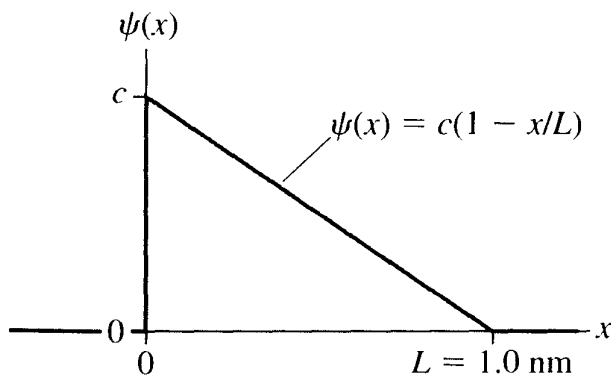


Loppukokeessa on kuusi samanarvoista tehtävää. Tehtäväpaperin lopussa on tarvittavien vakioiden arvoja.

1) Maija matkustaa avaruusaluksessa Maan pinnalla levossa olevan Sepon ohi vauhdilla $0,600c$. Kun Maija on Sepon kohdalla, Maija ja Seppo käynnistävät kellonsa. a) Jonkin ajan kuluttua Seppo mittaa Maijan matkustaneen hänet ohitettuaan matkan $9,00 \cdot 10^7$ m ja olevan juuri ohittamassa avaruusasemaa. Mitä Sepon kello näyttää, kun Maija ohittaa aseman? Mitä Maijan kello näyttää, kun hän ohittaa aseman? b) Juuri, kun Maija ohittaa Sepon, Seppo sulkee silmänsä. Maijan mittauksen mukaan Seppo avaa silmänsä $0,400$ s kuluttua. Kuinka pitkän ajan Seppo omasta mielestään pitää silmänsä suljettuina?

2) Valokeila, jonka teho on $2,50$ W ja jossa valon aallonpituus on 124 nm, osuu metallipintaan. Mittausten mukaan metallista irronneiden elektronien suurin kineettinen energia on $4,16$ eV. Oleta, että keskimäärin joka toinen fotoni irrottaa elektronin. a) Mikä on metallin irrotustyö (yksikkö eV)? b) Kuinka monta valoelektronia irtoaa sekunnissa? c) Jos valokeilan teho puolitetaan, mikä on vastaus b-kohtaan? d) jos teholla on alkuperäinen arvo, mutta aallonpituus puolitetaan, mikä on vastaus b-kohtaan? e) Jos teholla on alkuperäinen arvo, mutta aallonpituus kolminkertaistetaan, mikä on vastaus b-kohtaan?

3) Oheisessa kuvassa on aaltofunktio hiukkaselle, joka on sidottu alueeseen $0 \leq x \leq L = 1,0$ nm. Tämän alueen ulkopuolella aaltofunktion arvo on $= 0$. a) Mikä on vakion c arvo? b) Piirrä todennäköisyystiheys $P(x)$. c) Laske todennäköisyys sille, että hiukkanen on $0,01$ nm leveässä alueessa kohdissa $0,05$ nm, $0,50$ nm ja $0,95$ nm.



4) Vastaa seuraaviin kysymyksiin hyvin lyhyesti.

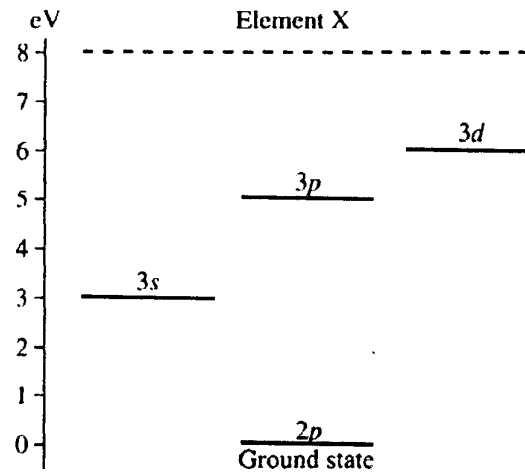
a) Mitä tarkoitetaan nollapisteliikkeellä?

b) Mikä on Paulin kieltoääntö?

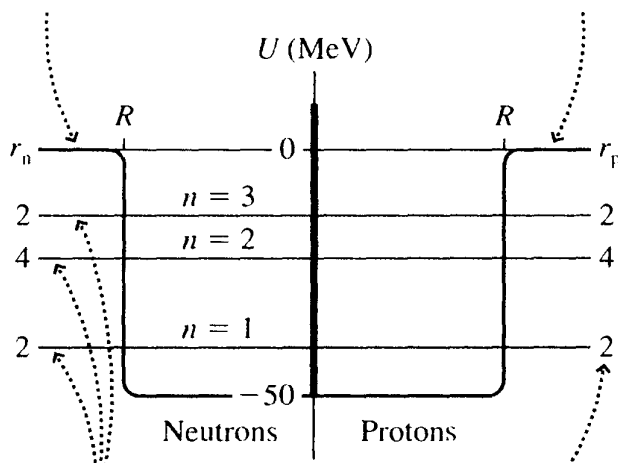
c) Mitä tarkoitetaan tunneloitumisella?

d) Mikä on kvanttimekaanisen harmonisen värähtelijän kahta alinta viritystilaa perustilalle purkavien siirtymien energioiden suhde $E_{3 \rightarrow 1}/E_{2 \rightarrow 1}$?

5) Oheisessa kuvassa on alkuaineen X atomin energiatasokaavio. **a)** Mitkä siirtymät nähdään alkuaineen absorptiospektrissä? Mitkä ovat siirtymien aallonpituudet? **b)** Mitkä aallonpituudet nähdään emissiospektrissä? **c)** Elektroni, jonka vauhti on $1,4 \cdot 10^6$ m/s, törmää X-atomin kanssa. Välittömästi törmäyksen jälkeen atomi lähettää 620 nm fotonin. Mikä oli elektronin vauhti törmäyksen jälkeen? **d)** X-atomeja on viritetty siten, että 3s-tilassa on $1,0 \cdot 10^6$ atomia. 20 ns kuluttua niistä on jäljellä viritystilassa $2,0 \cdot 10^5$ atomia. Mikä on 3s-tilan keskimääräinen elinaika?



6) Ohessa on periaatteellinen kuva kevyen ytimen protonien ja neutronien alimmista kolmesta energiatasosta ($n = 1, 2, 3$) sekä vastaavasta potentiaali-kuopasta. Tilojen energian antavien viivojen päissä on annettu suurin sallittu määrä protoneja tai neutroneja, joka tilalle mahtuu (luvut 2, 4 ja 2). **a)** Miten hiukkasten energiat eroavat tyypillisen elektronisysteemin elektronien sallituista energioista? **b)** Miten potentiaali-kuopan leveys ja muoto eroaa tyypillisen elektronisysteemin kuopan leveydestä ja muodosta? **c)** Perustele kuvan tietojen nojalla, miksi hiiliytimen ^{12}C (protoniluku $Z = 6$) kokonaisenergia on pienempi kuin booriytimen ^{12}B ($Z = 5$) tai typpiytimen ^{12}N ($Z = 7$) kokonaisenergia.



$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg (elektronin massa)}$$