TTY/Fysiikan laitos **FYS-1101 Insinöörifysiikka II, Au+Mat**
Välikoe (teht. *1-5*), Tentti (teht. 3-7), tai molemmat (teht. 1-7), 17.05.2013
Kirjoitusvälineiden lisäksi funktiolaskin on sallittu.
Merkitsethän vastauspaperiisi tekemäsi kokeet!

1. Seisovalla sähkömagneettisella aallolla on eräässä materiaalissa taajuus 2.20×10^{10}Hz. Magneettikentän **B** nodaalitasojen (solmukohtien) etäisyys toisistaan on 3.55mm. Mikä on (a) aallon aallonpituus tässä materiaalissa; (b) entä aallon etenemisnopeus? (c) Määritä aallon aaltoluku ja kulmataajuus. (d) Sähkökentän amplitudi on 1.0kV/m, mikä on magneettikentän amplitudi? (e) Millä etäisyydellä sähkökentän solmukohdat ovat magneettikentän solmukohdista?

2. Alumiinille mitataan valosähköistä ilmiötä: Kun pintaa säteilytetään eri aallonpituuksisella (λ) valolla, pinnasta lähtevien elektronien pysäyttämiseen tarvitaan kullekin aallonpituudelle eri pysäytyspotentiaali (V). Mittaustuloksena saadaan sarja $\lambda = 234$nm, $V = 1.0$V;$\lambda = 197$nm, $V = 2.0$V; $\lambda = 169$nm, $V = 3.0$V;
(a) Piirrä pinnasta irtoavien elektronien kineettinen energia (maksimi) taajuuden funktiona.
Määritä kuvaajasta (graafisesti tai analyyttisesti) (b) valosähköinen kynnystaajuus. (c) Voidaanko näkyvällä valolla irrottaa elektroneja alumiinista ja jos voi, minkä värisillä? Määritä myös (d) alumiinin työfunktio, (e) Planckin vakio.

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

\ *3.* Optinen kuitu koostuu ytimestä jolla on taitekerroin $n_B = 1.62$ ja kuoresta, jonka taitekerroin on $n_A = 1.52$. Oletetaan vielä, että ytimen paksuus on $10\mu m$ ja signaalia kantavan sähkömagneettisen aallon taajuus on 2.0×10^{14}Hz. (a) Signaali kulkee kuidun ytimessä. Mikä on kokonaisheijastuksen kriittinen kulma ytimen ja kuoren rajapinnassa? (b) Mikä on aallon nopeus valokuidun ytimessä? (c) Mikä on sen aallonpituus? (d) Mikä on ytimen dielektrisyyskerroin olettaen, että sen (magneettinen) permeabiliteetti on yksi?

\ *4.* Elektronidiffraktiokokeessa elektronit kiihdytetään 188V:n jännitteellä. (a) Mikä on elektronien saama liike-energia jouleina? (b) Laske elektronien liikemäärä klassisesti. Mikä on vastaava de Broglien aallonpituus? (c) Elektronit törmäävät kohtisuoraan näytteen pintaan. Niiden diffraktiokuvion kertaluvun $m = 2$ maksimi näkyy suunnassa $\theta = 60.6°$. Mikä on pinnan atomien välinen etäisyys?

5. Oletetaan maailmankaikkeudessa tapahtuvan nyrjähdys, jonka ansiosta valonnopeus on $c = 30.0$km/h, eikä mikään nopeus voi ylittää tätä. Oletetaan myös, että suhteellisuusteoria pitää edelleen paikkansa, mutta nyt kaikki nopeudet vertautuvat uuteen valonnopeuteen.
Ja sitten itse tehtävään: Pyörämatkan pituus TTY:ltä Lempäälään on 20.0km mitattuna koordinaatistossa joka on maan suhteen levossa. Kohtalaisesti ponnistellen pyöräilijä ajaa matkan keskivauhdilla 20km/h.
(a) Kaverisi polkee tuollaisella vauhdilla TTY:ltä Lempäälään, kääntyy samantien takaisin ja palaa samalla vauhdilla samaa reittiä TTY:lle. Kauanko jouduit odottamaan häntä TTY:llä? Kuinka kauan matka kaverisi mittaamana kesti?
(b) Kuinka pitkä oli matka TTY:ltä Lempäälään pyörän koordinaatistossa mitattuna?

6. Mikäli sähkökenttä kuivassa ilmassa ylittää arvon $E_{max} = 3.0 \times 10^6$V/m tapahtuu läpilyönti. Tarkastele metallipuikkoa jolla on pallon muotoinen kärki (säde R). (a) Miten sähkökenttä johdepallon pinnalla riippuu pallon varauksesta ja säteestä? Perustele käyttäen *Gaussin lakia.* (b) Jos kärjen säde $R = 1.0$mm ja kenttä pallon pinnalla on E_{max}, mikä on metallipallon varaus ja pintavaraustiheys? Entä mikä on sen sähköinen potentiaali (verrattuna etäisyyteen $r = \infty$)?

7. **Ristikkäiset kentät E ja B.** Varattu hiukkanen saapuu vakioalkunopeudella $\mathbf{v}_0 = (5.85 \times 10^3\text{m/s})\hat{\jmath}$ alueeseen jossa on toisiaan vastaan kohtisuorat tasaiset sähkö- ja magneettikentät. Magneettikenttä on muotoa $\mathbf{B} = -(1.35\text{T})\hat{\mathbf{k}}$. Jotta hiukkasen nopeus pysyisi kentässä vakiona, kuinka suuri ja minkä suuntainen on oltava sähkökentän, kun varauksen suuruus on (a) $+0.640$nC ja (b) -0.320nC. Miksi hiukkasen massalla ei ole merkitystä.

Vakioita:
$g = 9.80\text{m/s}^2$, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}\text{C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\text{T}\cdot\text{m}/A$ ja $e = 1.602 \times 10^{-19}$C. 1eV $= 1.602 \times 10^{-19}$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, $h = 6.626 \times 10^{-34}$Js $= 4.136 \times 10^{-15}$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

käännä →

$A = \pi r^2$.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\vec{p} = \gamma m\vec{v}$ $\quad E = K + mc^2$ $\quad K = (\gamma - 1)mc^2$ $\quad E = \gamma mc^2$ $\quad E = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2}$ $\quad K = E - mc^2$ $\quad K \approx p^2/2m$ jos $v \ll c$. $\quad U = qV$.

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

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

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

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

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

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