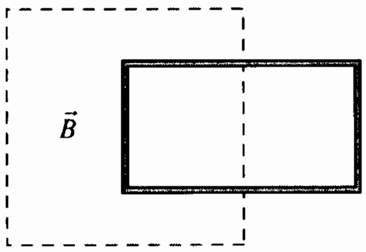
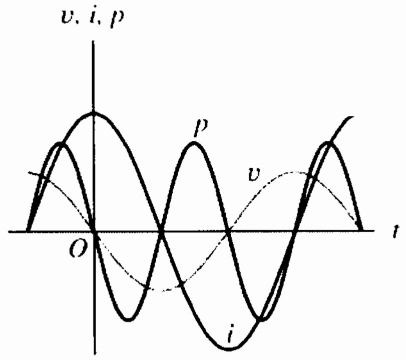
Vastaa kaikkiin tehtäviin 1-6.

1. Vastaa molempiin kohtiin (a) ja (b).

   (a) Johdinsilmukka asetetaan magneettikenttään oheisen kuvan mukaisesti. Magneettikenttä rajoittuu katkoviivalla merkityn alueen sisälle ja sen suunta on merkitty kuvaan. Oletetaan, että magneettikentän vuontiheys alkaa yhtäkkiä kasvaa tasaisesti. Mitä silmukalle tapahtuu? Perustele. (5p)



   (b) Oheisessa kuvaajassa on esitetty erään vaihtovirtapiiriin kytketyn komponentin päiden välinen jännite (v), virta (i) ja komponentissa kuluva teho (p) ajan funktiona. Mikä komponentti on kyseessä? Perustele. (5p)

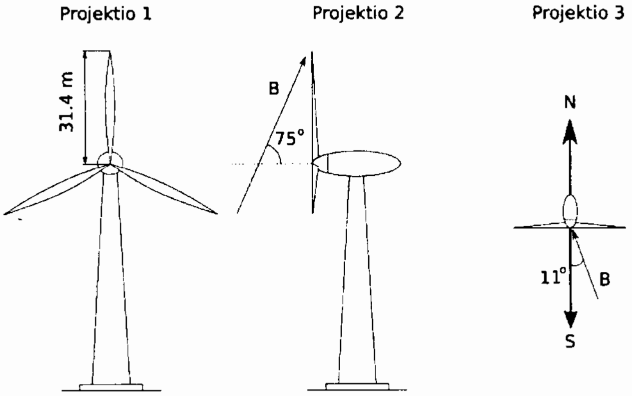


2. Tarkastellaan kahta ionosfäärissä liikkuvaa elektronia a ja b. Olkoon niiden nopeudet $v_a = 3 \cdot 10^6$ m/s itään ja $v_b = 1 \cdot 10^6$ m/s pohjoiseen. Laske elektronien toisiinsa kohdistamat voimat hetkellä, jolloin b on $1.0 \cdot 10^{-9}$ metrin päässä a:sta suoraan pohjoiseen (Vihje: kiinnitä koordinaatisto siten, että a on origossa jolloin b on y-akselilla). (10p)

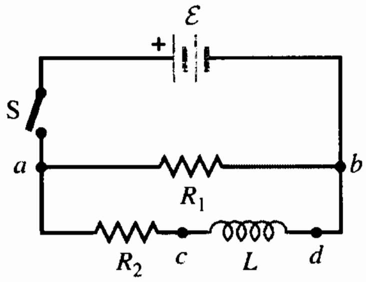
3. Tarkastellaan kolmilapaista tuulivoimalaa (ks. projektiot kuvassa), jonka lavan pituus on 31.4 m. Oletetaan, että roottori pyörii 20 kierrosta minuutissa.

   (a) Kuinka suuri jännite indusoituu lavan kärjen ja navan (generaattorin) välille kun Maan magneettikentän voimakkuus on 30 μT? Maan pinnan ja magneettikentän välinen kulma (inklinaatio) on 75 astetta. Roottorin pyörimistaso on kohtisuorassa pohjois-etelä (N-S) linjaa vastaan ja magneettikenttävektorin poikkeama pohjois-etelä linjasta (deklinaatio) on 11 astetta. (5p)

   (b) Oletetaan, että lavan kärjen ja navan välinen resistanssi on 10 μΩ. Kuinka suuri on tuulivoimalan pyörimistä vastustava sähkömagneettisesta induktiosta johtuva kokonaisvoima? (5p)



4. Kuvion piirissä $\varepsilon = 125$ V, $R_1 = 30\ \Omega$, $R_2 = 50\ \Omega$ ja $L = 0.200$ H. Olkoot I_1 ja I_2 virrat vastusten R_1 ja R_2 läpi. Katkaisija S on aluksi auki.



   (a) Laske I_1 ja I_2 heti katkaisijan S sulkemisen jälkeen. (2.5p)

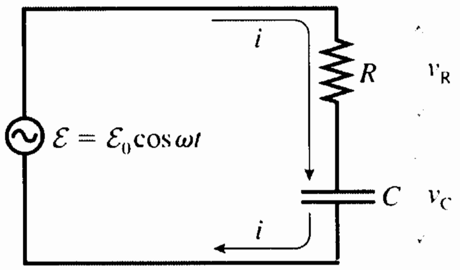
   (b) Laske I_1 ja I_2 kauan katkaisijan S sulkemisen jälkeen. (2.5p)

   (c) Virtojen tasaannuttua (b-kohdan mukaisesti) katkaisija S avataan. Laske I_1 ja I_2 heti katkaisijan S avaamisen jälkeen. (2.5p)

   (d) Määritä virtojen I_1 ja I_2 aikariippuvuus katkaisijan S avaamisesta mitatun ajan funktiona. (2.5p)

5. Pihtiputaalla asuva mummo (mummo A) ostaa Viitasaarella asuvan kaverinsa (mummo B) kanssa samanlaiset radiovastaanottimet käydessään kauppareissulla Tallinnassa. Päästyään kotiinsa Pihtiputaalle mummo A virittää vastaanottimen radio Jyväskylän taajuudelle 102.5 MHz. Pettymys on suuri kun radiosta ei kuulu mitään. Asiasta suivaantuneena mummo A tarttuu puhelimeen ja soittaa mummolle B Viitasaarelle kysyäkseen kärsiikö tämä samasta ongelmasta. Mummo B kertoo, että hänen kotonaan radio Jyväskylä kuuluu ongelmitta. Mummot päättävät yhteistuumin perehtyä asiaan tarkemmin ja löytävät radiovastaanottimen ohjekirjasta tekstin: "*Lähetys on kuultavissa vain jos radioaaltojen sähkökentän amplitudi ylittää* 1.1 mV/m". Mitä voit päätellä radio Jyväskylän lähettimen tehosta? Oleta, että Jyväskylässä sijaitseva lähetin lähettää tasaisesti kaikkiin suuntiin. (10p)
Välimatkoja: Jyväskylä - Pihtipudas (mummo A) 140 km, Jyväskylä - Viitasaari (mummo B) 100 km.

6. Oheisessa kuvassa on esitetty vaihtojännitelähteeseen kytketty RC-piiri.
(a) Hahmottele jännitteiden v_R ja v_C kuvaajat (kulma)taajuuden ω funktiona. (5p)
(b) Selitä miten oheista kytkentää voidaan hyödyntää alipäästösuotimena. (5p)



$$\vec{E}=\frac{\vec{F}_0}{q_0}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r} \qquad E=\frac{\eta}{2\varepsilon_0}$$

$$\vec{p}=q\vec{s} \qquad \vec{\tau}=\vec{p}\times\vec{E} \qquad U=-\vec{p}\cdot\vec{E}$$

$$\Phi_e=\oint_A \vec{E}\cdot d\vec{A}=\frac{Q_{\text{in}}}{\varepsilon_0}$$

$$V=\frac{U}{q_0}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r}$$

$$\Delta V=V_b-V_a=-\int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{s} \qquad E=\frac{\Delta V}{d}$$

$$\vec{E}=-\left(\hat{i}\,\frac{\partial V}{\partial x}+\hat{j}\,\frac{\partial V}{\partial y}+\hat{k}\,\frac{\partial V}{\partial z}\right)=-\vec{\nabla}\,V$$

$$C=\frac{Q}{\Delta V}=\varepsilon_0\frac{A}{d} \qquad \varepsilon=\kappa\varepsilon_0$$

$$U_C=\frac{Q^2}{2C}=\tfrac{1}{2}C(\Delta V)^2 \qquad u=\tfrac{1}{2}\varepsilon_0E^2$$

$$I=\frac{dQ}{dt}=nev_dA \qquad \vec{J}=ne\vec{v}_d$$

$$J=\sigma E \qquad \rho=\frac{1}{\sigma} \qquad R=\rho\frac{L}{A}$$

$$\Delta V=RI \qquad \Delta V_{\text{P}}=\mathcal{E}-Ir$$

$$P_{\text{R}}=I^2R=\frac{\Delta V_{\text{R}}^{\ 2}}{R} \qquad P_{\text{P}}=I\,\Delta V_{\text{P}}$$

$$Q(t)=C\,\mathcal{E}(1-e^{-t/RC}) \qquad I(t)=I_0\,e^{-t/\tau}$$

$$Q(t)=Q_0e^{-t/RC}=Q_0e^{-t/\tau}$$

$c = 2.9979 \times 10^8$ m/s
$e = 1.6022 \times 10^{-19}$ C
$\varepsilon_0 = 8.8542 \times 10^{-12}$ F/m
$(4\pi\varepsilon_0)^{-1} = 8.9876 \times 10^{9}$ Nm^2/C^2
$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m
$u = 1.66054 \times 10^{-27}$ kg = 931.49 MeV/c^2
$m_e = 9.1094 \times 10^{-31}$ kg = 0.51100 MeV/c^2
$m_p = 1.6726 \times 10^{-27}$ kg = 938.3 MeV/c^2
$m_n = 1.6749 \times 10^{-27}$ kg = 939.6 MeV/c^2
$h = 6.6261 \times 10^{-34}$ Js = 4.1357×10^{-15} eVs
R = 8.3145 J mol^{-1} K^{-1}
$N_A = 6.0221 \times 10^{23}$ mol^{-1}
$k = 1.3807 \times 10^{-23}$ J K^{-1}
$G = 6.673 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2

$$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\,\vec{v}\times\hat{r}}{r^2} \qquad d\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}I\,\frac{d\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$$

$$B=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r} \qquad B=\mu_0nI$$

$$B=\frac{\mu_0}{2}\frac{IR^2}{(z^2+R^2)^{3/2}} \qquad B=\frac{\mu_0}{2}\frac{NI}{R}$$

$$\oint_l \vec{B}\cdot d\vec{s}=\mu_0I_{enc} \qquad \vec{B}=\kappa_m\vec{B}_0$$

$$\vec{F}=q\vec{E}+q\vec{v}\times\vec{B} \qquad \Phi_m=\oint\vec{B}\cdot d\vec{A}=0$$

$$R=\frac{mv}{qB} \qquad f=\frac{qB}{2\pi m} \qquad \Delta V_{\text{Hall}}=\frac{IB}{tne}$$

$$d\vec{F}=I\,d\vec{s}\times\vec{B} \qquad \frac{dF}{ds}=\frac{\mu_0I_1I_2}{2\pi d}$$

$$\vec{\mu}=I\vec{A} \qquad \vec{\tau}=\vec{\mu}\times\vec{B} \qquad U=-\vec{\mu}\cdot\vec{B}$$

$$\mathcal{E}=-\frac{d\Phi_m}{dt}=\oint(\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{s}=\oint\vec{E}\cdot d\vec{s} \qquad \mathcal{E}=vBl$$

$$V_2/V_1=N_2/N_1 \qquad V_1I_1=V_2I_2$$

$$L=\frac{\Phi_B}{I} \qquad \mathcal{E}=-L\frac{dI}{dt}$$

$$M=\frac{\Phi_{m2}}{I_1}=\frac{\Phi_{m1}}{I_2} \qquad \mathcal{E}_2=-M\frac{dI_1}{dt}$$

$$U=\tfrac{1}{2}LI^2 \qquad u_B=B^2/2\mu_0$$

$$\omega=1/\sqrt{LC} \qquad \omega'=\sqrt{1/LC-R^2/4L^2}$$

$$I=I_0e^{-t/\tau} \qquad I=\frac{\mathcal{E}}{R}(1-e^{-t/\tau}) \qquad \tau=L/R$$

$$I_D=\varepsilon_0\frac{d\Phi_e}{dt} \qquad \oint\vec{B}\cdot d\vec{s}=\mu_0(I_C+I_D)_{enc}$$

$$E=cB \qquad c=1/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0} \qquad n=c/v$$

$$u=\varepsilon_0E^2 \qquad \vec{S}=\frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}$$

$$I=S_{av}=\frac{E_0B_0}{2\mu_0} \qquad \frac{1}{A}\frac{dp}{dt}=\frac{S}{c}=\frac{EB}{\mu_0c}$$

$$p_{rad}=\frac{S_{av}}{c}=\frac{I}{c} \qquad p_{rad}=\frac{2S_{av}}{c}=\frac{2I}{c}$$

$$i=I\cos(\omega t) \qquad v=V\cos(\omega t+\phi)$$

$$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}=\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\tan\phi=\frac{\omega L-1/\omega C}{R} \qquad V=IZ$$

$$P_{av}=\tfrac{1}{2}VI\cos\phi=V_{\text{rms}}I_{\text{rms}}\cos\phi$$