

S-114.1327 Fysiikka III (EST) (6 op) 1. välikoe 10.03.2010 Ilkka Tittonen

1. Vastaa seuraaviin kysymyksiin perustellusti, mutta ytimekkäästi (esim. 5-10 lausetta) (2p per kohta).

- Mikä on sidottu tila? Anna lisäksi esimerkki käytännön tilanteesta jossa esiintyy sidottuja tiloja.
- Selitä miten ja miksi kvanttimekaniikan mukaan kaksoisrakokokeessa saadaan vuorotellen tummia ja vaaleita viivoja detektoritasolla, jos kaksoisraolle ohjataan hyvin heikko elektronivirta, esim. luokkaa vain 1 elektroni päivässä?
- Mikä on Compton-efekti? Kerro miten ilmiö havaitaan kokeellisesti ja mikä on efektin kvanttimekaaninen selitys? Miksi Compton-efektiä ei voi ymmärtää klassisen sähkömagnetismin avulla?

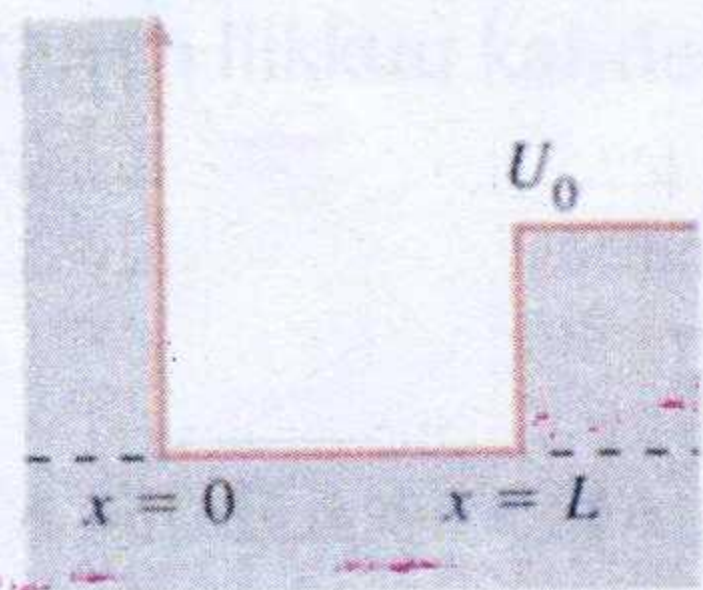
2.

- Mikä on kvanttikaivo? Miten kvanttikaivon koko vaikuttaa energiatiloihin? Jos elektroni on kvanttikaivossa, miten sen käyttäytyminen muuttuu verrattuna tilanteeseen, jossa se olisi ilman kaivon potentiaaliseniä? (2p)
- Oleta, että kvanttikaivon seinät muodostavat äärettömän korkean potentiaalisinän ja että sen pituus on L . Mitkä ovat ensimmäisellä viritetyllä tilalla olevan elektronin paikan ja liikemäärän odotusarvot? (4p)

3. VALITSE joko a) tai b)

- Elektroni on sidottuna kuvan 1. mukaiseen potentiaalilaatikkoon. Ratkaise Schrödingerin yhtälö ja johda energian kvantisoitumisehto, kun elektronin kokonaisenergia $E < U_0$. (5p)

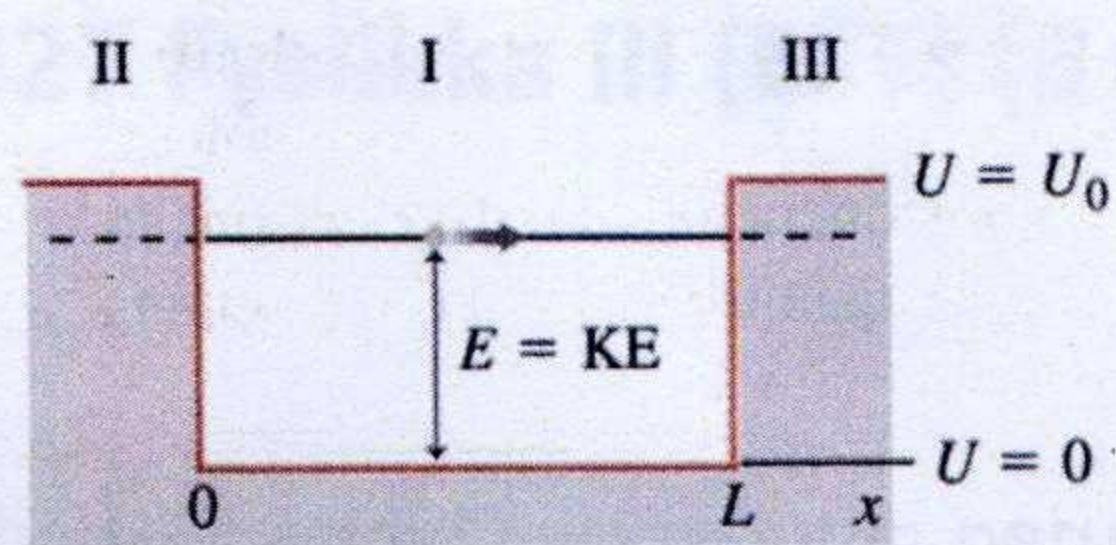
Mitä käytännön fysikaalista tilannetta tämä potentiaalimuoto approksimoi? (1p)



$$U(x) = \begin{cases} \infty & x \leq 0 \\ 0 & 0 < x < L \\ U_0 & x \geq L \end{cases}$$

Kuva 1. Puoliääretön potentiaalilaatikko.

- Oleta, että elektroni on äärellisen korkeudessa potentiaalilaatikossa oheisen kuvan 2. mukaisesti kokonaisenergian arvolla E ($E < U_0$). Etsi elektronin ominaistilat ja energian kvantittumisehto. Sinun ei tarvitse etsiä numeerisesti tilojen tarkkoja energioita. (6p)



Kuva 2. Äärellinen potentiaalilaatikko.

4.

- Lasisen tyhjiöputken sisällä on metallinpalanen, jota valaistaan valolla, jonka aallonpituus on 590 nm. Elektronit irtoavat tällä aallonpituudella juuri ja juuri metallista. Miten suuri kineettinen energia on elektroneilla, jotka irtoavat metallista silloin, kun aallonpituus on puolet 590 nanometristä? (4p)
- Miten saadaan käytännössä mitattua valosähköisesti irronneiden elektronien kineettinen energia? (2p)

5. Vastaa seuraaviin kysymyksiin.

a) $\frac{dU}{df} = (k_B T) \cdot \left(\frac{8\pi V}{c^3}\right) \cdot (f^2)$

blaablaablaa....

- Oheisen tuloksen luultiin kuvaavan mustasta kappaleesta emittoituvaa säteilyä. Kerro sanallisesti mitä kukin sulussa oleva termi tarkoittaa (HUOM! Tarkoitus ei ole selittää yksittäisiä suureita, vaan kertoa mitä sulussa oleva termi kuvaa). Miksi tulos oli ristiriidassa kokeellisen havainnon kanssa ja miten saadaan tulos, joka vastaa todellisuutta? (2p)
- Mitä tarkoitetaan aaltopakettilla? Miten se liittyy Heisenbergin epätarkkuusperiaatteeseen? (2p)
- Miksi elektroni ei ydintä kiertäessään säteile pois kokonaisenergiaansa ja lopulta putoa ytimeen, vaan luonnollisesti pysyy radallansa? (1p)
- Miten harmonisen oskillaattorin ratkaisusta päästään klassiseen ratkaisuun, jossa hiukkanen liikkuu kahden kääntopisteen välillä. (1p)

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

$m_e = 9,1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$

$m_p = 1,6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$m_n = 1,6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$\text{amu} = 1,6605 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$e = 1,6021 \times 10^{-19} \text{ C}$

$c = 2,9979 \times 10^8 \text{ m/s}$

$\hbar = 1,0545 \times 10^{-34} \text{ Js}$

$\mu_B = 9,2732 \times 10^{-24} \text{ JT}^{-1}$

$\epsilon_0 = 8,8544 \times 10^{-12} \text{ C}^2 \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2}$

$K_e = 1/4\pi\epsilon_0$

$\mu_0 = 1,2566 \times 10^{-6} \text{ mkgC}^{-2}$

$K_m = \mu_0/4\pi$

$\gamma = 6,670 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$

$N_A = 6,0225 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$R = 8,3143 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$k = 1,3805 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

$M_H = 1.008 \text{ g/mol}$

$M_N = 14.01 \text{ g/mol}$