavat

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0} \quad \oint_C \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_E}{dt} \quad \oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(I_C + \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \right)$$

$$y(x, t) = y_{max} \cos(kx - \omega t) \quad E_{max} = cB_{max} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \omega = 2\pi f \quad v = \lambda f \quad n = \frac{c}{v}$$

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad u_B = \frac{1}{2\mu_0} B^2 \quad \vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} \quad I = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{max}^2$$

$$n_a \sin \theta_a = n_b \sin \theta_b \quad \sin \theta_c = \frac{n_b}{n_a} \quad I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta \quad \tan \theta_p = \frac{n_b}{n_a}$$

$$\Delta r = m\lambda \quad d \sin \theta = m\lambda \quad I = 4I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2} \quad \frac{\phi}{2\pi} = \frac{\Delta r}{\lambda}$$

$$a \sin \theta = m\lambda \quad I = I_0 \left[\frac{\sin(\beta/2)}{\beta/2} \right]^2 \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} a \sin \theta \quad \sin \theta_1 = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t_0 \quad \ell = \frac{\ell_0}{\gamma} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \quad \vec{p} = \gamma m \vec{v}$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad K = (\gamma - 1) m c^2 \quad E = K + m c^2 \quad E^2 = (m c^2)^2 + (pc)^2$$

$$K_{max} = eV_{AC} \quad E = hf \quad eV_0 = hf - \phi \quad \lambda' - \lambda = \frac{h}{m c} (1 - \cos \phi)$$

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \Delta x \Delta p_x \geq \hbar \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar \quad U(\tau) = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$P(x, t) dx = |\Psi(x, t)|^2 dx \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(x, t)|^2 dx = 1 \quad \Psi(x, t) = \psi(x) e^{-iEt/\hbar}$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} + U(x) \psi(x) = E \psi(x) \quad p = \hbar k \quad E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \quad E_n = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2m L^2}$$

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega \quad T = G e^{-2\kappa L} \quad \kappa = \frac{\sqrt{2m(U_0 - E)}}{\hbar} \quad G = 16 \frac{E}{U_0} \left(1 - \frac{E}{U_0} \right)$$

$$E_n = -\frac{13,60 \text{ eV}}{n^2} \quad (n \geq 1) \quad L = \sqrt{\ell(\ell + 1)} \hbar \quad (0 \leq \ell \leq n-1) \quad L_z = m \ell \hbar \quad (|m_\ell| \leq \ell)$$

$$U = -\mu_z B = m_l \mu_B B \quad \mu_B = \frac{e\hbar}{2m} \quad S_z = m_s \hbar \quad \left(m_s = \pm \frac{1}{2} \right) \quad \mu_{sz} = -(2,00232) \frac{e}{2m} S_z$$

$$E_n = -Z^2 \frac{13,60 \text{ eV}}{n^2} \quad |\mu_{sz}|_p = 2,7928 \mu_n \quad \mu_n = \frac{e\hbar}{2m_p}$$

$$R = R_0 A^{1/3} \quad E_B = (Z M_H + N m_n - \frac{1}{2} M) c^2 \quad Q = (M_A + M_B - M_C - M_D) c^2$$

$$R = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t) \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad T_{kesk} = \frac{1}{\lambda}$$

1. Sähkömagneettisen aallon sähkökenttä saadaan lausekkeesta $\vec{E} = (31 \frac{N}{m}) \cos[(1,33 \frac{rad}{m})z - (3,00 \cdot 10^8 \frac{rad}{s})t] \hat{i}$.

- a) Mikä on aallon etenemisnohta, aallonpituus ja taajuus?
- b) Määritä magneettikentän \vec{B} lauseke.
- c) Kulkeeko tehtävän sähkömagneettinen aalto tyhjiössä vai väliaineessa? Perustelut.

2) Kaksoisrakoa, jossa rakojen leveys on 0,240 mm, valaistaan valolla, jonka aallonpituus on 540 nm. Interferenssikuvio havaitaan varjostimella, joka on raosta etäisyydellä 3,00 m.

- a) Mikä on diffraktiokuvion päämaksimin ja ensimmäisen minimin välimatka varjostimella.
- b) Mikä on rakojen välimatka, kun diffraktiokuvion päämaksimissa on 11 interferenssimaksimia?
- c) Keskimmäisen vaalean viivan ($\phi = 0^\circ$) intensiteetti on $6,00 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2$. Mikä on keskimmäisestä viivasta laskien 3. viivan intensiteetti?

3. Kuvitteellisessa atomissa on kolme energiatasoa: perustilan energia ja 1,00 eV:n ja 3,00 eV:n tilat perustilan yläpuolella.

- a) Jos atomi on perustilassa, niin millä aallonpituuksilla atomi voi absorboida säteilyä?
- b) Jos atomi on virityneessä tilassa, niin millä aallonpituuksilla atomi voi emittoida säteilyä.

4. a) Mainitse kaksi ilmiötä, joissa nähdään hiukkasen käyttäytymän kuten aalto. Mainitse lisäksi ainakin yksi laite, jossa hiukkasen aaltoluonnetta käytetään hyväksi. Lyhyet perustelut.

b) Neutronisuihku, jossa kaikilla neutroneilla on sama energia, tulee kohtisuoraan kiteisen aineen pintaa kohti ja siroaa aineen pinta-atomeista, jotka ovat pintakerroksessa etäisyydellä 0,0910 nm toisistaan. Ensimmäinen ($m = 1$) intensiteetin maksimi syntyy kulmassa $\theta = 28,6^\circ$ pinnan normaalin nähden. Laske yksittäisen neutronin liike-energia.

- 5) a) Selitä lyhyesti mitä tarkoitetaan α -, β - ja γ -säteilyllä.
- b) Arkeologisissa kaivauksissa löydetty luunäyte sisältää 650 mg hiiltä, jonka β -aktiivisuus on 190 hajoamista tunnissa. Mikä on luunäytteen ikä? Oleta, että näytteen syntymähetkellä aktiivisuus oli 0,255 Bq hiiliagrammaa kohti. Hiilen aktiivisen isotoopin ^{14}C :n puoliintumisaika on 5730 vuotta.

Merkitse opiskelijanumerosi (myös kirjain), nimesi, koulutusohjelmasi, opintojakson koodi ja kokeen päivämäärä jokaiseen suorituspaperiisi.

Vakiot

Alkeisvara	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Atomimassayksikkö	$u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Coulombin vakio	$k = 8,99 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
Elektronin lepomassa	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Neutronin lepomassa	$m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Planckin vakio	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Putoamiskiihtyvyy	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
Tyhjiön permeabiliteetti	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$
Tyhjiön permittiivisyys	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
Valon nopeus tyhjiössä	$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Veden taitterroin	$n_v = 1,33$