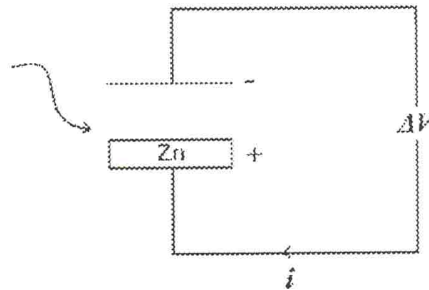
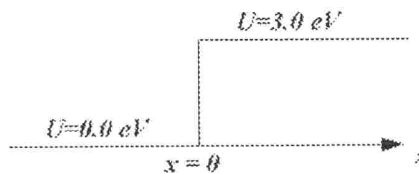


- Vastaa sanallisesti, mutta lyhyesti seuraaviin kysymyksiin (2p/kohta)
 - Mitä Compton-sirontakokeessa tapahtuu, mikä on kokeen merkittävä kokeellinen tulos ja sen teoreettinen selitys?
 - Mitä erikoista on harmonisen oskillaattoripotentialiaa vastaavien ominaistilojen *energioissa*, hahmottele 4 alinta ominaistilaa (aaltofunktiota) ja kerro miten *klassinen harmoninen värähtelijä* ja vastaava *kvanttimekaaninen systeemi* liittyvät toisiinsa
 - Mikä on stationäärinen tila? Voiko hiukkanen olla stationäärisessä tilassa aivan totaalisen tarkasti liikkumattomana? Perustelee vastauksesi.
- Tarkastellaan koetta, jossa sinkkilevy toimii yhtenä elektrodina. Kokeessa kytketään ns. pysäytysjännite ΔV kuvan mukaisesti sinkkielektrodin ja toisen elektrodin välille. Sinkkilevyyn kohdistetaan valo, jonka aallonpituus on 250 nm. Sinkin työfunktio on 4.3 eV.



Kuva 1. Kokeen mittajärjestely.

- Mikä on pysäytysjännitteen ΔV arvo (eli sellainen jännite, jolloin piirissä ei kulje virtaa)?
 - Pysäytysjännitteen sijasta kytketään elektrodien välille 1 voltin jännite ja 250 nm:n valolähde vaihdetaan helium-neon-laseriin, jonka aallonpituus on 632.8 nm. Minkälaisilla kineettisen energian arvoilla elektronit irtoavat sinkkimetallista?
 - Miksi valosähköinen ilmiö ja sen selitys oli/on niin merkittävä modernissa fysiikassa, että Einsteinille myönnettiin aiheesta fysiikan Nobelin palkinto vuonna 1905?
- Elektronin elektrostaattinen yksiulotteinen potentiaali on kuvan 2. muotoinen. Kohdassa $x=0$ potentiaali muuttuu arvosta 0.0 eV arvoon 3.0 eV.

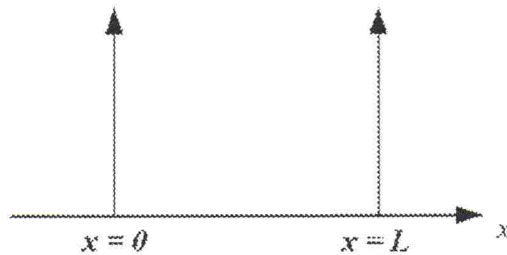


Kuva 2. Tehtävän 3 potentiaalikynnys.

- a) Elektroni kohtaa potentiaalikyngyksen vasemmalta kineettisen energian arvolla 2.0 eV. Mitkä ovat sitä kuvaavat ainealtofunktio (Schrödingerin yhtälön ratkaisut) ?
 b) Kuten a) kohta, mutta tarkastellaan nopeampaa elektronia, jonka kineettinen energia on 5.0 eV. Mitkä ovat tällöin elektronin ainealtofunktio?

Kerro kummassakin kohdassa mitä ratkaisut kertovat elektronin liiketilasta.

4. Hiukkanen on rajattuna alla olevan kuvan mukaisessa potentiaalikuopassa. Potentiaalienergia on $U(x)=0$, kun $0 < x < L$ ja kuopan ulkopuolella $U(x)=\infty$



Kuva 3. Äärettömän potentiaalikuoppa.

- a) Määritä tämän perusteella sallitut energiatilat hiukkaselle, joka on äärettömän korkeassa potentiaalilaatikossa.
 b) Elektroni siepattu kyseiseen potentiaalikuoppaan. Jos energialtaan alhaisimmassa siirtymätapahtumassa (transitiossa) kahden energiatason välillä vapautuu fotoni, joka on aallonpituudeltaan 610 nm, niin mikä on tällöin potentiaalikuopan leveys?

5. Yleisen suureen Q epätarkkuus ΔQ lasketaan kvanttimekaniikassa suureen keskiarvon \bar{Q}

ja suureen neliön $\overline{Q^2}$ keskiarvon avulla s.e. $\Delta Q = \sqrt{\overline{Q^2} - (\bar{Q})^2}$.

Laske äärettömän korkean ja yksiulotteisen potentiaalilaatikon toiseksi alimmalla energiatilalla olevalle hiukkaselle liikemäärän p epätarkkuus Δp . Olkoon potentiaalilaatikon pituus L . Riippuuko liikemäärän epätarkkuus siitä millä tilalla hiukkanen on tässä laatikkopotentiaalissa, ja jos riippuu, niin kasvaako vai pieneneekö Δp ominaistilan ψ_n indeksin n mukaan? Jos keksit vastauksellesi järkevän perustelun, saat yhden lisäpisteen. (6+1p)

VAKIOITA JA KAAVOJA: $\sin^2 x = \frac{1}{2}(1 - \cos(2x))$, $\cos^2 x = \frac{1}{2}(1 + \cos(2x))$

$m_e = 9,1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$m_p = 1,6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$m_n = 1,6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$\text{amu} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$
$e = 1,6021 \times 10^{-19} \text{ C}$	$c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m/s}$	$\hbar = 1,0545 \times 10^{-34} \text{ Js}$	$\mu_B = 9,2732 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$
$\epsilon_0 = 8,8544 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$	$K_e = 1/4\pi\epsilon_0$	$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ mkgC}^{-2}$	$K_m = \mu_0 / 4\pi$
$\gamma = 6,670 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$	$N_A = 6,0225 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	$R = 8,3143 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$	$k = 1,3805 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$
$M_H = 1.008 \text{ g/mol}$	$M_N = 14.01 \text{ g/mol}$		

Tuomas Pärnänen
 toparnan@cc.hut.fi