

Tehtävä 1. Vastaa kolmeen alakohtaan. Jos valitset alakohdat a) ja d), voit vastata neljään alakohtaan.

Valo saapuu ilmasta lasiin kulmassa $\alpha = 10^\circ$ lasin pinnasta mitattuna. Valon aallonpituus lasissa on puolet siitä, mitä se oli ilmassa. Lasin suhteellinen permeabilisuus on 1,00. Määritä

- valon nopeus tässä lasissa (1p)
- lasin suhteellinen permittiivisyys (2p)
- mihin suuntaan valo etenee lasissa osumisen jälkeen. (2p)

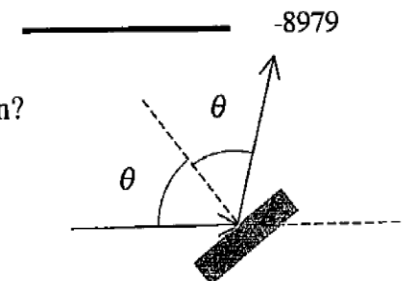
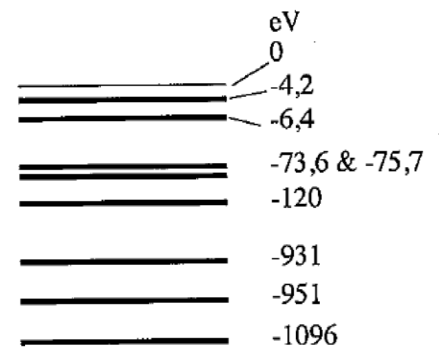
Puolijohdelaser, jossa puolijohdemateriaalin energia-aukko $E_g = 1,97 \text{ eV}$, lähettää vaakasuuran valosuikkeen polarisoimatonta valoa. Valo kulkee polarisaattorin (pystysuora läpäisy-suunta) läpi ja muodostaa etäisyydellä $L = 3,0 \text{ m}$ olevalle taululle pyöreän tasaisesti valaistun läiskän, jossa intensiteetti on $I = 60 \text{ mW/m}^2$ ja jonka halkaisija $d = 4,0 \text{ mm}$. Määritä

- valon aallonpituus (1p)
- laserin säteilyteho (2p)
- seinään osuvan valon magneettivuon tiheyden suuruus ja suunta (2p)

Tehtävä 2. Vastaa joko kohtiin a), b) ja c) tai kohtiin a), b) ja d).

Viereinen kuva esittää elektronien energiatiloja kuparissa ($Z=29$). Näitä energiatiloja tutkitaan käyttäen kuparianodilta saatavaa röntgensäteilyä ja röntgendiffraktiota. Säteilystä havaitaan neljännen kertaluvun maksimit kulmissa $\theta = 19,7^\circ$, $20,1^\circ$ ja $31,9^\circ$. Röntgendiffraktometrin periaatekuva on ohessa ja siinä harmaalla merkityn KBr-kiteen atomitasojen välinen etäisyys on $0,328 \text{ nm}$.

- Selvitä lyhyesti miten maksimit syntyvät röntgendiffraktometrissä. (1p)
- Määritä maksimeja vastaavan säteilyn energia. (3p)
- Selvitä, millä tavalla energiatasokaavio selittää havaitun säteilyn (2p)
- Mitkä kvanttilukujen n , l ja j arvot liittyvät energiatasokaavion tiloihin? Vastaukseksi riittää täydentää taulukko. (4p)



Vakioita

a_0	$5,291\,772\,49 \cdot 10^{-11} \text{ m}$	
c	$299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$	
e	$1,602\,176 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	
ϵ_0	$8,854\,187 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$	
g	$9,806\,65 \text{ m s}^{-2}$	
h	$6,626\,068 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$	$2\pi\hbar$
k	$(4\pi\epsilon_0)^{-1}$	
k_B	$1,380\,65 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$	
m_e	$9,109\,381 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$0,510\,999 \text{ MeV}/c^2$
m_n	$1,674\,93 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$939,566 \text{ MeV}/c^2$
m_p	$1,672\,621 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$938,272 \text{ MeV}/c^2$
μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$	
N_A	$6,022\,142 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	
σ	$5,67051 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$	
u	$1,660\,538 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$931,494 \text{ MeV}/c^2$

$E \text{ (eV)}$	n	l	j
-4,2			
-6,4			
-73,6			
-75,7			
-120			
-931			
-951			
-1096			
-8979			

Tehtävä 3. Valitse alakohdista a)-d) kolme ja vastaa niihin.

- Tarkastellaan nauhamaiseen molekyyliin liittyviä energiatiloja. Osan molekyylin elektroneista voidaan ajatella olevan yksiulotteisessa äärettömässä potentiaalikuopassa, jonka leveys vastaa molekyylin pituutta 880 pm. Molekyyli voi myös värähdellä siten, että se absorboi 4,3 μm :n fotoneja. Määritä
- potentiaalikuopassa olevien molekyylin elektronien perustilan energia (2p)
 - värähtelyyn liittyvän perustilan energia. (3p)

- Millä aallonpituudella molekyylistä lähtee fotoneja, jos
- potentiaalikuopassa oleva elektroni siirtyy 2. viritetyltä tilalta 1. viritetylle tilalle (1p)
 - molekyylin värähtelyssä siirrytään 2. viritetyltä tilalta 1. viritetylle tilalle (1p)

Tehtävä 4. Vastaa neljään alakohtaan.

Alfa Centauri, Auringon jälkeen meitä lähinnä oleva tähti, sijaitsee noin 4,4 valovuoden päässä Maasta Maan järjestelmässä mitattuna. Kuvitellussa kokeessa avaruusluotain lähetetään tutkimaan Alfa Centauria ja päästyään sinne luotain kiertää tähteä lyhyen aikaa tehden mittauksia ja lähtee sitten takaisin kohti Maata. Luotaimen matkanopeus on 0,60 c Maan järjestelmässä. Jotta kokeiden tulokset saataisiin nopeammin tutkijoiden käyttöön luotain lähettää paluumatkalla mikroaaltoja käyttäen tiedot Maahan.

- Kuinka kauan matka Alfa Centauriin kestää Maan järjestelmässä? Entä luotaimen järjestelmässä? (2p)
- Millaisella nopeudella radiosignaali lähtee kohti Maata paluumatkalla olevasta luotaimesta Maan järjestelmässä? Entä luotaimen järjestelmässä? (1p)
- Kuinka kauan luotaimen vauhdista lähettämällä radiosignaalilla kestää matkalla Maahan Maan järjestelmässä? Entä luotaimen järjestelmässä? (2p)
- Määritä mikroaallojen aallonpituus (Maan järjestelmässä). (1p)
- Määritä mikroaallojen intensiteetti- ja sähkökentän huippuarvo (Maan järjestelmässä). (2p)

Oleta tehtävässä seuraavat tiedot Maan järjestelmässä mitattuina: mikroaallojen taajuus on 1,5 GHz; mikroaaltolähettimen teho on 100 W; mikroaallot saadaan suunnattua niin hyvin kohti Maata, että kaukaa lähetetyn signaalin mikroaaltoteho jakaantuu Maan kiertoradan kokoiselle alueelle ($A = 7 \cdot 10^{22} \text{m}^2$).

Tehtävä 5. Ylimääräinen tehtävä, jolla voi korvata kurssin bonuspisteet. Jos vastaat tähän arvostelussa otetaan automaattisesti huomioon enemmän pisteitä tuova vaihtoehto.

Luonnonvismutista (^{209}Bi) voidaan valmistaa α -radioaktiivista ^{210}Po -isotooppia tuottamalla ensin ydinreaktorissa lyhytikäistä ^{210}Bi -isotooppia, jonka hajoamistuotteena sitten syntyy isotooppia ^{210}Po . Sen puoliintumisaika on 138,4 vuorokautta.

- Kirjoita ^{210}Bi -isotoopin tuottoreaktion yhtälö sekä ^{210}Bi :n ja ^{210}Po :n hajoamisreaktioiden yhtälöt. (2p)
- Miksi ^{210}Po on vaarallista erityisesti kehon sisälle joutuessaan? (1p)
- Arvioi annettujen tietojen avulla, kuinka monta radioaktiivista hajoamista sekunnissa tapahtuu yhdessä mikrogrammassa ^{210}Po -isotooppia? (2p)

11 5 B	12 6 C	14 7 N	16 8 O	19 9 F	20 10 Ne
13 13 Al	14 14 Si	15 15 P	16 16 S	17 17 Cl	18 18 Ar
31 31 Ga	32 32 Ge	33 33 As	34 34 Se	35 35 Br	36 36 Kr
51 51 In	50 50 Sn	51 51 Sb	52 52 Te	53 53 I	54 54 Xe
81 81 Tl	82 82 Pb	83 83 Bi	84 84 Po	85 85 At	86 86 Rn

Merkitse nimi, tutkinto-ohjelma, opiskelijanumero ja kurssin koodi jokaiseen paperiin.
Ratkaise kukin tehtävä omalle sivulle. Muista perustella lyhyesti tekemäsi ratkaisut!

Jos vastaat useampaan kohtaan kuin on pyydetty, viimeisiä ei arvostella.

Opiskelijalla saa olla tentissä mukana yksi vaaleankeltainen A4-arkki käsin kirjoitettuja muistiinpanoja.

Muistiinpanoarkin yläreunassa tulee olla opiskelijan nimi ja opiskelijanumero. Muistiinpanot palautetaan tentin mukana.

Käännä