
TENTTIOHJEET

Vastaa kaikkiin kysymyksiin (mukaan lukien mahdolliset a-, b-, ja c-kohdat) suomeksi tai ruotsiksi. Jokainen kysymys on 5 pisteen arvoinen, ja tentissä on 5 kysymystä, max. pisteet 25 p. Näytä laskuissa tarvittavat yhtälöt, välivaiheet, sijoitukset (myös välivaiheiden sijoitukset), yksikköanalyysi ja pyöristykset: kuva tai kopio Excelistä tai muusta laskentaohjelmasta ei riitä. 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 olla sinun omaa (ei kopio tai muokattu kopio). **Kaikenlainen AI:n käyttö on kielletty. Tenttipalautuskansiossa on Turnitin -toiminto päällä, joka tarkistaa plagioinnin automaattisesti.**

Jos käytät muita lähteitä kuin kurssimateriaalia tai kurssikirjaa, muista myös sisällyttää lähdeviite vastaukseen.

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 ovat luettavissa.

Tentti-aika:

- Jos teet tentin ryhmässä: 4,5 h
- Jos teet tentin yksin: 5,5 h
- *Vihje:* Käytä viimeiset 30 min pdf:ksi muuntamiseen ja palautukseen

Vain MyCoursesiin ajoissa tehdyt palautukset arvostellaan.

- MyCourses hyväksyy vain palautukset, jos olet ilmoittautunut tenttiryhmään (vaikka tekisit yksin)
- MyCourses hyväksyy vain .pdf-tiedostot

HÄTÄTILANNE (esim. MyCourses-kaatuu, palautuslaatikko ei toimi):

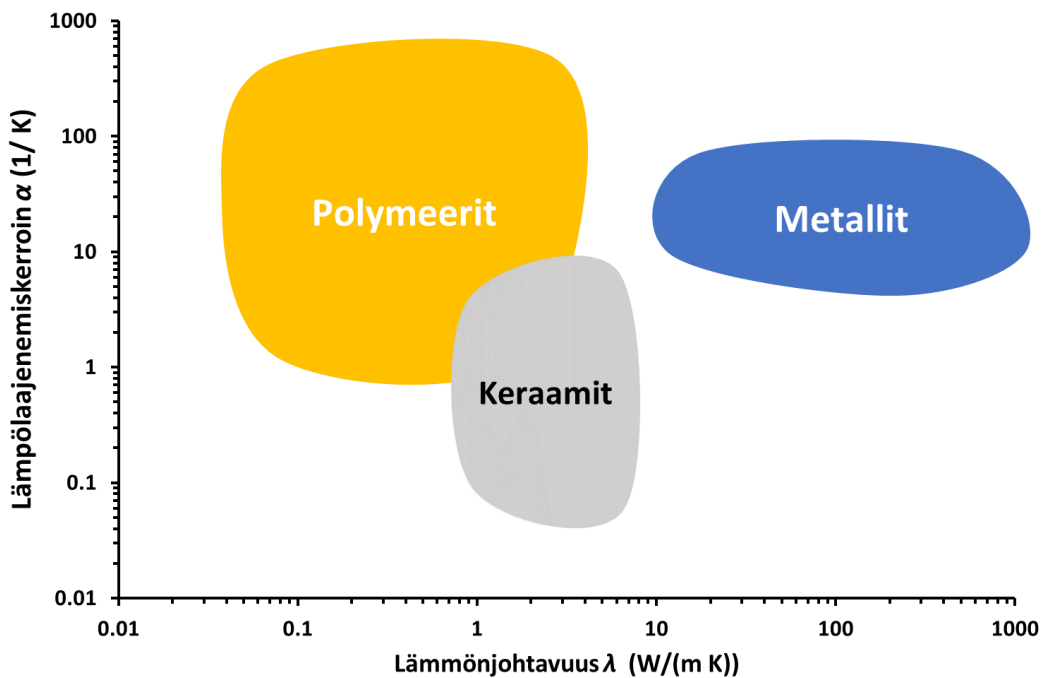
- Soita 050 592 3690 (Kirsi Yliniemi)
- Saat luvan sähköpostipalautukseen.
- Sähköpostipalautus pitää tehdä myös pdf:nä, (erittäin harvinaisessa hätätilanteessa .doc. tai .docx tiedostot voivat luvan kanssa olla mahdollisia).
- Sähköpostipalautus pitää myös tehdä ajoissa, ennen tenttiajan päättymistä: kirsi.yliniemi@aalto.fi
- **Tee lopullinen palautus kuitenkin MyCoursesiin HETI, kun se on mahdollista. Vain MyCourses-palautus arvostellaan.**

Tehtävä 1:

Kadmium muodostaa kiderakenteen, jonka yksikkökopin sivujen pituudet ovat $a = b = 0,2979$ nm ja $c = 0,5620$ nm. Cd-metallikiteen resistiivisyys a - ja b -akselien suuntaan on $\rho = 6,54 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ ja c -akselin suuntaan $\rho = 7,70 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$ lämpötilassa 298,15 K. Jokaisessa yksikkökopissa on 6 kokonaista Cd-atomia, joista jokainen tuo kaksi vapaata elektronia rakenteeseen. Elektronin alkeisvaraus on $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C. Laske näiden tietojen perusteella elektronien liikkuvuus (yksikössä $\text{m}^2/(\text{Vs})$) eri akselien suuntaa.

Tehtävä 2:

Alla oleva kuva 1 esittää eri materiaaliryhmien termisten ominaisuuksien käyttäytymistä tosiinsa nähden eli x -akselilla on lämmönjohtavuus ja y -akselilla on lämpölaajenemiskerroin. Selitä syvällisesti, miksi polymeerit, keraamit ja metallit ovat eri alueilla ko. kuvaajassa, esim. miksi polymeereillä on huono lämmönjohtavuus, mutta hyvä lämpölaajeneminen, jne. (selitä kaikki kolme materiaaliryhmää). Lähde liikkeelle aivan perusteista: muista selittää syvällisesti käyttämäsi termit ja perusteet materiaalien käyttäytymiseen.



Kuva 1: Eri materiaaliryhmien lämpölaajenemiskerroin vs. lämmönjohtavuus. Jokainen alue on määritelty kyseiseen materiaaliryhmään kuuluvien eri materiaalien arvojen perusteella.

Tehtävä 3

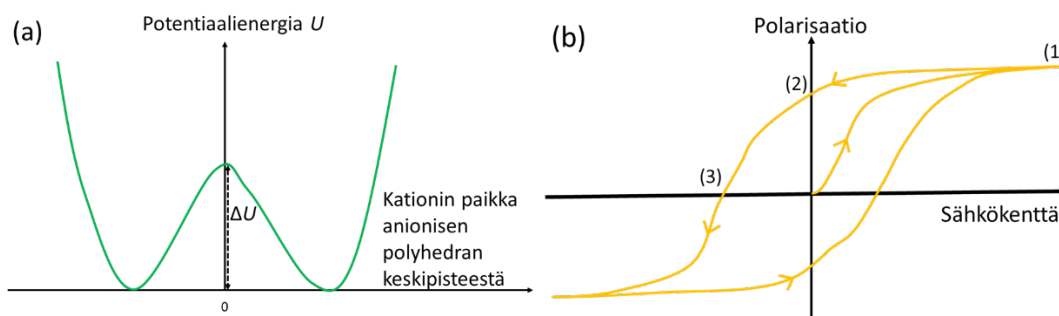
Raudan, kromin ja nikkelin magneettisuuden voidaan ajatella johtuvan yksittäisistä atomeista (yksi atomi = yksi dipoli), ja yhden atomin efektiivinen magneettinen dipolimomentti on esitetty taulukossa 1 (huoneenlämpötilassa). Taulukossa 1 on esitetty myös dipolien lukumäärä ja suunta ko. metallien yksikkökopissa: dipolin suunta yksikkökopissa on järjestäytyneenä joko ylös (\uparrow), alas (\downarrow) tai satunnaiseen suuntaan (\leftrightarrow). Lisäksi taulukossa esitellään ko. metalleille määritetty termi D/d , missä D on atomien välinen etäisyys kiteessä ja d on d-orbitaalien laajuus (=kuinka pitkälle d-orbitaali jatkuu säteen suunnassa atomin ytimeistä). Tunnista taulukon 1 tietojen avulla ko. metallien magneettisuuden alalaji ja selitä taulukon tietoihin pohjautuen, miksi ko. materiaali kuuluu kyseiseen alalajiin. Muista selittää myös perusteet kuten magneettinen dipolimomentti.

Taulukko 1: Atomin efektiivinen magneettinen momentti eri metalleissa, dipolien lukumäärä ja suunta yksikkökopissa sekä termi D/d kiteisille metalleille.

Materiaali	Atomin efektiivinen magneettinen dipolimomentti (μ_B)	Dipolien lukumäärä ja suunta yksikkökopissa	D/d
Rauta (Fe)	2,22	Dipoleja: 4 kpl Ylös \uparrow : 4 kpl Alas \downarrow : 0 kpl Satunnainen \leftrightarrow : 0 kpl	1,6
Kromi (Cr)	6	Dipoleja: 2 kpl Ylös \uparrow : 1 kpl Alas \downarrow : 1 kpl Satunnainen \leftrightarrow : 0 kpl	1,3
Nikkeli (Ni)	0,6	Dipoleja: 4 kpl Ylös \uparrow : 4 kpl Alas \downarrow : 0 kpl Satunnainen \leftrightarrow : 0 kpl	2,1

Tehtävä 4:

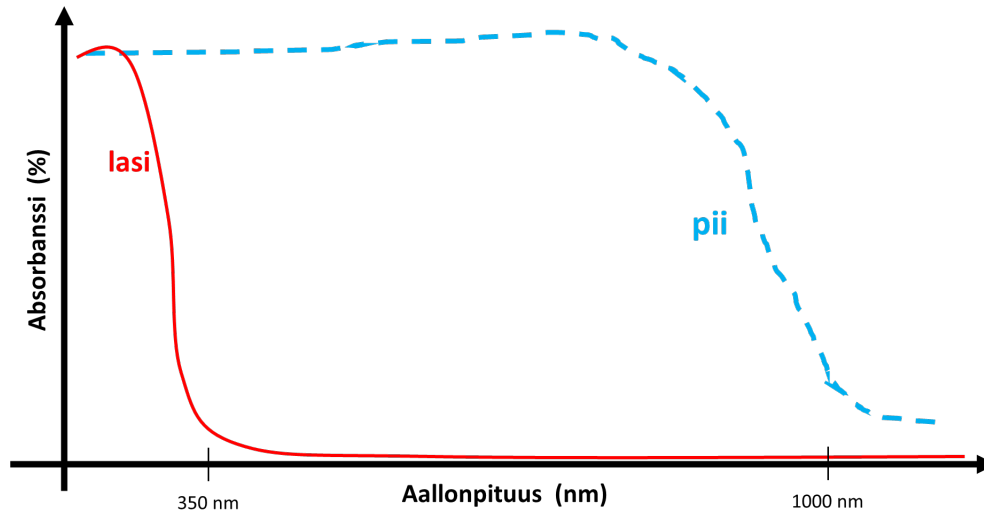
Eräät dielektriset materiaalit voivat käyttäytyä alla olevien kuvaajien tavoin (kuva 2). Selitä, mikä ilmiö on kyseessä ja mistä se johtuu. Esittele myös yksi materiaalirakenne, jolla ko. ilmiö nähdään. Selitä myös syvällisesti miksi ko. ilmiön omaavat materiaalit käyttäytyvät kuvan (b) tavalla ja mitä kuvaajan pisteet (1), (2) ja (3) merkitsevät.



Kuva 2 (a): Teoreettisesti ajatellen ko. ilmiön omaavilla materiaaleilla on rakenne, jossa kationin paikka on yhtä todennäköinen molemmilla puolilla anionisen polyhedran keskipistettä (ideaalinen tilanne). Kuva (b): Kun tämän ilmiön omaavat materiaalit laitetaan ulkoiseen sähkökenttään, ne polarisoituvat oheisella tavalla.

Tehtävä 5:

Selitä optisten ja sähköisten ominaisuuksien avulla, miksi lasin (dielektrinen materiaali) ja piin (puolijohde) absorptiospektrit eroavat oheisen kuvan 3 osoittamalla tavalla?



Kuva 3. Lasin ja piin absorptiospektrit.

Tenttikysymykset päättyvät

Fysikaalisia vakioita / Fysikaliska konstanter

- Alkeisvaraus = Grundladdningen (e) = $0.1602177 \cdot 10^{-18} \text{ C} = 0.1602177 \cdot 10^{-18} \text{ As}$
- Elektronin massa = Elektronens massa (m_e) = $9.10939 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- Protonin massa = Protonens massa (m_h) = $1.67262 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- Planckin vakio = Plancks konstant (h) = $6.6261 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4.1357 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$
- Redusoitu Planckin vakio = Reducerade Plancks konstant (\hbar) = $h/(2\pi)$
- Tyhjiön permittiivisyys = Permittiviteten i vakuum (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 = Permeabiliteten i vakuum (μ_0) = $0.4\pi \cdot 10^{-6} \text{ N/A}^2 = 0.4\pi \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$
- Valonnopeus tyhjiössä = Ljusets hastighet i vakuum (c) = $2.9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
- Boltzmannin vakio = Boltzmanns konstant (k_B) = $1.3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8.6173 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$
- Painovoiman kiihtyvyyys = Gravitationsaccelerationen (g) = 9.81 m/s^2
- Bohrin magnetoni = Bohrs magneton (μ_B) = $9.2740 \cdot 10^{-24} \text{ Am}^2 = 9.2740 \cdot 10^{-24} \text{ J/T}$
- Faradayn vakio = Faradays konstant (F) = 96485.31 C/mol
- Ideaalinen kaasuvakio = Ideala gaskonstanten (R) = $8.31451 \text{ J/(K mol)}$
- Avogadron luku = Avogadros tal (N_A) = $6.02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- Elektronivoltti = Elektronvolt (eV) = $1 e \cdot 1V = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$$C = As = FV$$

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

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

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

CHEM-C2450 Materiaalien ominaisuudet
Kurssitentti 1: 16.4.2026

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

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

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

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

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

$$\varphi(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin\left(\frac{n\pi}{l}x\right)$$

$$E(n_x, n_y, n_z) = \frac{h^2}{8m} \left(\frac{n_x^2}{a_x^2} + \frac{n_y^2}{a_y^2} + \frac{n_z^2}{a_z^2} \right)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$A = \tau v_F$$

$$\sigma = ne\mu_e + pe\mu_h$$

$$n_i p_i = N_c N_v e^{\left(\frac{-E_g}{k_B T}\right)} = n_i^2$$

$$N_c = 2 \left(\frac{2\pi m_e^* k_B T}{h^2} \right)^{3/2}$$

$$N_v = 2 \left(\frac{2\pi m_h^* k_B T}{h^2} \right)^{3/2}$$

$$\sigma = \sigma_0 e^{\left(\frac{-E_g}{2k_B T}\right)}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\mathbf{B} = \mu_0 (\mathbf{H} + \mathbf{M})$$

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

$$\mathbf{B} \approx \mu_0 \mathbf{M}$$

$$\mathbf{B} \approx \mu_0 \mathbf{H}$$

$$\mu = \mu_r \mu_0 = \mu_0 (1 + \chi)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$C_v \approx AT^3$$

CHEM-C2450 Materiaalien ominaisuudet
Kurssitenti 1: 16.4.2026

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

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

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

$$\mathbf{P} = \epsilon_0 \chi \mathbf{E}_0 = (\epsilon_r - 1) \epsilon_0 \mathbf{E}_0$$

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

$$\frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 2} = \frac{N \alpha}{3 \epsilon_0}$$

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

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

$$\alpha' = \frac{\alpha}{4\pi \epsilon_0}$$

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

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

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

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

$$N = n + ik$$

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

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

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

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

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

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

$$\mathbf{E}_{loc} = \mathbf{E}_0 + \frac{\mathbf{P}}{3\epsilon_0}$$

$$\mathbf{P} = \sum_j n_j \alpha_j \left(\mathbf{E}_0 + \frac{\mathbf{P}}{3\epsilon_0} \right)$$

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{N \alpha_e}{3 \epsilon_0}$$

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

$$\mathbf{P} = aq$$

$$\epsilon_y = \epsilon_0 \cos \left[\left(\frac{2\pi}{\lambda} \right) (x - vt) + \phi \right]$$

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

$$[d] = n_1 t_1 + n_2 t_2$$

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

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

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

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