

TENTTIOHJEET

Vastaa kaikkiin kysymyksiin (mukaan lukien mahdolliset a-, b-, ja c-kohdat). Jokainen kysymys on 5 pisteen arvoinen, ja tentissä on 5 kysymystä, max. pisteet 25 p. Näytä laskuissa tarvittavat yhtälöt, välivaiheet, sijoitukset (myös välivaiheiden sijoitukset), yksikkömuunnokset ja pyöristykset. Tenttipaperin lopussa on joitakin yhtälöitä, mutta lista ei välttämättä ole täydellinen.

Koska materiaali on sallittua, tentissä **arvostellaan ensisijaisesti ymmärryksen syvyyttä** eikä niinkään faktojen lukumäärää. Saat siis käyttää kurssikirjaa ja kurssilla jaettua materiaalia sekä googlata. Voit myös kopioida kuvia/kaavioita muualta, mutta ne pitää aina myös selittää omin sanoin. **Kaiken tekstin tulee kuitenkin olla omaa tekstiä, ei kopioitua muualta. Tenttipalautuskansiossa on Turnitin -toiminto päällä, joka tarkistaa plagiointin automaattisesti.**

Voit tehdä tentin yksin tai ryhmässä, kuten viikko sitten on päätetty: ryhmä tekee yhden palautuksen, ja kaikki saavat samat pisteet. **Kommunikointi ryhmän sisällä on sallittua, mutta ryhmän ulkopuolelle kommunikointi on kielletty, mukaan lukien nettichatit, keskustelupalstat jne.: sama sääntö pätee, jos tekee tentin yksin.**

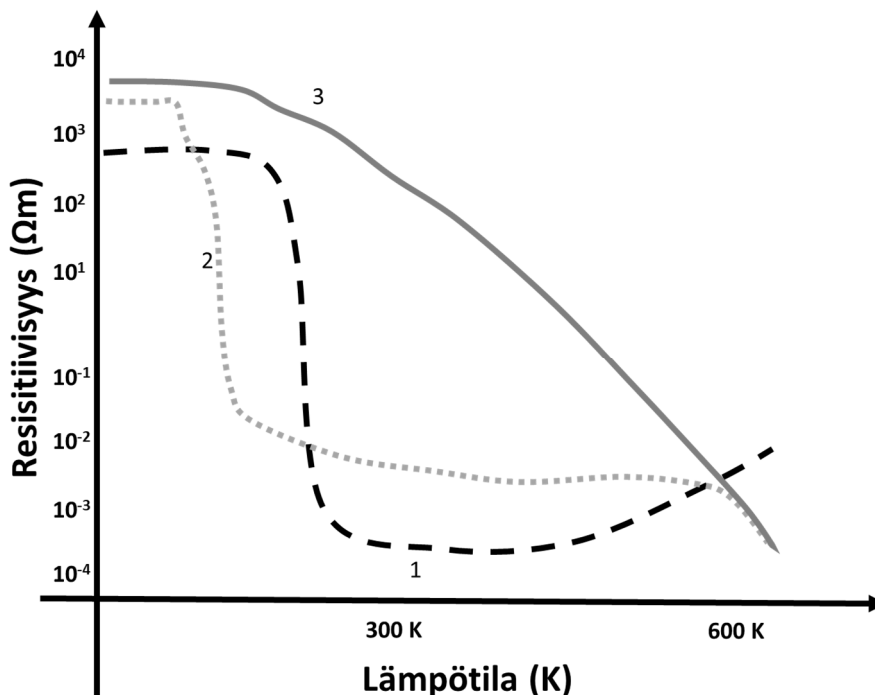
Voit vastata koneella ja/tai kynällä ja paperilla – **palauta vastauksesi kuitenkin yhdessä pdf-tiedostossa**. Jos vastaat kynällä ja paperilla, ota vastauksista kuvat, (liitä kuva tarvittaessa Wordiin muiden kysymysten väliin), muuta pdf-tiedostoksi ja palauta MyCoursesiin. Tarkista, että kaikki teksti ja kuvat luettavissa.

Tenttiaika 4 h + 30 minuuttia lisäaikaa palautuksen tekoon.

- Tee tenttiä 4 h ja käytä 30 min lisäaika pdf:ksi muuntamiseen ja palautukseen
- **Vain MyCoursesiin ajoissa tehdyt palautukset arvostellaan.**
 - o **MyCourses hyväksyy vain palautukset, jos olet ilmoittautunut tenttiryhmään (vaikka tekisit yksin)**
 - o **MyCourses hyväksyy vain .pdf-tiedostot**
- **HÄTÄTILANNE (esim. MyCourses-kaatuu, palautuslaatikko ei toimi):**
 - o Soita 050 592 3690 (Kirsi Yliniemi)
 - o Saat luvan sähköpostipalautukseen.
 - o Sähköpostipalautus pitää tehdä myös pdf:nä, (erittäin harvinaisessa hätätilanteessa .doc. tai .docx tiedostot voivat luvan kanssa olla mahdollisia).
 - o Sähköpostipalautus pitää myös tehdä ajoissa, ennen tenttiajan päättymistä: kirsi.yliniemi@aalto.fi
 - o **Tee lopullinen palautus kuitenkin MyCoursesiin HETI, kun se on mahdollista. Vain MC-palautus arvostellaan.**

Tehtävä 1:

Germaniumin (Ge), magnetiitin (Fe_3O_4), fosforilla doupatun germaniumin (Si:Ge, missä elektronien konsentraatio on $0.9 \cdot 10^{18} \text{ 1/cm}^3$) resistiivisyyttä tutkittiin lämpötilan funktiona ja tulokseksi saatiin alla olevan kuvan käyrät 1-3. Mikä käyrä vastaa mitäkin materiaalia? Selitä myös syvällisesti, miksi kyseiset materiaalit käyttäytyvät alla olevan kuvaajan tavoin lämpötilan funktiona.



Kuva: Eri materiaalien resistiivisyys lämpötilan funktiona.

Tehtävä 2:

Kaadat kiehuva (100°C) vettä keskiaikaiseen tinatuoppiin (seinän paksuus 4 mm), pahviseen kertakäyttömukiin (seinän paksuus 1 mm) ja huokoisesta keraamista tehtyyn teekuppiin (seinän paksuus 4 mm). Selitä sanallisesti, kuinka kuumalta astian ulkopinta tuntuu näissä tapauksissa ja miksi. Selitä myös perusteista lähtien, miten lämpö johtuu ko. materiaaleissa: tina, paperi, huokoinen keraami.

HUOM! Sinun ei tarvitse arvioida lämpötilan lukuarvoa, riittää kun kuvailet sanallisesti, miltä mukin ulkopinta tuntuu, (esim. erittäin kuuma, polttava, kuuma mutta ei polttava, jne).

Tehtävä 3

Mn_xGa-yhdistettä doupataan platinalla ja douppaus muuttaa materiaalin magnetisaatiota alla olevan taulukon mukaisesti: magnetisaatio on mitattu ilman ulkoista magneettikenttää. Kyseisessä yhdisteessä magneettiset dipolit syntyvät pelkästään Mn-atomeista, mutta yksittäisen dipolin suunta riippuu Mn-atomin paikasta rakenteessa: osa Mn-atomeista on siis spin ylöspäin ja osa spin alaspäin, kuten alla oleva taulukko näyttää.

Taulukko: Mitattu Mn_xPt_yGa magnetisaatio ilman ulkoista magneettikenttää, Mn-atomien lukumäärä/ yksikkökoppi ja Mn-atomien lkm/yksikkökoppi, joiden spin on ylöspäin (↑) ja spin on alaspäin (↓).

Yhdiste	Magnetisaatio (μ _B)	Mn-atomien lkm/yksikkökoppi	Mn-atomien lkm/yksikkökoppi: spin ylös ja spin alas
Mn ₃ Ga	1.2	14	6 kpl Mn: ↑ 9 kpl Mn: ↓
Mn _{2.4} Pt _{0.6} Ga	0	12	6 kpl Mn: ↑ 6 kpl Mn: ↓
Mn ₂ PtGa	0.5	10	6 kpl Mn: ↑ 4 kpl Mn: ↓

- (a) Selitä, mitä magnetismin alalajia kukin yhdiste edustaa ja miksi.
 (b) Laske yhden Mn-atomin magneettinen dipolimomentti Mn₃Ga ja Mn₂PtGa -yhdisteissä. Anna vastaus sekä yksikössä Am² että Bohrin magnetoneina.
 (c) Laske kaikkien kolmen yhdisteen teoreettinen saturaatiomagnetisaatio Bohrin magnetoneina, jos kaikki dipolit osoittaisivat samaan suuntaan. Oleta, että Mn:n magneettinen dipolimomentti muuttuu lineaarisesti Pt:n funktiona.

Tehtävä 4:

HCN on lineaarinen molekyyli H-C-N. Yhden molekyylin dipolimomentti on $9,2 \cdot 10^{-30}$ Cm ja varaus $|q(\text{H})|=|q(\text{N})|=3,38 \cdot 10^{-20}$ C. HCN muodostaa kuutiollisen yksikkökopin, jonka sivu on 0,515 nm ja jokainen koppi sisältää yhden HCN-molekyylin. Mikä on HCN:n kokonaispolarisaatio (C/m²), kun kaikki molekyylit ovat samansuuntaisia?

Tehtävä 5:

Selitä, miksi metallit ovat usein väriltään harmaita ja lasi läpinäkyvää. Aloita selityksesi aivan perusteista.

Fysikaalisia vakioita

- Alkeisvaraus (e) = $0.1602177 \cdot 10^{-18} \text{ C} = 0.1602177 \cdot 10^{-18} \text{ As}$
- Elektronin massa (m_e) = $9.10939 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- Protonin massa (m_p) = $1.67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Planckin vakio (h) = $6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4.1357 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$
- Redusoitu Planckin vakio (\hbar) = $h/(2\pi)$
- Tyhjiön permittiivisyys P (ϵ_0) = $8.8542 \cdot 10^{-12} \text{ C/Vm} = 8.8542 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm} = 8.8542 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
- Tyhjiön permeabiliteetti (μ_0) = $0.4\pi \cdot 10^{-6} \text{ N/A}^2 = 0.4\pi \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$
- Valonnopeus tyhjiössä (c) = $2.9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- Boltzmannin vakio (k_B) = $1.3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
- Painovoiman kiihtyvyyys (g) = 9.81 m/s^2
- Bohrin magnetoni (μ_B) = $9.2740 \cdot 10^{-24} \text{ Am}^2 = 9.2740 \cdot 10^{-24} \text{ J/T}$
- Faradayn vakio (F) = 96485.31 C/mol
- Ideaalinen kaasuvakio (R) = $8.31451 \text{ J/(K mol)}$
- Avogadron luku (N_A) = $6.02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Elektronivoltti (eV) = $1 e \cdot 1V = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$C = As = FV$$

$$J = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} = \text{Nm} = \text{CV}$$

$$\Omega = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^3 \text{A}^2}$$

$$F = \frac{C}{V} = \frac{As}{V} = \frac{J}{V^2}$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\varphi(x) = A \sin kx + B \cos kx$$

$$k = \sqrt{\frac{2mE}{\hbar^2}}$$

$$\varphi(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{n\pi}{l}x\right) = A'e^{i\frac{n\pi}{l}x} - A'e^{-i\frac{n\pi}{l}x}$$

$$E(n_x, n_y, n_z) = \frac{\hbar^2}{8ma^2} (n_x^2 + n_y^2 + n_z^2)$$

$$P(E) = \frac{1}{e^{\frac{E-E_F}{kT}} + 1}$$

$$N(E) = \frac{V}{2\pi^2} \left(\frac{2m}{\hbar^2}\right)^{3/2} E^{1/2}$$

$$E_F = \frac{\hbar^2}{8m_e} \left(\frac{3N}{\pi V}\right)^{2/3}$$

$$E_F = \frac{1}{2}E_g + \frac{3}{4}k_B T \ln\left(\frac{m_{\hbar}^*}{m_e^*}\right)$$

$$\gamma = \frac{m_e^* v}{eE}$$

$$v = a\tau = \frac{-eE\tau}{m_e^*}$$

$$\frac{1}{\rho} = \frac{ne^2\tau}{m_e^*}$$

$$\tau = \frac{1}{\gamma}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

$$\rho_e = ne$$

$$\rho = \frac{\gamma m}{e\rho_e}$$

$$\Lambda = \tau v_F$$

$$\mathbf{m}_{atom} = g_J \mu_B \sqrt{J(J+1)}$$

$$\mathbf{m}_{atom} = \mu_B \sqrt{n(n+2)}$$

$$\mathbf{m}_{atom} = 2\mu_B \sqrt{S(S+1)}$$

$$\mu_B = \frac{eh}{4\pi m_e}$$

$$g_J = 1 + \frac{J(J+1) - L(L+1) + S(S+1)}{2J(J+1)}$$

$$\mathbf{M}_S = N \mathbf{m}_{eff} \mu_B$$

$$\mathbf{M} = N\langle \mathbf{m} \rangle$$

$$\mathbf{B} = \mu_0 I \frac{N}{L}$$

$$\mathbf{M} = \chi \mathbf{H}$$

$$\chi = \frac{C}{T - \theta}$$

$$\rho_{TOT} = \rho_{epäpuhtaus} + \rho_{lämpötila}$$

$$\rho_{epäpuhtaus} = A c_{epäpuhtaus} (1 - c_{epäpuhtaus})$$

$$Q_t = A \sum_i \kappa_i \frac{dT}{dx}$$

$$E = \left(n + \frac{1}{2} \right) h\nu$$

$$\Delta Q = \tau I t \Delta T$$

$$\Delta Q = \Pi_{AB} I t$$

$$\alpha = \frac{1}{l} \frac{dl}{dT}$$

$$\mathbf{P} = \varepsilon_0 \chi \mathbf{E}_0 = (\varepsilon_r - 1) \varepsilon_0 \mathbf{E}_0$$

$$\mathbf{P} = \sum_j n_j \alpha_j \mathbf{E}_{loc}$$

$$\frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 2} = \frac{N\alpha}{3\varepsilon_0}$$

$$\alpha' = \frac{3V_m \varepsilon_r - 1}{4\pi \varepsilon_r + 2}$$

$$\alpha' = \frac{\alpha}{4\pi \varepsilon_0}$$

$$D = \varepsilon_0 (1 + \chi) E = \varepsilon_0 \varepsilon_r E = \varepsilon E$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$$

$$I_x = I_0 e^{-\alpha_e x}$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

$$N = n + ik$$

$$R = \frac{(n_1 - n_0)^2 + k^2}{(n_1 + n_0)^2 + k^2}$$

$$[p] = 2nt = m\lambda$$

$$[p] = 2nt \cos \theta_2 = m\lambda$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 + \mu_0 \mathbf{M}$$

$$\mathbf{B} = \mu (\mathbf{H} + \mathbf{M})$$

$$\frac{1}{\chi} = \frac{T}{C} + \frac{1}{\chi_0} + \frac{\xi}{T - \theta}$$

$$\rho(T) = \rho_0 + aT$$

$$\kappa = L_0 \sigma T + C$$

$$Q_t = \gamma A \frac{dT}{dx}$$

$$C_v \approx AT^3$$

$$\Delta V = \sum_{AB} \Delta T$$

$$\rho_{TOT} = \rho_0 + aT$$

$$\alpha_m = \frac{l_f - l_i}{(T_f - T_i) l_i} = \frac{\Delta l}{\Delta T l_i}$$

$$\mathbf{E}_{loc} = \mathbf{E}_0 + \frac{\mathbf{P}}{3\varepsilon_0}$$

$$\mathbf{P} = \sum_j n_j \alpha_j \left(\mathbf{E}_0 + \frac{\mathbf{P}}{3\varepsilon_0} \right)$$

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{N\alpha_e}{3\varepsilon_0}$$

$$\alpha'_e = \frac{3V_m n^2 - 1}{4\pi n^2 + 2}$$

$$\mathbf{P} = aq$$

$$\mathbf{p} = q\Delta d$$

$$\varepsilon_y = \varepsilon_0 \cos \left[\left(\frac{2\pi}{\lambda} \right) (x - vt) + \phi \right]$$

$$I_0 = I_r + I_s + I_a + I_t$$

$$[d] = n_1 t_1 + n_1 t_1$$

$$R = r^2 = \left(\frac{n_0 - n_1}{n_0 + n_1} \right)^2$$

$$[p] = 2[d] = 2nt$$

$$[p] = 2nt = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda$$

$$[p] = 2nt \cos \theta_2 = \left(m + \frac{1}{2} \right) \lambda$$