

1. Kosminen säteily synnyttää yläilmakehässä epästabiilin alkeishiukkasen, joka sattumoisin kulkee suoraan maata kohti nopeudella $0.99540c$. Nopeus on mitattu maahan verrattuna. Maan pinnalla oleva tiedemies mittaa hiukkasen syntyvän korkeudella 45.0km . (a) Tiedemiehen mittaamana, kauanko hiukkasen matka maan pinnalle kestää? (b) Kuinka pitkä matka hiukkasella on maan pinnalla sen omassa koordinaatistossa mitattuna? (c) Kuinka kauan hiukkasen matka maan pinnalle kestää sen omassa koordinaatistossa mitattuna?

2. (a) Kuinka nopeasti sinun on lähestyttävä punaista liikennevaloa ($\lambda = 675\text{nm}$), jotta se näyttäisi keltaiselta ($\lambda = 575\text{nm}$). (b) Loittonet perässäsi ajavasta poliisiautosta kyseisellä nopeudella. Sen vilkku lähettää sinistä valoa ($\lambda = 450\text{nm}$). Minkä taajuusena ja minkä värisenä poliisiauton vilkun valo saavuttaa sinut? (Ks. myös oheinen taulukko)

violetti	400nm	440nm
sininen	440nm	480nm
vihreä	480nm	560nm
keltainen	560nm	590nm
oranssi	590nm	630nm
punainen	630nm	700nm

Näkyvän valon aallonpituudet

3. Filmeissä käytetään valoherkkänä aineena hopeabromidia AgBr . Yhden molekyylin hajottaminen vaatii n. 1.04eV energiaa. (a) Mitkä ovat molekyylin hajoamista vastaavan sähkömagneettisen säteilyn kvantin taajuus ja aallonpituus?

(b) Radioasema lähettää radioaaltoja, joiden taajuus on 100MHz . Mikä on aaltoja vastaavien fotonien energia elektronivoltteina?

(c) Selitä lyhyesti, miksi pienen tulikärpäsen lähettämä näkyvä valo voi valottaa filmin, mutta 50kW :n teholla toimiva radiolähetin ei.

4. protonin ja elektronin energia atomiytimessä. Atomiytimen säde on suuruusluokkaa $5.0 \times 10^{-15}\text{m}$. (a) Arvioi Heisenbergin epätarkkuusperiaatteen avulla protonin ja elektronin liikemäärän epämääräisyyttä Δp , kun niiden sijainti on rajattu atomiytimeen.

(b) Käytä laskemaasi liikemäärän epämääräisyyttä arviona kyseisten hiukkasten liikemäärälle. Laske liikemäärän klassisesta lausekkeesta arvio hiukkasten nopeudelle valonnopeuteen verrattuna. (c) Käytä relativistista kineettisen energian lauseketta laskeaksesi arviot hiukkasten energialle ytimessä. Anna vastaus elektronivoltteina.

5. Alumiinille mitataan valosähköistä ilmiötä: Kun pintaa säteilytetään eri aallonpituuksisella (λ) valolla, pinnasta lähtevien elektronien pysäyttämiseen tarvitaan kullekin aallonpituudelle eri pysäytyspotentiaali (V). Mittaustuloksena saadaan sarja $\lambda = 234\text{nm}$, $V = 1.0\text{V}$; $\lambda = 197\text{nm}$, $V = 2.0\text{V}$; $\lambda = 169\text{nm}$, $V = 3.0\text{V}$;

(a) Piirrä pinnasta irtoavien elektronien kineettinen energia (maksimi) taajuuden funktiona. Määritä kuvaajasta (b) valosähköinen kynnystaajuus, (c) alumiinin työfunktio (irroitustyö) ja (d) Planckin vakio.

Käännä!

Vakioita:

$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{T} \cdot \text{m} \cdot \text{A}^{-1}$ ja $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{C}$. $1\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{J}$. $c = 3.0 \times 10^8 \text{m/s}$, elektronin massa $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$, protonin massa $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$, $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34} \text{Js}$, $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{Js} = 4.136 \times 10^{-15} \text{eV} \cdot \text{s}$.
Matemaattisia kaavoja: $\sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha) = 1$,

Ohessa sekalainen kokoelma kaavoja, joista voi olla hyötyä. Huomaa, että kaikki kaavat eivät ole yleispäteviä vaan soveltuvat vain erikoistapauksiin

$$\begin{aligned} x &= x' + ut & y &= y' & z &= z' & t &= t' & v &= v' + u \\ x' &= \gamma(x - ut) & y' &= y & z' &= z & t' &= \gamma(t - ux/c^2) & v' &= \frac{v-u}{1-uv/c^2} & v &= \frac{v'+u}{1+uv'/c^2} \end{aligned}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad \Delta t = \gamma \Delta t_0 \quad l = \frac{l_0}{\gamma}$$

$$\frac{f}{f_0} = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \text{ sinisiirtymä.} \quad \frac{f}{f_0} = \sqrt{\frac{c-v}{c+v}} \text{ punasiirtymä.}$$

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v} \quad E = K + mc^2 \quad K = (\gamma - 1)mc^2$$

$$E = \gamma mc^2 \quad E = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2} \quad K = E - mc^2 \quad K \approx p^2/2m \text{ jos } v \ll c.$$

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

$$E = hf = h\frac{c}{\lambda} \quad E = pc \quad \lambda = h/p \quad p = h/\lambda \quad \Delta x \Delta p \geq \hbar \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar$$

$$K_{\max} = hf - \phi \quad hf = E_f - E_i \quad hf = E_i - E_f \quad hf = n_f^2 E_1 - n_i^2 E_1 \quad \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + U\psi = E\psi \quad \psi = \sqrt{2/L} \sin(n\pi x/L) \quad \int_{-\infty}^{\infty} |\psi|^2 dx = 1$$

$$E_n = \frac{n^2 \hbar^2}{8mL^2} \quad E = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega \quad E = -\frac{13.60 \text{ eV}}{n^2} \quad E = -\frac{Z_{\text{eff}}^2 \cdot 13.60 \text{ eV}}{n^2}$$

$$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar \quad L_z = m_l \hbar \quad S = \sqrt{s(s+1)}\hbar \quad S_z = m_s \hbar$$