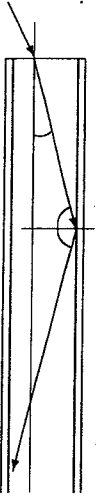
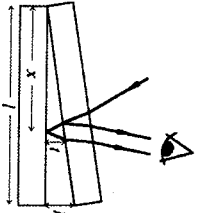


Optinen kuitu koostuu yhdistelmästä (taitekerroin $n_2 = 1,530$) ja sitä ympäröivästä vaipasta (taitekerroin $n_1 = 1,520$). Laske hitaimin ja nopeimmin kuitun yhdistelmä edenneen säteen välisen alkaero 1,0 km:n pituisessa optisessa kuidussa (ks. oikeinen kuva). Kuidun yhdistöosan halkaisija on 70,0 μm .



2. Kaksi lasilevyä, joiden paksuus $l = 10,0$ cm, ovat kontaktissa toistensa päristään, ja toisten pään väliin on asetettu hyvin ohut paperi. (Oikeisessa kuvassa lasilevyjen välistä rako on tarkoituksella hioiteltu.) Levyyä valaistaan yhdeltä monokromaattisella valolla, jonka aallonpituus ilmassa on $\lambda_0 = 500,0$ nm. Synnyneessä interferenssikuviossa nähdään senttimetrin matkalla 12 tummaa viivaa. Laske pöpein paksuus h .



3. Elektronisäde, jossa kaikilla elektroneilla on sama energia 188 eV, osuu kohisuoraan kiteiseen aineen pintaan, jolloin elektronit siroavat aineen pinta-atomeista. Toisen ker-taluvun ($m = 2$) intensiteetin maksimi syntyy kulmassa $\theta = 60,6^\circ$ pinnan normaalin nähden.

a) Laske pintaatomikesä olevien atomien vähenn etäisyys. (4 p.)
 b) Havaitaanko muita intensiteetin maksimeja? Jos havaitaan, niin missä kulmissa ne ovat. (2 p.)

4. a) Seltä lyhyesti (kutakin kahdella virkkeellä) atomien lähettämän sähkömagneettisen (optinen, röntgen ja gamma) säteilyn synty.

b) Näytteen lähettämän karakteristisen röntgensäteilyn K_α -viivan energia on 7,46 keV. Mikä on kyseisen alkuaineen värausluku?

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

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

Merkittise opiskelijanumerosi (myös kirjainti), nimesi, koulutusohjelmasi, opintotokson koodi ja kokeen päättämäärä jokaiseen suorituspaperisi.

Vakiot

Alkeisvaraust	$e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ 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 \cdot m 2 /C 2
Elektronin leponmassa	$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg
Planckin vakio	$h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js
Putoamiskiihtyvyyt	$g = 9,81$ m/s 2
Tyhjiön permeabiliteetti	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ N/A 2
Tyhjiön permittivisyys	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m
Valon nopeus tyhjiössä	$c = 3,00 \cdot 10^8$ m/s

Kaavat

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E_n = -Z^2 \frac{13,60 \text{ eV}}{n^2} \quad |\mu_{sz}|_p = 2,7928 \mu_n \quad \mu_n = \frac{e\hbar}{2m_p} \quad Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2$$

$$r = 1,2 \text{ fm} \cdot A^{1/3} \quad E_B = (ZM_H + N\pi m_n - \frac{1}{2}M)c^2$$

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