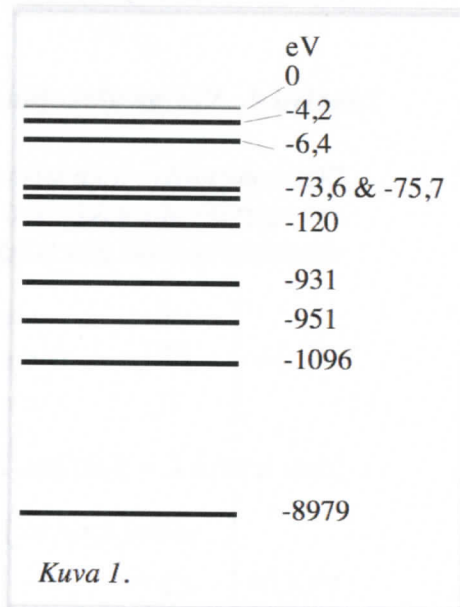


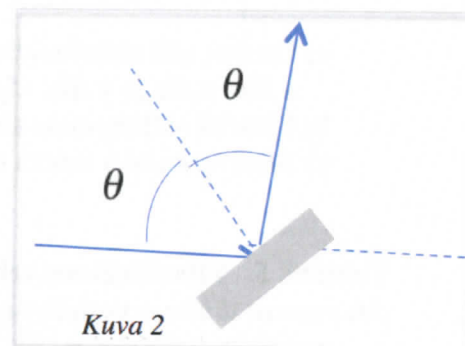
Tehtävä 1. Vastaa lyhyesti viiteen alakohtaan!

- Mitä säätelevät valintasäännöt? (1p)
- Mihin väittämään erityinen suhteellisuusteoria voidaan kiteyttää? (1p)
- Mikä on aaltofunktion normituksen fysikaalinen sisältö? (1p)
- Miten fermionit eroavat bosoneista? (2p)
- Miten metallien ja eristeiden vyö rakenne eroaa toisistaan? (2p)
- Miten perusvuorovaikutukset vaikuttavat siihen pysyykö atomiydin koossa vai hajoo? (2p)

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

Kuva 1 esittää elektronien energiatiloja kuparissa ($Z=29$). Näitä energiatiloja tutkitaan käyttäen kuparianodilta saatavaa röntgensäteilyä ja röntgendiffraktiota. Säteilyllä havaitaan neljännen kertaluvun intensiteettimaksimit kulmissa $\theta = 19,7^\circ$, $20,1^\circ$ ja $31,9^\circ$ käyttäen kuvan 2 röntgendiffraktometriä. Kuvassa 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)
- Selitä kuvan 1 energiatasokaavion avulla havaittu säteily (2p)
- Mitkä kvanttilukujen n , l ja j arvot liittyvät kuvan 1 energiatasokaavion tiloihin? Vastaukseksi riittää täydentää alla oleva taulukko. (4p)



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

Tehtävä 3. Vastaa kolmeen alakohtaan.

Toinen kaksosista lähtee avaruusaluksella (etenemisvauhti 80% valon nopeudesta) tekemään vierailun tähdellä, jonka etäisyys Maasta on neljä valovuotta ja palaa sitten Maahan.

- Määritä kuinka kauan edestakainen matka kestää Maahan jääneen kaksosen kellon mukaan (2p)
- Määritä kuinka kauan edestakainen matka kestää matkan tehneen kaksosen kellon mukaan (2p)
- Käännyttyään paluumatkalle matkustaja lähettää valomerkin Maahan. Kuinka kauan täydestä vauhdista lähetetyllä valolla kestää saapua Maahan sinne jääneen kaksosen mielestä. (2p)
- Jos tarkastellaan pelkästään kaksosten suhteellista liikettä toistensa suhteen, voidaan spekuloida sillä, kumpi kaksosista on vanhempi kun he matkan jälkeen tapaavat? Miten saat tuloksestasi yksikäsitteiden, ja kumpi on vanhempi? (3p)

Merkitse nimesi, tutkinto-ohjelmasi, opiskelijanumerosi ja tenttimäsi kurssin koodi jokaiseen paperiin.

Ratkaise kukin tehtävä omalle sivulleen.

Kaikki ratkaisut tulee perustella lyhyesti, ellei tehtävänannossa muuta todeta.

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

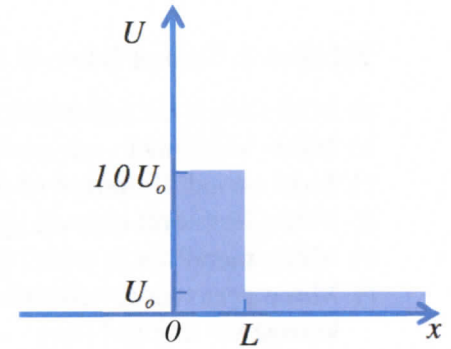
Opiskelijalla saa olla tentissä mukana yksi vaaleankeltainen A4-arkki käsin kirjoitettuja muistiinpanoja.

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

Tehtävä 4. Vastaa alakohtaan a) sekä joko kohtaan b) tai c).

Elektronisuihku, joka vastaa $1\mu\text{A}$:n virtaa ($6,3 \cdot 10^{12}$ elektronia/s) ja jonka aallonpituus alueessa $x < 0$ on $\lambda_1 = 0,90\text{ nm}$ ja energia $E = 9U_0$ tulee vasemmalta kohti potentiaalivallia

$$U(x) = \begin{cases} 0 & x < 0 \\ 10U_0 & 0 < x < L \\ U_0 & x > L \end{cases}$$



jossa leveys $L = 5,00\text{ nm}$. Elektronisuihku kuvataan aaltofunktiolla

$$\psi(x) = \begin{cases} A \sin(k_1 x + \omega t) + B \sin(k_1 x - \omega t) & x < 0 \\ C e^{-k_2 x} & 0 < x < L \\ D \sin(k_3 x - \omega t) & x > L \end{cases}$$

- Osoita, että aaltofunktio on ajasta riippumattoman Schrödingerin yhtälön ratkaisu ja johda lausekkeet k_1 :lle, k_2 :lle ja k_3 :lle. (5p)
- Määritä aallonpituus alueessa $x > L$. (2p)
- Määritä kuinka monta elektronia pääsee vallin läpi aikayksikössä. (3p)

Tehtävä 5. Ylimääräinen tehtävä, jolla voi korvata kurssin bonuspisteet.

Jos vastaat tähän arvostelussa otetaan automaattisesti huomioon enemmän pisteitä tuova vaihtoehto.

5. Alkemistien tavoite oli valmistaa kultaa muista metalleista. Ydinreaktioiden avulla tämä haave voidaan periaatteessa toteuttaa esimerkiksi ampumalla suurenergisellä γ -kvantilla $^{198}_{80}\text{Hg}$ -isotoopista yksi neutroni pois. Syntyvä välituote hajoaa 65 tunnin puoliintumisajalla pysyväksi $^{197}_{79}\text{Au}$ -isotoopiksi. Nykyalkemisti haluaa valmistaa yhden unssin (28 g) puhdasta kultaa.

- Kirjoita ydinreaktioketjua kuvaavat yhtälöt.
- Kuinka kauan γ -säteilytyksen jälkeen näytettä tulee säilyttää, ennekuin 99,9 % sen atomeista on kultaa?
- Mikä on tällöin näytteen aktiivisuus?

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	$5,670\,51 \cdot 10^{-8}\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-4}$	
k_B	$1,380\,65 \cdot 10^{-23}\text{ J K}^{-1}$	u	$1,660\,538 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$	$931,494\text{ MeV}/c^2$