

Tehtävä 1. Vastaa kolmeen alakohtaan.

Mikroaaltouunilla ($f = 2,45 \text{ GHz}$, $P_{\text{anto}} = 650 \text{ W}$) lämmitetään kupillinen ($m = 150 \text{ g}$) vettä 5°C :sta 95°C :een. Lämpötilan nostamiseen tarvittava energia on suoraan verrannollinen veden massaun sekä alku- ja loppulämpötilojen erotukseen. Verrannollisuuskerroin $c = 4,19 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$. Vesimolekyylin massa on 18 u .

- Määritä mikroaaltojen aallonpituus (1p)
- Määritä millaisella taajuudella lämmityksen aikana fotoneja absorboituu veteen. (2p)
- Määritä kuinka paljon energiaa absorboituu keskimäärin yhteen vesimolekyyliin. (2p)
- Selvitä millaisia energiatiloja veden lämmittäminen tällä tavoin virittää. (2p)
- Selvitä millaisia sidoksia molekyylissä ja materiaalissa nimeltä vesi on tunnistettavissa ja mitä niiden voimakkuuksista voidaan sanoa. (3p)

Tehtävä 2. 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.

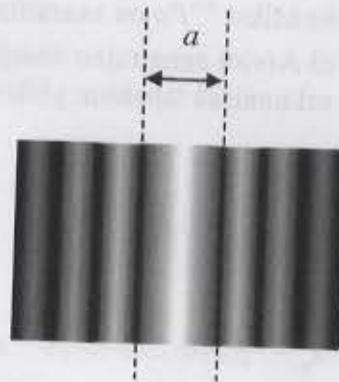
- Kuinka kauan matka Alfa Centauriin kestää Maan järjestelmässä? Entä luotaimen järjestelmässä? (2p)
- Millaisella nopeudella radiosignaali lähtee kohti Maata paluumatkalla olevasta luotaimesta Maan järjestelmässä? Entä luotaimen järjestelmässä? (1p)
- Kuinka kauan luotaimen vauhdista lähettämällä radiosignaalia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

Oleta tehtävässä seuraavat tiedot Maan järjestelmässä mitattuina: mikroaaltojen taajuus on $1,5 \text{ GHz}$; 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 3. Vastaa molempiin alakohtiin.

Elektronisuihku, jonka liike-energia on 22 eV osuu metallilevyssä olevaan pieneen aukkoon. Aukon takana etäisyydellä 95 cm olevalla ilmaisimella havaitaan kuvan 2 mukainen kuvio, missä mitalla a on arvo $1,0 \text{ cm}$.

- Selvitä, mistä johtuu ilmaisimella havaittava kuvio. (2p)
- Määritä minkä kokoinen ja muotoinen aukko on kyseessä. (4p)



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

Jos vastaat useampaan alakohtaan kuin on pyydetty, arvostelu tehdään järjestyksessä a,b,c ja ylimääräisiä 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.

Tehtävä 4. Valitse alakohdista a)-d) kolme ja vastaa niihin.

Elektroni on yksiulotteisessa potentiaaliuopassa, jonka suuruus alueella $|x| > L$ on ääretön ja muulloin

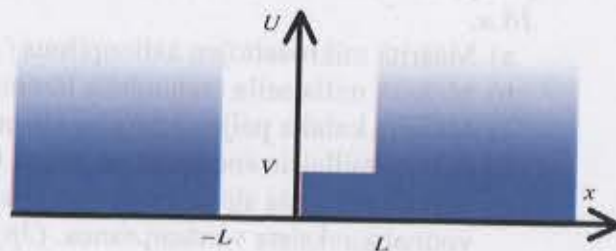
$$U = \begin{cases} 0 & -L < x < 0 \\ V & 0 < x < L \end{cases}$$

Parametreilla on arvot $V = 10 \text{ eV}$ ja $L = 1,0 \text{ nm}$, ja niitä vastaavat energiatilat on annettu oheisessa taulukossa.

Jos tarkastellaan elektronia, jolle $E = 3,86 \text{ eV}$, sitä kuvaavat aaltofunktiot

$$\psi_1(x) = A \sin[k(x+L)] \quad -L < x < 0$$

$$\psi_2(x) = B [e^{\kappa(L-x)} - e^{\kappa(x-L)}] \quad 0 < x < L$$



ja vakioiden A ja B välille voidaan kirjoittaa $B \approx 1,84 \cdot 10^6 A$.

n	E_n (eV)
1	0,425
2	1,71
3	3,86
4	6,97
5	11,24
6	15,72

- a) Fotoni luovuttaa energiansa elektronille, joka siirtyy toiselta viritetyltä tilalta kolmannelle viritetylle tilalle. Määritä millainen fotonin energia tulee olla, jotta tämä onnistuu. (1p)
- b) Osoita, että aaltofunktiot toteuttavat Schrödingerin yhtälön, ja johda lausekkeet k :lle ja κ :lle. (3p)
- c) Kirjoita lauseke, jonka perusteella voit määrittää vakion A arvon. (Älä ratkaise lauseketta) (1p)
- d) Vakiolle A voidaan b)-kohdan lausekkeesta määrittää arvoksi $A = 44500$. Määritä millä todennäköisyydellä hiukkanen löytyy alueesta $0 < x < L$. (2p)

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.

- a) Kirjoita ^{210}Bi -isotoopin tuottoreaktion yhtälö sekä ^{210}Bi :n ja ^{210}Po :n hajoamisreaktioiden yhtälöt. (3p)
- b) Miksi ^{210}Po on vaarallista erityisesti kehon sisälle joutuessaan? (1p)
- c) Arvioi annettujen tietojen avulla, kuinka monta radioaktiivista hajoamista sekunnissa tapahtuu yhdessä mikrogrammassa ^{210}Po -isotooppia? (2p)

¹¹ B	¹² C	¹⁴ N	¹⁶ O	¹⁹ F	²⁰ Ne
¹³ Al	¹⁴ Si	¹⁵ P	¹⁶ S	¹⁷ Cl	¹⁸ Ar
²⁰ Ga	²³ Ge	²⁵ As	²⁹ Se	³⁵ Br	³⁶ Kr
⁴⁹ In	⁵⁰ Sn	⁵¹ Sb	⁵² Te	⁵³ I	⁵⁴ Xe
⁸¹ Tl	⁸² Pb	⁸³ Bi	⁸⁴ Po	⁸⁵ At	⁸⁶ Rn

Vakioita

a_0	$5,291\,772\,49 \cdot 10^{-11} \text{ m}$	m_e	$9,109\,381 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$0,510\,999 \text{ MeV}/c^2$
c	$299\,792\,458 \text{ m s}^{-1}$	m_n	$1,674\,93 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$939,566 \text{ MeV}/c^2$
e	$1,602\,176 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	m_p	$1,672\,621 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$938,272 \text{ MeV}/c^2$
ϵ_0	$8,854\,187 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N A}^{-2}$	
g	$9,806\,65 \text{ m s}^{-2}$	N_A	$6,022\,142 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	
h	$6,626\,068 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$	σ	$5,670\,51 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$	
k_B	$1,380\,65 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$	u	$1,660\,538 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$931,494 \text{ MeV}/c^2$

Käännä