

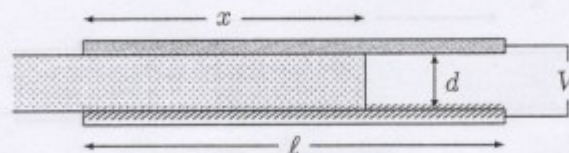
Sallitut apuvälineet: kirjoitusvälineet ja graafinen laskin. Muun oman materiaalin tuominen ei sallittu. Kokeen viimeisellä sivulla on muistin tueksi kaavoja ja tarvittavia vakioita. Perustele vastauksissasi käyttämäsi kaava ja esittele siinä esiintyvien symbolien merkitys.

Tämä on fysiikan kurssi, joten desimaalilleen oikeaa numeerista vastausta tärkeämpää on että osoitat ymmärtäneesi ongelman taustalla olevan fysiikan. Jokaista tehtävää kannattaa ainakin yrittää. Onnea!

- Määrittele seuraavien termien merkitys mahdollisimman lyhyesti:
a) Gaussin pinta b) sähködipoli c) sähköpotentiaali d) kapasitanssi e) sähkövirta f) ohminen materiaali
- Vastaa seuraaviin kysymyksiin lyhyesti, mutta täsmällisesti. Käytä tarvittaessa piirroksia vastauksen tukena. Pelkkä piirros ei kuitenkaan ole riittävä vastaus.
(a) Selitä mihin perustuu Faradayn häkin toiminta.
(b) Sähkömagneettinen nopeudenvälitsin on laite, joka poimii ioni- tai varausuihkusta vain tietyllä nopeudella kulkevat hiukkaset. Selitä sen toimintaperiaate.
- Ukkospilven alaosa on 1200 m korkeudella ja sen varaus on negatiivinen. Maan pinnalle indusoituu samansuuruinen mutta positiivinen varaus. Sähkökentän suuruudeksi pilven ja maan välillä on $3.0 \cdot 10^4$ V/m.
(a) Minkä suuntainen sähkökenttä on?
(b) Kuinka suuri pilven ja maan välinen potentiaaliero on?
(c) Kumman potentiaali on korkeampi, pilven alaosan vai maan?
(d) Hiukkanen, jonka varaus on $-e$, siirtyy pilven alaosasta maahan. Laske sähkökentän hiukkaseen tekemä työ

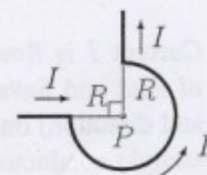
Voit olettaa pilven alaosan isoksi tason muotoiseksi varaukseksi.

- Kondensaattorilevyjen (pituus ℓ , leveys w , keskinäinen etäisyys d) välissä on eristelevy (permittiivisyys ϵ). Kondensaattorilevyjen välinen potentiaaliero pidetään vakiona V ulkoisen jännitelähteen avulla, samalla kun eristelevyä vedetään pois ℓ :n suuntaisesti matka $\ell - x$. Laske voima, jolla sähkökenttä pyrkii vetämään eristelevyä takaisin kondensaattorilevyjen väliin.



Tehtävä 4.

- Kuvan 5 johteessa kulkee virta I . Lähtien Biotin ja Savartin laista, määritä johtimen aiheuttama magneettivuon tiheys (suuruus ja suunta) pisteessä P . Voit olettaa johtimen suorien osuuksien jatkuvan äärettömyyteen.

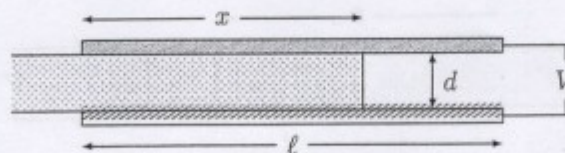


Tehtävä 5.

Allowed material: writing implements and a graphical calculator. You are not allowed to use any other material. There are some formulas and constant tabulated in last page of the exam. In your answers, justify the formulas you use and introduce the meaning of the symbols within these formulas.

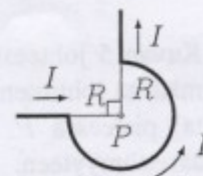
This is a physics course, so it is more important that you demonstrate that you understand the underlying physics than get a numerical answer that is perfect down to the last digit. It is worth to try every question. Good luck!

1. Define the following terms with as few words as possible: a) Gaussian surface b) electric dipole c) electric potential d) capacitance e) electric current f) ohmic material
2. Answer the following questions shortly but exactly. Use drawings to support your answer if necessary. Using only drawings is, however, not a sufficient answer.
 - (a) Explain the operating principle of Faraday's cage.
 - (b) Electromagnetic velocity selector is a device which is used to select from a jet of charged particles only the ones with specific velocity. Explain its operating principle.
3. The bottom part of a thunder cloud is at 1200 m from the ground. It is negatively charged, due to which a positive charge is induced on to the surface of earth. The electric field between the cloud and earth is $3.0 \cdot 10^4$ V/m.
 - (a) What is the direction of this electric field?
 - (b) How large is the potential difference between the cloud and earth?
 - (c) Which one is at larger potential, cloud or earth?
 - (d) A particle who carries the charge $-e$, is transferred from the cloud to earth. Determine the work done by the electric field on to the particle.You may assume the bottom of the cloud to be a large planar charge.
4. There is an insulating plate with permittivity ϵ between two capacitor plates (length ℓ , width w , separation d). The potential difference between the capacitor plates is maintain constant V with an external voltage supply while the insulator is pulled away along ℓ by the distance $\ell - x$. Determine the force with which the electric field tries to pull the insulator back between the capacitor plates



Question 4.

5. Current I is flowing in a conductor (Fig. 5). Starting from the law of Biot and Savart, determine the magnetic flux density (magnitude and direction) due to the current at point P . You may assume that the straight conductor segments continue to infinity.



Question 5.

Kaavoja – Formulas

$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ q_1q_2 }{r^2} \hat{\mathbf{r}}$	$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}_0}{q_0}$	$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{\mathbf{r}}$
$\mathbf{p} = q\mathbf{d}$	$U_\epsilon = -\mathbf{p} \cdot \mathbf{E}$	$U_\mu = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}$
$\oint_A \mathbf{K}\mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q_{\text{encl-free}}}{\epsilon_0}$	$W_{a \rightarrow b} = U_a - U_b$	$U = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{q_i}{r_i}$
$V = \frac{U}{q_0}$	$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{dq}{r}$	$V_a - V_b = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\boldsymbol{\ell}$
$\mathbf{E} = -\nabla V$	$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{p} \times \mathbf{E}$	$\boldsymbol{\tau} = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B}$
$C = \frac{Q}{V_{ab}}$	$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \sum_i^N \frac{1}{C_i}$	$C_{\text{eq}} = \sum_i^N C_i$
$C = \epsilon \frac{A}{d}$	$C = 4\pi\epsilon \frac{r_a r_b}{r_b - r_a}$	$C = 2\pi\epsilon \frac{L}{\ln(r_b/r_a)}$
$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$	$\epsilon = K\epsilon_0$	$u = \frac{1}{2} \epsilon E^2$
$I = \frac{dQ}{dt}$	$\mathbf{J} = nq\mathbf{v}_d$	$\rho = \frac{E}{J}$
$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$	$R = \frac{\rho L}{A}$	$\frac{F}{L} = \frac{\mu_0 I I'}{2\pi r}$
$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$	$P = \frac{dW}{dt} = V_{ab}I = I^2 R = \frac{V_{ab}^2}{R}$	$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$
$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$	$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\boldsymbol{\ell} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$	$\oint_S \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{\ell} = \mu_0 I_{\text{encl}}$
$B_x = \frac{\mu_0 I a^2}{2(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}}$		

Vakioita – Constants

ϵ_0	$8.8542 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ A/m}$
m_e	$9.1093 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
m_p	$1.6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
h	$6.6260 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
c	$2.9980 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
e	$1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$