

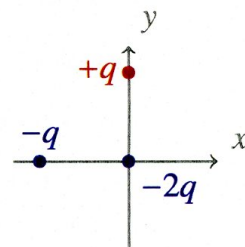
Vastaa tehtäviin 1–3, jos teet 1. välikokeen. Perustele vastauksesi lyhyesti.

Sallittu oheismateriaali: taskulaskin (myös ohjelmoitavat ja graafiset laskimet käyvät).

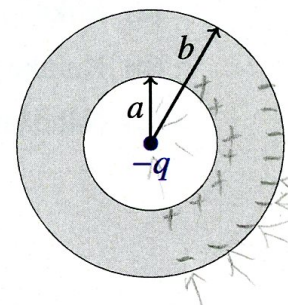
Palauta vähintään yksi nimelläsi varustettu konsepti. Palauta **kaikki** saamasi yliopiston konseptiarkit – myös tyhjät ja suttupaperit. Tehtäväpaperin saat pitää.

1. Vastaa seuraaviin kysymyksiin lyhyesti ja kattavasti. Jos kirjoitat vastauksen kaavana, selitä kaava. Jokainen kohta on kahden pisteen arvoinen.

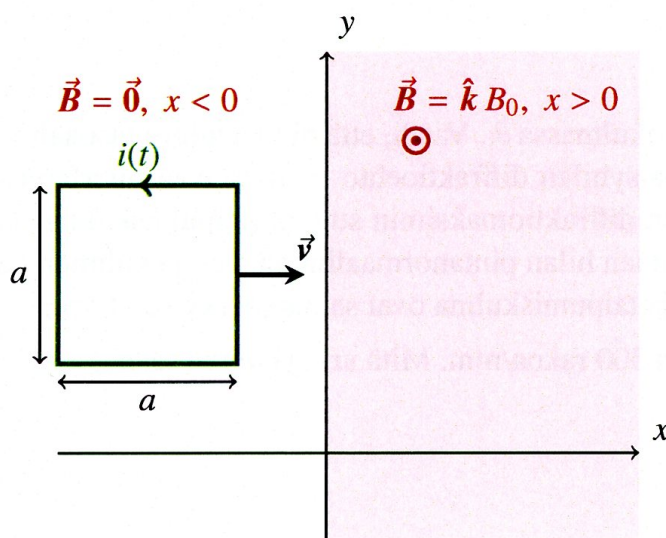
- Etäisyydelle a origosta on asetettu kaksi pistevarausta ($q > 0$) kuvan mukaisesti. Mihin suuntaan osoittaa origossa olevaan varaukseen $-2q$ kohdistuva sähköstaattinen voima? Anna suunta yksikäsitteisesti lausekkeella tai piirroksella.
- Mitä ilmaisee kapasitanssi?
- Miksi pariston napajännite (engl. terminal voltage) yleensä pienenee, kun paristo kytketään osaksi suljettua virtapiiriä?
- Mitä ilmaisee lävistyslaki (eli [integraalimuotoinen] Ampèren laki)?
- Mitä ilmaisee Faradayn induktiolaki?



2. Johtavan pallokuoren (sisäsäde a ja ulkosäde b) nettovaraus on nolla. Pallokuoren keskipisteessä on pistevaraus $-q$. Kun r on etäisyys pallokuoren keskipisteestä, määritä sähkökenttävektorin lauseke (suuruus ja yksikäsitteinen suunta) kaikkialla. Alueissa $0 \leq r < a$ ja $r > b$ väliaineena on tyhjiö. (7 p.)



3. Johdinsilmukka liikkuu xy -tasolla positiivisen x -akselin suuntaan vakionopeudella v . Hetkellä $t = 0$ silmukan oikea reuna osuu y -akselin kohdalle. Määritä silmukkaan indusoituva virta $i(t)$ (kaikkina ajanhetkinä), kun silmukan kokonaisresistanssi on R . Kuvaan merkitty magneettikentän vakioamplitudi $B_0 > 0$. Itseisinduktanssia ei oteta huomioon. (7 p.)

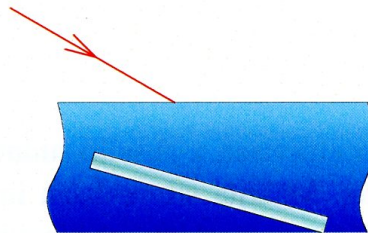


Vastaa tehtäviin 4–6, jos teet 2. välikokeen. Perustele vastauksesi lyhyesti.

Sallittu oheismateriaali: taskulaskin (myös ohjelmoitavat ja graafiset laskimet käyvät).

Palauta vähintään yksi nimelläsi varustettu konsepti. Palauta **kaikki** saamasi yliopiston konseptiarkit – myös tyhjät ja suttupaperit. Tehtäväpaperin saat pitää.

4. Vastaa seuraaviin kysymyksiin lyhyesti ja kattavasti. Jos kirjoitat vastauksen kaavana, selitä kaava. Jokainen kohta on kahden pisteen arvoinen.
- (a) Mitä ilmaisee aineen taitekerroin?
 - (b) Mitä tarkoittaa sähkömagneettisen tasoaallon polarisaatio?
 - (c) Mikä on Malusin laki?
 - (d) Mitä tarkoittaa Brewsterin kulma?
 - (e) Mikä on Rayleigh'n kriteeri?
5. Kun yksivärinen valonsäde (satunnaisesti polarisoitunut tasoaalto) osuu veden pintaan 60 asteen tulokulmassa, on vedessä olevan lasilevyn pinnasta heijastuva valo täydellisesti polarisoitunutta (jäljellä on vain yksi lineaarinen polarisaatio). Ilman taitekerroin on 1.00, veden 1.33 ja lasin 1.61.
- (a) Mikä on veteen taittuvan säteen taittumiskulma? (2 p.)
 - (b) Kuinka suuren kulman lasilevy muodostaa vaakatason kanssa? (3 p.)
 - (c) Nähdäänkö heijastunut polarisoitunut valo veden pinnan yläpuolelta? Perustele. (2 p.)



6. Tutkitaan läpäisyhilaa.

- (a) Hilaa valaistaan tulokulmassa θ_i . Vaadi, että hilaan tuleva tasoaalto diffraktoituu tasoaaltona, ja näytä, että tulokulmalla θ_i läpäisyhilan diffraktioehto (vahvistavan interferenssin ehto) on $d(\sin \theta_m - \sin \theta_i) = m\lambda$, missä θ_m on m :nnen diffraktiomaksimin suunta (taipumiskulma) ja d on rakojen keskinäinen välimatka. Kaikki kulmat mitataan hilan pinnanormaaliin nähden ja kulmien positiivinen suunta on sellainen, että jos hila puuttuu, tulo- ja taipumiskulma ovat samanmerkkiset. (5 p.)
- (b) Diffraktiohilassa on 300 rakoa/mm. Mitä arvoja m voi saada, jos $\lambda = 633 \text{ nm}$ ja $\theta_i = 30^\circ$? (2 p.)

$$\begin{aligned}\vec{E} &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \\ \vec{\tau} &= \vec{p} \times \vec{E} \\ U &= -\vec{p} \cdot \vec{E} \\ p &= qd \\ \Phi_E &= \int \vec{E} \cdot d\vec{A} \\ \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} &= \frac{Q_{\text{encl}}}{\epsilon_0} \\ \vec{E} &= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r} \hat{r} \\ \vec{E} &= \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \hat{n} \\ E_\perp &= \frac{\sigma}{\epsilon_0} \\ W_{a \rightarrow b} &= U_a - U_b \\ U &= \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i} \\ V &= \frac{U}{q_0} \\ V &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r} \\ V_a - V_b &= \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{\ell} \\ \vec{E} &= -\nabla V \\ C &= \frac{Q}{V_{ab}} \\ C &= \epsilon \frac{A}{d} \\ \epsilon &= K\epsilon_0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}i &= C \frac{dV_{ab}}{dt} \\ U &= \frac{Q^2}{2C} \\ u &= \frac{1}{2} \epsilon E^2 = u_E \\ \oint \kappa \vec{E} \cdot d\vec{A} &= \frac{Q_{\text{encl-free}}}{\epsilon_0} \\ I &= \frac{dQ}{dt} \\ \vec{J} &= nq\vec{v}_d \\ \rho &= \frac{E}{J} \\ R &= \frac{\rho L}{A} \\ V_{ab} &= \mathcal{E} - Ir \\ P &= V_{ab}I \\ \vec{F} &= q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \\ \Phi_B &= \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \\ \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} &= 0 \\ d\vec{F} &= I d\vec{\ell} \times \vec{B} \\ \vec{\tau} &= \vec{\mu} \times \vec{B} \\ U &= -\vec{\mu} \cdot \vec{B} \\ \vec{\mu} &= I\vec{A} \\ d\vec{B} &= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{\ell} \times \hat{r}}{r^2} \\ B &= \frac{\mu_0 I_{\text{encl}}}{2\pi r} \\ \oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} &= \mu_0 I_{\text{encl}} \\ \mu &= K_m \mu_0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\oint \vec{E} \cdot d\vec{\ell} &= -\frac{d\Phi_B}{dt} = \mathcal{E} \\ \mathcal{E} &= \int_a^b (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{\ell} \\ i_D &= \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \\ \oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell} &= \mu_0 (i_C + i_D)_{\text{encl}} \\ M &= \frac{N_2 \Phi_{B2}}{i_1} = \frac{N_1 \Phi_{B1}}{i_2} \\ \mathcal{E} &= -L \frac{di}{dt} \\ L &= \frac{N\Phi_B}{i} \\ V_{ab} &= L \frac{di}{dt} \\ U &= \frac{1}{2} LI^2 \\ u &= \frac{B^2}{2\mu} = u_B \\ \frac{V_2}{V_1} &= \frac{N_2}{N_1} \\ V_1 I_1 &= V_2 I_2 \\ E &= vB \\ k &= \frac{2\pi}{\lambda} \\ c &= \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}, \quad v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} = f\lambda \\ \vec{S} &= \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} \\ I &= S_{\text{av}} = \langle |\vec{S}| \rangle = \frac{E_{\text{max}} B_{\text{max}}}{2\mu_0} \\ \frac{1}{A} \frac{dp}{dt} &= \frac{S}{c}, \quad P_{\text{rad}} = \frac{\langle dp/dt \rangle}{A} \\ n &= \frac{c}{v} = \sqrt{K K_m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{\lambda_0}{n} \\ \theta_r &= \theta_a \\ n_a \sin \theta_a &= n_b \sin \theta_b \\ \sin \theta_{\text{crit}} &= \frac{n_b}{n_a} \\ I &= I_{\text{max}} \cos^2 \phi \\ \tan \theta_p &= \frac{n_b}{n_a} \\ \Gamma &= \frac{n_a - n_b}{n_a + n_b} \\ \tau &= 1 + \Gamma \\ m &= \frac{y'}{y} = -\frac{s'}{s} \\ \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} &= \frac{1}{f} \\ f &= \frac{R}{2} \\ \frac{n_a}{s} + \frac{n_b}{s'} &= \frac{n_b - n_a}{R} \\ \frac{1}{f} &= (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \\ f^\# &= \frac{f}{D} \\ M &= \frac{\theta'}{\theta} \\ d \sin \theta &= m\lambda \\ d \sin \theta &= \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda \\ y_m &= R \frac{m\lambda}{d} \\ E_p &= 2E \left| \cos \frac{\phi}{2} \right| \\ I &= I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2} \\ \phi &= \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2t &= m\lambda \\ 2t &= \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda \\ \sin \theta &= \frac{m\lambda}{a} \\ I &= I_0 \left(\frac{\sin [\pi a \sin(\theta)/\lambda]}{\pi a \sin(\theta)/\lambda} \right)^2 \\ d \sin \theta &= m\lambda \\ 2d \sin \theta &= m\lambda \\ \sin \theta_1 &= 1.22 \frac{\lambda}{D} \\ \nabla F &= \hat{i} \frac{\partial F}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial F}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial F}{\partial z} \\ \langle \sin^2 \omega t \rangle &= 1/2 \\ \langle \sin \omega t \rangle &= 0 \\ \cos \theta &= \sin(\pi/2 - \theta) \\ \sin(\alpha + \beta) &= \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \\ \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta \\ k_B &\approx 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K} \\ e &\approx 1.602 \times 10^{-19} \text{ C} \\ m_e &\approx 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg} \\ h &\approx 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js} \\ G &\approx 6.674 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \\ c &= 299\,792\,458 \text{ m/s} \\ \mu_0 &= 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Ns}^2}{\text{C}^2} \\ \epsilon_0 &\approx 8.854 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2} \\ \left(= \frac{V_s}{A_m} = \frac{H}{m} \right) & \quad \left(= \frac{A_s}{V_m} = \frac{F}{m} \right)\end{aligned}$$