TTY/Fysiikan laitos

FYS-1130 Insinöörifysiikka II teoria + laboratorioharjoitukset (Au + Mat)
FYS-1101 Insinöörifysiikka II, Ti

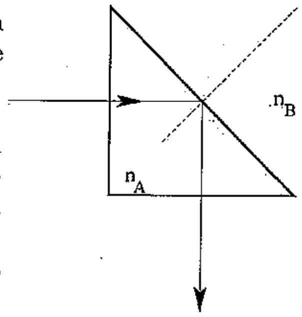
Välikoe (teht. *1-5*), Tentti (teht. 3-7), tai molemmat (teht. 1-7), 16.05.2014
Kirjoitusvälineiden lisäksi funktiolaskin on sallittu.

Merkitsethän vastauspaperiisi oletko tehnyt välikokeen, tentin vai molemmat!

1. Eräässä materiaalissa *seisovalla sähkömagneettisella aallolla* on taajuus $2.20 \times 10^{10} Hz$. Magneettikentän **B** nodaalitasojen (solmukohtien) etäisyys toisistaan on $3.55mm$. Mikä on (a) aallon aallonpituus tässä materiaalissa; (b) entä aallon etenemisnopeus; (c) Mikä on materiaalin taitekerroin? (d) Sähkökentän amplitudi on 1.0kV/m, mikä on magneettikentän amplitudi?

2. Elektroni kiihdytetään nopeuteen $0.9c$. (a) Laske elektronin suhteellisuusteoreettinen liikemäärä, (b) elektronin deBroglien aallonpituus, (c) elektronin lepomassaenergia, ja (d) elektronin kineettinen energia. (e) Millainen jännite tarvitaan elektronin kiihdyttämiseksi tähän nopeuteen?

3. Periskoopissa valonsäde kulkee prisman läpi kokonaisheijastuen lasin (taitekerroin $n_A = 1.52$) ja ilman ($n_B = 1.00$) rajapinnalla kuvan mukaisesti. (a) Mikä on sisäisen kokonaisheijastuksen kriittinen kulma lasin ja ilman rajapinnassa. Perustele, miksi prisma toimii peilinä, kun valonsäde tulee 45° kulmassa rajapintaan. (b) Entä jos periskooppi vuotaa, ja prisman ympärillä onkin vettä (taitekerroin 1.33)? Mikä on lasin ja veden rajapinnan kokonaisheijastuksen kriittinen kulma? Toimiiko periskooppi edelleen?



Tehtävä 3.

4. (a) Erästä nanorakennetta mallinnetaan yksiulotteisena potentiaalikaivona, jonka leveys on L. Virittyessään tilalta $n = 1$ tilalle $n = 3$ rakenteessa oleva elektroni absorboi fotonin, jonka aallonpituus on $300nm$. Mitä aallonpituuksia emittoituu, kun elektroni putoaa tilalta $n = 3$ tilalle $n = 2$ ja edelleen tilalta $n = 2$ tilalle $n = 1$? Ovatko nämä näkyvää valoa ja jos ovat, mitä väriä?
(b) Molekyyli absorboi fotonin, jonka aallonpituus on $3.0cm$. Jos absorptio liittyy pyörimisliikkeen virittymiseen tilalta $l = 0$ tilalle $l = 1$, mikä on molekyylin hitausmomentti?

5. Supernopea relativistinen pikaratikka kulkisi Mikontalon ja Hakametsän hallin välisen matkan ($6.0km$) nopeudella $0.9c$ (muutama tekninen probleema ratkaistava ensin). (a) Paljonko ratikalta kuluu matkaan aikaa Jäähalliin kiinnitetyssä koordinaatistossa? (b) Paljonko aikaa kuluu ratikalla matkustajan mielestä? (c) Kuinka pitkältä matka näyttää ratikkamatkustajan näkökulmasta? (d) Sammon valtatien risteyksessä liikennevalo on vihreä ($\lambda = 520nm$), kun ratikka ohittaa valon. Minkä värisenä matkustaja näkee *loittonevan* valon vai näkeekö hän sitä?

ultravioletti	<	400nm
violetti	400nm	440nm
sininen	440nm	480nm
vihreä	480nm	560nm
keltainen	560nm	590nm
oranssi	590nm	630nm
punainen	630nm	700nm
infrapunainen	>	700nm

Näkyvän valon aallonpituudet

6. Eristepallossa ($R = 0.160m$) on tasainen varaustiheys $\rho = +7.20 \times 10^{-9} C/m^3$. (a) Johda Gaussin lakia käyttäen lausekkeet sähkökentälle etäisyydellä r pallon keskipisteestä sekä pallon sisä- että ulkopuolella. (b) Aivan pallon ulkopinnalle tuodaan pistevaraus $q = 3.40 \times 10^{-6} C$. Paljonko kenttä tekee työtä pistevaraukseen, kun tämän annetaan karata hyvin kauas (käytännössä äärettömyyksiin) eristepallosta?

7. **Ristikkäiset kentät E ja B.** Varattu hiukkanen ($q = +0.640$nC) saapuu alueeseen jossa on toisiaan vastaan kohtisuorat tasaiset sähkö- ja magneettikentät. Magneettikenttä on muotoa $\mathbf{B} = -(1.35\mathrm{T})\hat{\mathbf{k}}$ ja sähkökenttä $\mathbf{E} = (7.5\mathrm{V/m})\hat{\mathbf{i}}$. (a) Millä nopeudella ja mihin suuntaan on hiukkasen kuljettava, jotta sen nopeus pysyisi vakiona? (b) Miten vastaus muuttuu, kun varaus on $q = -0.320$nC.

Vakioita:
$g = 9.80\mathrm{m/s^2}$, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \mathrm{C^2/N \cdot m^2}$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \mathrm{T \cdot m}/A$ ja $e = 1.602 \times 10^{-19}$C. $1\mathrm{eV} = 1.602 \times 10^{-19}$J. $c = 3.0 \times 10^8$m/s, elektronin massa $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$kg, protonin massa $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$kg, $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34}$Js, $h = 6.626 \times 10^{-34}\mathrm{Js} = 4.136 \times 10^{-15}\mathrm{eV \cdot s}$.
Matemaattisia kaavoja: $sin^2(\alpha) + cos^2(\alpha) = 1$,
Pallon pinta-ala $A = 4\pi r^2$, pallon tilavuus $4\pi r^3/3$. Ympyrän kehän pituus $l = 2\pi r$ ja ympyrän pinta-ala $A = \pi r^2$.

Ohessa sekalainen kokoelma kaavoja, joista voi olla hyötyä. Huomaa, että kaikki kaavat eivät ole yleispäteviä vaan soveltuvat vain erikoistapauksiin

KÄÄNNÄ

$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\,\hat{r}$ $\quad \vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$ $\quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r^2}\,\hat{r}$ $\quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int \frac{dq}{r^2}\,\hat{r}$

$p = qd \quad \vec{\tau} = \vec{p}\times\vec{E} \quad U = -\vec{p}\cdot\vec{E} \quad U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq_0}{r} \quad V = \frac{U}{q_0} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{q}{r} \quad V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}\int\frac{dq}{r}$

$V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{l} \quad E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z} \quad E_r = -\frac{\partial V}{\partial r} \quad C = \frac{Q}{V} \quad C = \epsilon_0\frac{A}{d}$

$U = \frac{Q^2}{2C} \quad u_E = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 \quad C = KC_0 \quad \epsilon = K\epsilon_0 \quad I = \frac{dQ}{dt} \quad J = \frac{I}{A} \quad \vec{J} = nq\vec{v}_d \quad \oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{enc}$

$$\oint \mathbf{E}\cdot d\mathbf{A} = \frac{Q_{enc}}{\epsilon_0}, \quad \oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{A} = 0, \quad \oint \mathbf{B}\cdot d\mathbf{l} = \mu_0\left(I_{enc} + \epsilon_0\frac{d\Phi_E}{dt}\right), \quad \oint \mathbf{E}\cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{tai } \mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt})$$

$\Phi_E = \int \vec{E}\cdot d\vec{A} \quad \Phi_B = \int \vec{B}\cdot d\vec{A}$

$\vec{E} = \rho\vec{J} \quad R = \frac{\rho L}{A} \quad V = IR \quad P = V_{ab}I \quad \tau = RC$

$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}) \quad \vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B} \quad \vec{F} = I\vec{l}\times\vec{B} \quad d\vec{F} = Id\vec{l}\times\vec{B} \quad \omega_c = \frac{v}{R} = \frac{|q|B}{m}.$

$\vec{\tau} = \vec{\mu}\times\vec{B} \quad U = -\vec{\mu}\cdot\vec{B} \quad \vec{\mu} = NI\vec{A} \quad \vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\hat{r}}{r^2} \quad d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,d\vec{l}\times\hat{r}}{r^2}$

$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad B = \mu_0 nI. \quad B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$

$\mathcal{E} = -L\frac{di}{dt} \quad U = \frac{1}{2}Li^2 \quad u_B = \frac{B^2}{2\mu} \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \quad \mu = K_m\mu_0.$

$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \quad E = cB \quad \vec{E}(x,t) = E_{\max}\,\hat{\jmath}\,\cos(kx-\omega t) \quad \vec{B}(x,t) = B_{\max}\,\hat{k}\,\cos(kx-\omega t)$

$u = \epsilon_0 E^2 \quad S = \epsilon_0 cE^2 \quad \vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B} \quad I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2}\epsilon_0 c{E_{\max}}^2$

$d\sin\theta = m\lambda \quad d\sin\theta = (m+\frac{1}{2})\lambda$

$v = \frac{c}{n} \quad n_a\sin\theta_a = n_b\sin\theta_b \quad \sin\theta_{crit} = \frac{n_b}{n_a} \quad \tan\theta_p = \frac{n_b}{n_a}$

$x = x' + ut \quad y = y' \quad z = z' \quad t = t' \quad v = v' + u$

$x' = \gamma(x - ut) \quad y' = y \quad z' = z \quad t' = \gamma(t - ux/c^2) \quad v' = \frac{v-u}{1-uv/c^2} \quad v = \frac{v'+u}{1+uv'/c^2}$

$\gamma = \dfrac{1}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}} \quad \Delta t = \gamma\Delta t_0 \quad l = \frac{l_0}{\gamma} \quad \dfrac{f}{f_0} = \sqrt{\dfrac{c+v}{c-v}}$ sinisiirtymä. $\quad \dfrac{f}{f_0} = \sqrt{\dfrac{c-v}{c+v}}$ punasiirtymä.

$\vec{p} = \gamma m\vec{v} \quad E = K + mc^2 \quad K = (\gamma-1)mc^2 \quad E = \gamma mc^2 \quad E = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2} \quad K = E - mc^2$

$K \approx p^2/2m$ jos $v \ll c. \quad U = qV.$

$m\lambda = d\sin\theta. \quad E = hf = h\frac{c}{\lambda} \quad E = pc \quad \lambda = h/p \quad p = h/\lambda \quad \Delta x\Delta p \geq \hbar \quad \Delta E\Delta t \geq \hbar$

$K_{\max} = hf - \phi \quad hf = E_f - E_i \quad hf = E_i - E_f \quad hf = n_f^2E_1 - n_i^2E_1 \quad \frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2})$

$-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2\psi}{dx^2} + U\psi = E\psi \quad \psi = \sqrt{2/L}\sin(n\pi x/L) \quad \int_{-\infty}^{\infty}|\psi|^2dx = 1$

$E_n = n^2\dfrac{h^2}{8mL^2} \quad E_n = (n+\frac{1}{2})\hbar\omega \quad E = -\frac{13.60\text{ eV}}{n^2} \quad E = -\frac{Z_{\text{eff}}^2 13.60\text{ eV}}{n^2} \quad E_l = l(l+1)\frac{\hbar^2}{2I}$

$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar \quad L_z = m_l\hbar \quad S = \sqrt{s(s+1)}\hbar \quad S_z = m_s\hbar$

$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$, $\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$, $x = x_0 + \int_0^t v\,dt$, $v = v_0 + \int_0^t a\,dt$, $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$, $v = v_0 + at$, $a_{rad} = \frac{v^2}{R}$, $v = \frac{2\pi R}{T}$, $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$, $\mathbf{J} = \Delta\mathbf{p}$, $\sum\mathbf{F} = m\mathbf{a}$, $\sum\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$, $\mathbf{F}_{ab} = -\mathbf{F}_{ba}$, $K = \frac{1}{2}mv^2$, $W = \mathbf{F}\cdot\Delta\mathbf{s}$, $W = \int_1^2\mathbf{F}\cdot d\mathbf{l} = -\Delta U$, $W_{tot} = \Delta K$, $J = F_{ave}\Delta t$, $\mathbf{J} = \int_{t_1}^{t_2}\mathbf{F}dt$, $K = \frac{1}{2}I\omega^2$, $\mathbf{L} = \mathbf{r}\times\mathbf{p}$, $\bar{\tau} = \mathbf{r}\times\mathbf{F}$, $L = I\omega$, $\sum\bar{\tau} = \frac{d\mathbf{L}}{dt}$,