

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  $45.0\text{km}$ . (a) Tiedemiehen mittaamana, kuinka 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 ( $\lambda = 575\text{nm}$ ). Ilmoita nopeutesi suhteessa valonnopeuteen. (b) Jos loitonnet poliisista tuolla nopeudella, minkä väriseltä näyttää mielestäsi poliisin sininen ( $\lambda = 440\text{nm}$ ) vilkku?

3. Olkoon fotonilla ja elektronilla on sama energia  $20.0\text{eV}$ . (a) Mikä on fotonin taajuus ja aallonpituus? (b) Mikä on elektronin liikemäärä? (Ei tarvitse ottaa suhteellisuusteoriaa huomioon)

Entä mikä on elektronin aallonpituus?

(c) Jos fotonilla ja elektronilla on kummallakin sama aallonpituus  $250\text{nm}$ , mitkä ovat niiden energiat?

Elektronin massan ja muut vakiot saat kääntöpuolen ylälaidasta.

4. Mallinnetaan erästä nanorakennetta *yksiulotteisella potentiaalilaatikolla*, jonka pituus on  $L$ .

Tarkoitus on mitoitaa laatikko siten, että siellä oleva elektroni virittyessään perustilalta ( $n = 1$ ) kolmannelle tilalle ( $n = 3$ ) absorboisi fotonin, jonka aallonpituus on  $300\text{nm}$ .

(a) Mikä on tuollaisen fotonin taajuus ja energia?

(b) Kuinka pitkä on potentiaalilaatikon oltava, jotta elektroni virittyessään perustilalta kolmannelle absorboisi kyseisen fotonin?

(c) Mitä aallonpituuksia molekyyli voi emittoida, kun elektroni palaa takaisin perustilalle joko suoraan tai tilan 2 kautta? Arvioi myös absorboituneiden ja emittoituneiden fotonien väriä oheisen taulukon avulla.



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

Näkyvän valon aallonpituudet

5. Elektronia kiihdytetään jännitteen tietyn jännitteen  $V$ :n yli.

(a) Osoita, että elektronin *de Broglien* aallonpituus voidaan kirjoittaa jännitteen sekä elektronin massan ja varauksen avulla:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 m e V}}$$

(b) Jos haluat saada elektroneille deBroglien aallonpituuden  $\lambda = 1.0 \times 10^{-10}\text{m}$ , kuinka suurta jännitettä sinun on käytettävä?

(c) Tällä jännitteellä kiihdytetyt elektronit diffraktoituvat näytteestä, jossa aaltoja sirottavat atomit ovat tuntemattomalla etäisyydellä  $d$ . Jos elektronidiffraktion ensimmäinen interferenssimaksimi nähdään suunnassa  $60^\circ$  kohtisuoraan nähden, mikä on näytteen atomien etäisyys  $d$ ?

Käännä!