FYS-1110 Insinöörifysiikka IIa, TiTe+TLE, Tentti+ välikoe 2., 19.5. 2009
merkitse koepaperiin, oletko tehnyt välikokeen, tentin vai molemmat
Välikoetehtävät: **1 - 5**; Tenttitehtävät **3-7**.

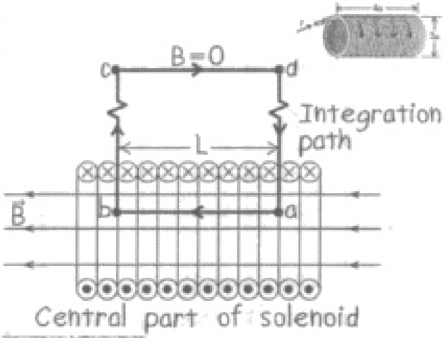
1. Kondensaattori ($C = 12.5\mu F$) kytketään jännitelähteeseen, joka pitää kondensaattorilevyjen välisen jännite-eron vakiona, $24.0V$. (a) Levyjen välinen etäisyys on $3.0mm$ mikä on levyjen välinen sähkökenttä? Mikä on positiivisen levyn varaus?
(b) Kytketään kondensaattori irti jännitelähteestä, ja **pidetään varaus vakiona.** Levyjen välisen tilan kokonaan täyttävä eristekappale, jonka dielektrisyyskerroin on 3.75 sijoitetaan levyjen väliin. Mikä on levyjen välinen jännite nyt? Entä kondensaattorin kapasitanssi?

2. Oheisessa Young & Freedmanin kuvassa on esitetty suoran solenoidin poikkileikkaus ja integrointireitti $a \to b \to c \to d \to a$, jota pitkin voidaan laskea solenoidin sisällä (keskiosissa) oleva magneettikenttä (Pikkukuvassa näet, miltä suora solenoidi näyttää).

(a) Tutki jokaista integrointireitin osuutta erikseen ja perustele, miksi

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = BL$$

(b) Jos kelassa on n kierrosta pituusyksikköä kohti ja siinä kulkee virta I osoita, että kelan sisällä on magneettikenttä $B = \mu_0 nI$.



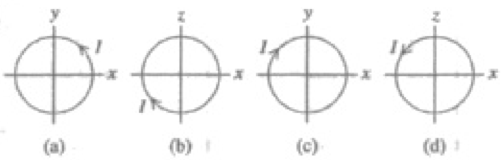
Tehtävä 2.

(c) Solenoidissa on kierrostiheys 900 kierrosta/metri, ja sen säde on $2.5cm$. Jos solenoidissa kulkee virta $5.0A$, mikä on magneettikentän voimakkuus solenoidin sisällä? Entä mikä on solenoidin läpi kulkeva magneettikentän vuo?

3. Sähkömagneettisella aallolla (näkyvää valoa) on aallonpituus $450nm$ ja se etenee tyhjössä suuntaan $-z$. Aallon polarisaatio (sähkökentän suunta) on positiiviseen x-suuntaan, ja sähkökentän amplitudi on $2.70 \times 10^{-3} V/m$. Määritä aallolle seuraavat asiat: (a) Aallon taajuus, (b) magneettikentän amplitudi ja suunta, (c) Kirjoita vektorimuotoiset lausekkeet kentille $\mathbf{E}(z,t)$ ja $\mathbf{B}(z,t)$.

4. Mikroaaltouunissa tuotetaan magneettikentässä liikkuvilla elektroneilla sähkömagneettisia aaltoja, joiden taajuus on $f = 2450Hz$. (a) Kuinka voimakas magneettikenttä tarvitaan tuon taajuuden aikaansaamiseksi? (b) Jos elektronien halutaan kieppuvan ympyränmuotoista rataa, jonka säde on $1.0cm$, kuinka suurella vauhdilla elektronien on kyseisessä magneettikentässä liikuttava?

5. Kuvassa on ympyränmuotoisia virtasilmukoita, jotka ovat pinta-alaltaan $A = 1.0cm^2$ ja niissä kulkee virta $I = 1.0A$.
(a) Kirjoita kullekin silmukalle magneettisen momentin suunta ja suuruus. Yksinkertaisimmin voit vain kirjoittaa momentin vektorimuodossa.



(b) Silmukat ovat tasaisessa positiivisen y-akselin suuntaisessa vakiomagneettikentässä jonka voimakkuus on $B = 1.0T$. Määritä silmukan magneettisen momentin potentiaalienergia kussakin kuvan tapauksessa.

6. Kitaran kielen tuottama ääni. Yksi kitaran $63.5cm$:n pituisista kielistä on viritetty korkeuteen B_3 eli taajuuteen $245Hz$. Tällöin se tietenkin värähtelee perustaajuudellaan. (a) Määritä kielessä kulkevien poikittaisten aaltojen nopeus. (b) Jos äänen nopeus ympäröivässä ilmassa on $344m/s$, mikä on perustaajuudella värähtelevän kielen aiheuttaman äänen taajuus ja aallonpituus ilmassa? (c) Jos kielen kireyttä kasvatetaan 1%, mikä on kielen uusi perustaajuus?

KÄÄNNÄ

7. Laivan kaikuluotainsysteemin äänilähde toimii taajuudella 22.0 kHz. Ääni etenee vedessä (20 °C) nopeudella 1482 m/s. (a) Mikä on luotaimen lähettämän äänen aallonpituus? (b) Jos laiva on paikallaan ja valas ui laivaa kohti nopeudella 4.95 m/s, minkä taajuisena valas aistii luotaimen lähettämän äänen (c) Mikä on taajuus, jolla kaikuluotain ottaa vastaan valaasta heijastuneen äänen?

Vakioita:
$g = 9.80m/s^2$, $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}C^2/N \cdot m^2$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}T \cdot m/A$ 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 $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}kg$

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

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

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\kappa}{I}}\ ,\quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}\ ,\quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}}\ ,\quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{mgd}{I}},$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \qquad f_L = \frac{v + v_L}{v + v_S} f_S.$$

$y = A\cos(kx - \omega t)$, $y = A\cos(kx + \omega t)$, $v = \sqrt{F/\mu}$, $y(x,t) = (A_{sw}\sin kx)\sin\omega t$. $\quad v = \lambda f \quad v = \omega/k$.

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

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

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

$U = \frac{Q^2}{2C} \quad u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 \quad C = KC_0 \quad \epsilon = K\epsilon_0 \quad I = \frac{dQ}{dt} \quad J = \frac{I}{A} \quad \vec{J} = nq\vec{v}_d$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I_{enc}$$

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

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

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

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

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

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

$\mathcal{E} = -L\frac{di}{dt} \quad U = \frac{1}{2}Li^2 \quad u = \frac{B^2}{2\mu}$

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

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