

Tentti 13.12.2023

- Kokeessa saa käyttää laskinta, mutta se ei saa olla ohjelmoitava.
- Kokeessa saa olla mukana itse käsin kirjoitettu lunttilappu (yksi A4, molemmat puolet). Lunttilappu tulee palauttaa koepaperin mukana.
- Kääntöpuolella kaavoja ja vakioita.

1

Radioasema lähettää sinimuotoista sähkömagneettista aaltoa, jonka intensiteetti on $4.2 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$ 6.0 km:n päässä asemasta.

- Laske radioaseman lähetysteho olettaen, että aalto leviää puolipallomaisesti ympäristöönsä eikä matkalla ole tehohäviöitä.
- Laske aallon sähkökentän amplitudi etäisyydellä 12.0 km lähettimestä.

2

Matti istuu junassa, joka etenee asemalla olevan Tepon mielestä nopeudella $0.35c + x$ -suuntaan.

- Molemmat havaitsevat raketin lentävän junan ohitse $+x$ -suuntaan Tepon mitatessa sen vauhdiksi $0.70c$ (c on valonnopeus). Mikä on raketin vauhti Matin mielestä?
- Tepon ollessa asemalaturilla junan puolivälin kohdalla hän toteaa veturimiehen heilauttavan kättään kohdassa $x = 112 \text{ m}$ ja konduktöörin kohdassa $x = -123 \text{ m}$ täsmälleen samaan aikaan. Laske heilautusten välinen aikaero Matin koordinaatistossa. Kumpi heilautti kättään Matin mielestä ensiksi (perustele)?

3

Tietyn nanorakenteen elektronin kokemaa potentiaalienergiaa mallinnetaan potentiaali-kaivolla, jossa elektronilla on kolme sidottua kvantttilaa. Näiden tilojen energiat ovat 5.1 eV , 3.2 eV ja 1.1 eV kaivon pohjalta mitattuna. Kaivon syvyys on 7.0 eV .

- Mitä valon aallonpituuksia voi perustilalla oleva elektroni absorboida siirtyessään jollekin toiselle sidotulle tilalleen? (4p)
- Kuinka paljon energiaa perustilalla oleva elektroni tarvitsee päästäkseen pois kaivosta? (2p)

4

Kaliumin epästabili isooppia $^{40}_{19}\text{K}$ käytetään kiviaineteiden ajoittamisessa. Sen puoliintumisaika on $1.28 \cdot 10^9$ vuotta ja atomimassa 39.963998 u . Tietyn kalium-näytteen aktiivisuus on 0.44 Bq . Näytteessä ei ole muita radioaktiivisia isotooppeja kuin $^{40}_{19}\text{K}$.

- Laske näytteen sisältämien $^{40}_{19}\text{K}$ -ytimien lukumäärä.
- Laske saman näytteen aktiivisuus 4.00 miljardia vuotta **aiemmin**.

5

a) Yhdistä ilmiöt oikeaan kuvaukseen. Valitse kutakin ilmiötä kohti siihen parhaiten liittyvä kuvaus. Anna vastaus muodossa 1A, 2B, ... Joka numeroa kohti tulee siis vain yksi kirjain, niin että kaikille numeroille ja kirjaimille tulee pari. Oikea vastaus 0.5p , väärä vastaus 0p .

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. todennäköisyystiheys | A. Syntyy elektronin siirtyessä valenssivyöltä johtavuusvyölle. |
| 2. elektroni-aukko-pari | B. Elektroni läpäisee korkean potentiaalivallin. |
| 3. elektronidiffraktio | C. Miehistytodennäköisyys riippuu lämpötilasta. |
| 4. tunneloituminen | D. Elektronit käyttäytyvät tässä kuin aalto. |
| 5. Fermi-Dirac -jakauma | E. Aaltofunktion itseisarvon neliö. |
| 6. molekyylien emissiospektri | F. Värähtelyt ja pyöriminen vaikuttavat tähän. |

b) Selosta lyhyesti (max 6 riviä), mikä on valosähköinen ilmiö ja miten sitä hyödyntämällä voidaan mitata aineelle irrotustyö Φ (eli työfunktio).

Vakioita

$$g = 9.80 \text{ m/s}^2$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$$

$$\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7} \text{ TmA}^{-1}$$

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$h = 4.136 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.055 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\mu_B = 5.788 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$$

$$k = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$u = 1.660539 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_p = 1.007276 \text{ u}$$

$$m_n = 1.008665 \text{ u}$$

$$uc^2 = 931.5 \text{ MeV}$$

$$1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Kaavoja

$$\vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y)\hat{i} + (A_z B_x - A_x B_z)\hat{j} + (A_x B_y - A_y B_x)\hat{k} \quad \text{Pallo: } A = 4\pi r^2, \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad | \quad E = cB$$

$$\frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial x^2} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 E_y(x,t)}{\partial t^2}$$

$$\vec{E}(x,t) = E_{\max} \hat{j} \cos(kx - \omega t)$$

$$\vec{B}(x,t) = B_{\max} \hat{k} \cos(kx - \omega t)$$

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad | \quad k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad | \quad \omega = 2\pi f$$

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

$$I = S_{\text{av}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 c E_{\max}^2$$

$$x' = \gamma(x - ut) \quad | \quad y' = y \quad | \quad z' = z$$

$$t' = \gamma(t - ux/c^2) \quad | \quad \Delta t = \gamma \Delta t_0$$

$$l = \frac{l_0}{\gamma} \quad | \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - u^2/c^2}}$$

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - uv_x/c^2}$$

$$v_x = \frac{v'_x + u}{1 + uv'_x/c^2} \quad | \quad \vec{p} = \gamma m \vec{v}$$

$$E = K + mc^2 \quad | \quad E = \gamma mc^2$$

$$E = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2}$$

$$E = hf \quad | \quad E = pc \quad | \quad hf - \phi = eV_0$$

$$\lambda = h/p \quad | \quad p = h/\lambda$$

$$hf = E_f - E_i \quad | \quad hf = E_i - E_f$$

$$m\lambda = d \sin \theta$$

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2 \quad | \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar/2$$

$$P = \int_{x_1}^{x_2} |\psi|^2 dx \quad | \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx = 1$$

$$E_n = \frac{n^2 \hbar^2}{8mL^2} \quad | \quad \psi_n = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} + U(x)\psi(x) = E\psi(x)$$

$$E = -\frac{13.60 \text{ eV}}{n^2} \quad | \quad L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$$

$$L_z = m_l \hbar \quad | \quad S_z = m_s \hbar$$

$$U = -\mu_z B = m_l \mu_B B$$

$$f(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1}$$

$$I = I_s (e^{eV_b/kT} - 1)$$

$$E_B = (ZM_H + Nm_n - \frac{A}{2}M)c^2$$

$$\beta^+: Q = (M_P - M_D - 2m_e)c^2$$

$$\beta^-, \text{ EC: } Q = (M_P - M_D)c^2$$

$$Q = (M_P - M_D - M_{\frac{4}{2}\text{He}})c^2$$

$$Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2$$

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad | \quad T_{\text{mean}} = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2}$$

$$A(t) = \left| \frac{dN(t)}{dt} \right| = \lambda N(t)$$

$$D = \frac{E_{\text{abs}}}{m} \quad | \quad H = \text{RBE} \times D$$