

1. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin

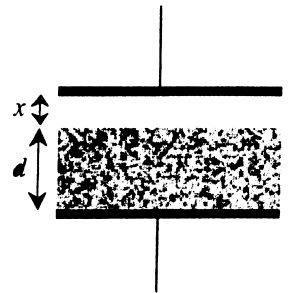
- Miten määritellään 1A:n virta?
- Mikä on sähkökentän voimakkuuden suuruusluokka metallikappaleen sisällä?
- Mikä on diamagneettisen aineen magneettisen susceptiivisuuden suuruusluokka?
- Millainen on Gaussin laki magneettikentille?
- Mainitse kaksi magneettikenttiin liittyvää ominaisuutta, jotka seuraavat Gaussin laista magneettikentille!

2. Joissain suolakiteissä ionit ovat järjestäytyneet kuutiolliseen hilaan siten, että jokaista positiivista ionia ympäröi kuusi negatiivista ionia ja päinvastoin.

- Määritä lauseke kuuden positiivisen ionin muodostamalle potentiaalille origossa, kun positiiviset ionit ovat pisteissä $(a,0,0)$, $(-a,0,0)$, $(0,a,0)$, $(0,-a,0)$, $(0,0,a)$ ja $(0,0,-a)$.
- Määritä edellisen perusteella origossa olevan negatiivisen ionin potentiaalienergia sitä ympäröivien kuuden ionin kentässä. Kaikkien ionien varauksen itseisarvo on e ja etäisyysparametri $a = 1,5\text{Å}$.

3. Varattu kondensaattori (levyjen ala A) on oheisen kuvan mukaisesti osittain täytetty eristemateriaalilla, jonka suhteellinen permittiivisyys ϵ_r . Kondensaattorissa on varaus Q . Eristelevyn paksuus on d , ja ilmaraon paksuus x .

- Määritä kondensaattorin kapasitanssi
- Määritä millainen voima vaaditaan, jos kondensaattorin levyjen välimatkaa pyritään kasvattamaan.
- Millainen on polarisaatio tämän tehtävän kondensaattorilevyjen välissä, kun sähkövuon tiheys on $D = Q/A$.



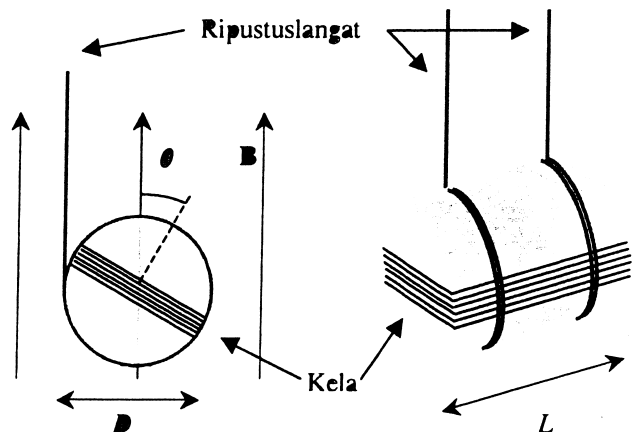
4. Elektroni kulkee tyhjiössä pitkän suoran virtajohtimen (säde a) suuntaisesti. Johtimessa kulkee virta I ja elektronin nopeus on virran suunnalle vastakkainen. Johtin on lisäksi kytketty jännitelähteeseen siten, että johtimen ulkopuolella potentiaali on

$$V(r) = V_0 \left(1 + \ln \frac{a}{r} \right).$$

Määritä

- johtimen synnyttämä magneettikenttä,
- johtimen synnyttämä sähkökenttä sekä
- millä ehdolla elektroni kulkee suoraviivaisesti.

5. Pieni kela on valmistettu kiertämällä N kierrosta johdinta ohuen putken (halkaisija D , pituus L) ympärille oheisen kuvan mukaisesti. Putken halkaisijan ympärille on kierretty muutama kierros ohutta lankaa, joiden varassa putki on ripustettu kattoon. Kappale on homogeenisessa magneettikentässä, jonka vuontiheys B on pystysuoraan ylöspäin. Muuttamalla kelassa kulkevaa virtaa, saadaan putki (ja kela) nousemaan ja laskemaan lankojen varassa. Kelan ja putken kokonaismassa on M .



- Määritä pienin mahdollinen virta, jolla putki (ja kela) pysyy paikallaan.
- Mikä on virran suunta ja pienintä virtaa vastaava kulma θ .

Sylinterikoordinaatistossa $\nabla = \frac{\partial}{\partial r} \hat{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \phi} \hat{\phi} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{k}$

Pallokoordinaatistossa $\nabla = \frac{\partial}{\partial r} \hat{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \hat{\theta} + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \hat{\phi}$

Merkitse nimi, osasto, opiskelijanumero ja kurssin koodi jokaiseen paperiin.

Lyhyet perustelut kaikille ratkaisuille vaaditaan.

Pisteet eivät välttämättä jakaudu tasan tehtävien alakohtien kesken.

Vakiot jaetaan

VAKIOIDEN ARVOJA

Planckin vakio	$h = 6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ J s} = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV s}$
$h/2\pi$	$\hbar = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ J s} = 0,6582 \cdot 10^{-15} \text{ eV s}$
Valon nopeus tyhjiössä	$c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
	$hc = 1,240 \cdot 10^{-6} \text{ eV m}$
Alkeisvaraus	$e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad (1 \text{ C} = 1 \text{ A s})$
Tyhjiön permeabiliteetti	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H m}^{-1} \quad (1 \text{ H} = 1 \text{ V s A}^{-1})$
Tyhjiön permittiivisyys (permittiviteetti)	$\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1} \quad (1 \text{ F} = 1 \text{ A s V}^{-1})$
Avogadron vakio	$N_A = 6,0220 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Kaasuvakio	$R = 8,3144 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Boltzmannin vakio	$k = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Stefanin ja Boltzmannin vakio	$\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8} \text{ W K}^{-4} \text{ m}^{-2}$
Rydbergin vakio	$R_\infty = 10,97373177 \cdot 10^6 \text{ m}^{-1}$
Atomimassayksikkö	$u = 1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,50 \text{ MeV}/c^2$
Gravitaatiovakio	$G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Normaaliputouskiihtyvyys	$g = 9,80665 \text{ m s}^{-2}$
Elektronin massa	$m_e = 9,10953 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,00054858 \text{ u}$
	$m_e c^2 = 0,5110 \text{ MeV}$
Protonin massa	$m_p = 1,6726485 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,0072765 \text{ u}$
	$m_p c^2 = 938,28 \text{ MeV}$
Neutronin massa	$m_n = 1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,0086650 \text{ u}$
	$m_n c^2 = 939,57 \text{ MeV}$
Deuteronin massa	$m_D = 3,3436370 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 2,0135532 \text{ u}$
	$m_D c^2 = 1875,63 \text{ MeV}$
α -hiukkasen massa	$m_\alpha = 6,6447631 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 4,0015062 \text{ u}$
	$m_\alpha c^2 = 3727,41 \text{ MeV}$
Bohrin vetyatomin säde	$a_0 = 5,29177 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
Comptonin aallonpituus elektronille	$\lambda_C = 2,4263 \cdot 10^{-12} \text{ m}$
Bohrin magnetoni	$\mu_B = 9,2741 \cdot 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$
Ydinmagnetoni	$\mu_N = 5,0508 \cdot 10^{-27} \text{ J T}^{-1}$

Auringon säteilyn intensiteetti Maan etäisyydellä ilmakehän
ulkopuolella (solaarivakio) $1,35 \text{ kW m}^{-2}$ ($1,3 \dots 1,4 \text{ kW m}^{-2}$
vuodenajasta riippuen)

Veden ominaislämpö(kapasiteetti) $4,19 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Veden sulamislämpö (101,3 kPa) 334 kJ kg^{-1}

Veden höyrystymislämpö (100 °C, 101,3 kPa) 2256 kJ kg^{-1}