

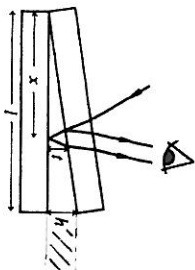
1. Tyhjiössä etenevän sähkömagneettisen aallon sähkökenttä saadaan lausekkeesta

$$\vec{E}(y, t) = -(3,10 \cdot 10^5 \frac{V}{m}) \hat{k} \sin(ky - (12,6 \cdot 10^{12} \frac{rad}{s})t).$$

a) Määritä aallon etenemissuunta, taajuuus ja aallonpituus.

b) Määritä aaltokulku k ja magneettikentän \vec{B} lauseke.

2. Kaksi lasilevyä, joiden pituus $l = 10,0$ cm, ovat kontaktissa toisinsa toisista päistään, ja toisten päiden väliin on asetettu hyvin ohut paperi. (Oheisessa kuvassa lasilevyjen välistä rakoa on tarkoitukseksi hioideltu.) Levyjä valaistaan yhdeltä monokromaattisella valolla, jonka aallonpituus λ on $\lambda_0 = 500,0$ nm. Syntyneessä interferenssikuviossa nähdään senttimetrin matkalla 12 tummaa viivaa. Laske paperin paksuus h .



3. Elektronisäde, jossa katkilla elektronilla on sama energia 188 eV, osuu kohtisuoraan kiteisen aineen pintaan, jolloin elektronit siroavat aineen pinta-atomeista. Toisen kerätalvun ($m = 2$) intensiteetin maksimi syntyy kulmassa $\theta = 60,6^\circ$ pinnan normaaliin nähden.

a) Laske pintakerroksessa olevien atomien välinen etäisyys. (4 p.)

b) Havaitaanko muita intensiteetin maksimeja? Jos havaitaan, niin missä kulmissa ne ovat. (2 p.)

4. a) Selitä lyhyesti Bohrin atomimalli.

b) Laske vetyatomin, jonka perustilan energia $E_1 = -13,60$ eV, viivaspektrin viivojen palkat näkyvän valon alueella ($\lambda = 400 - 700$ nm).

5. a) Selitä lyhyesti (kutakin kahdella virkkeellä), mitä tarkoitetaan α -, β - ja γ -säteilyllä ja miten ne syntyvät.

b) Arkeologisissa kalvauksissa löydetty luunäyte sisältää 650 mg hiiltä, jonka β -aktiivisuus on 190 hajoamista tunnissa. Mikä on luunäytteen ikä? Oleta, että näytteen syntymekellä aktiivisuus oli 0,255 Bq hiiligrammaa kohti. Hiilen aktiivisen isotoopin ^{14}C :n puoliintumisaika on 5730 vuotta.

Merkittise opiskelijanumerosi (myös kirjain), nimesi, koulutusohjelmasi, opintokokson koodi ja kokeen päivännäätä jokaiseen suorituspaperisi.

Vakiot

Alkeisvara	$e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C
Atomimassayksikkö	$u = 1,66 \cdot 10^{-27}$ kg
Avogadron vakio	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol $^{-1}$
Coulombin vakio	$k = 8,99 \cdot 10^9$ N·m 2 /C 2
Elektronin lepomassa	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg
Neutronin lepomassa	$m_n = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg
Planckin vakio	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js
Putoamiskiihtyvyyys	$g = 9,81$ m/s 2
Tyhjiön permeabiliteetti	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A 2
Tyhjiön permittiivisyys	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m
Valon nopeus tyhjiössä	$c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s

Kaavat

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

$$y(x, t) = y_{max} \cos(kx - \omega t) \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \omega = 2\pi f \quad v = \lambda f$$

$$E_{max} = cB_{max} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 \quad u_B = \frac{1}{2} B^2$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} \quad S_{av} = I = \frac{P_{av}}{A} = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{max}^2 \quad P_r = \frac{I}{c} \quad n = \frac{c}{v}$$

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

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

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

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

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

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

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \Delta x \Delta p_x \geq \hbar \geq \frac{\hbar}{2\pi} \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar \quad U(r) = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}$$

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

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

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

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

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

$$E_n = -Z^2 \frac{13,60 \text{ eV}}{n^2} \quad |\mu_{sz}|_p = 2,7928 \mu_n \quad \mu_n = \frac{e\hbar}{2m_p} \quad r = 1,2 \text{ fm} \cdot A^{1/3} \quad E_B = (ZM_H + Nm_n - \frac{1}{2} M)^2 c^2 \quad Q = (M_A + M_B - M_C - M_D) c^2$$

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