

*Huom!* Kirjoita vastauspaperin yläreunaan joko "3. VÄLIKOE", "TENTTI" tai "3. VÄLIKOE JA TENTTI". Välikokeen suorittajat vastaavat tehtäviin 1–4, tentin suorittajat tehtäviin 3–7 ja molempia samanaikaisesti yrittävät vastaavat kaikkiin tehtäviin.

1. Alussa on kaksi toisistaan kaukana olevaa hiukkasta levossa: yksi protoni ja yksi antiprotoni (antiprotoni on protonin massainen, mutta negatiivisesti varautunut hiukkanen). Hiukkasten kohdatessa toisensa ne *annihiloituvat*: hiukkaset häviävät täysin ja lopussa on ainostaan sähkömagneettista säteilyä kahtena vastakkaisiin suuntiin etenevänä fotonina. Laske tuotetun sähkömagneettisen säteilyn a) energian kokonaismäärä ja b) säteilyn aallonpituus.

2. Vetyatomi on tilassa, jossa  $n = 4$ ,  $l = 2$ ,  $m_l = -1$  ja  $m_s = -\frac{1}{2}$ . Laske elektronin rataliikkeen kulma-liikemäärävektorin ja  $z$ -akselin välinen kulma.

3. Laboratoriossa tehdään mittauksia eräistä radioaktiivisista ytimistä koostuvasta hiukkassuihkusta. Laboratoriomittauksissa havaitaan, että suihkun mukana liikkuvien hiukkasten keskimääräinen elinaika on 21 ns. Toisaalta samanlaisten laboratoriossa levossa olevien hiukkasten keskimääräinen elinaika on 7.5 ns. a) Laske hiukkassuihkun hiukkasten vauhti laboratorion suhteen. b) Jos hiukkasten mukana suihkussa liikkuisi kello samalla vauhdilla kuin hiukkaset, kuinka pitkä keskimääräinen elinaika olisi sen kellon mukaan?

4. Tarkastellaan yksiulotteista probleemaa, jossa elektroni pääsee liikkumaan  $x$ -suunnassa. Elektronin kokema potentiaalienergiafunktio on kaikkialla muualla nolla paitsi potentiaalivallin kohdalla välillä  $0 \leq x \leq L$  se on positiivinen vakio  $U_0$ . Elektronin energia on alle vallin korkeuden:  $0 < E < U_0$ . a) Osoita, että aaltofunktio  $Ce^{\kappa x} + De^{-\kappa x}$  on Schrödingerin yhtälön ratkaisu vallin kohdalla. b) Laske vakion  $\kappa$  lukuarvo, jos  $E = 2.0$  eV,  $U_0 = 5.0$  eV ja  $L = 1.0$  nm.

5. Tarkastellaan hyvin pitkää, suoraa, onttoa metalliputkea. Putken ulkosäde on 85 mm ja sisäsäde on 55 mm. Putken varaus on positiivinen; varausta on putken pituusyksikköä kohti 1.23 nC/m. Laske sähkökentän suuruus pisteessä, jonka etäisyys putken akselista on 49 mm. *Huom!* Ratkaisun pitää lähteä Gaussin laista ja perustelujakin pitäisi löytyä riittävästi.

6. Tasolevykondensaattorin levyjen pinta-alat ovat  $123 \text{ cm}^2$  ja levyjen välimatka  $0.234 \text{ mm}$ . Levyjen väli on täytetty eristeenä toimivalla paperilla, jonka eristevakio on 3.7. Paperi kestää sähkökentän  $16 \cdot 10^6 \text{ V/m}$  ennen kuin tapahtuu läpilyönti. Laske kondensaattorin kapasitanssi ja suurin sallittu käyttöjännite.

7. Tyhjiössä etenevän sähkömagneettisen aallon magneettikentän lauseke on

$$(1.20 \text{ mT}) \cos[(1.2 \text{ rad/m})y - (3.6 \cdot 10^8 \text{ rad/s})t] \hat{k}.$$

a) Laske aallonpituus. b) Mihin suuntaan aalto etenee? c) Paljonko energiaa aallon mukana siirtyy keskimäärin sekunnissa neliömetrin suuruiseen, etenemissuuntaa vastaan kohtisuoran pinnan läpi? d) Ylläolevan magneettikentän lausekkeen mukaan kosinin ollessa positiivinen magneettikenttä on yksikkövektorin  $\hat{k}$  suuntainen. Minkä suuntainen sähkökenttä on kyseisessä kohdassa samaan aikaan?

elektronin massa	$9.1093897 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
protonin massa	$1.6726231 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
alkeisvaraus	$1.60217733 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
valon nopeus tyhjiössä	$2.99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Planckin vakio	$6.6260755 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
tyhjiön permittiivisyys	$\epsilon_0 = 8.854187817 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$
tyhjiön permeabiliteetti	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$

**Kaavoja kääntöpuolella!**