

Kvantittuminen

- Jotkin fysikaaliset suureet voivat saada vain diskreettejä eli erillisiä arvoja. Tätä kutsutaan *kvantittumiseksi*.
- Esimerkkejä:
 - Sähkövaraus on kvantittunut suure, koska se on aina alkeisvarauksen monikerta.
 - Johonkin systeemiin sidotun hiukkasen, esimerkiksi atomin elektronin, energia on kvantittunut (diskreetti jakauma), mutta vapaan elektronin energia voi saada mitä tahansa arvoja (jatkuva jakauma).
- *Planckin kvanttihypoteesin* mukaan kappale voi lähettää ja vastaanottaa säteilyä vain tietyn suuruisina ”energiapaketteina” eli *kvantteina*.
- Kvantin energia E saadaan kaavalla

$$E = hf$$

f = säteilyn taajuus,

h = Planckin vakio

$$h = 6,6260693 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$= 4,1356654 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$$

Esimerkki:

Auringonvalon intensiteetti Maan kiertoradan etäisyydellä auringosta on n. $1,4 \text{ kW/m}^2$. Säteily on voimakkainta aallonpituudella 500 nm . Oletetaan, että säteily tulee kohtisuoraan pintaa vastaan. Arvioi kuinka monta Auringosta peräisin olevaa fotonia osuu sekunnin aikana yhdelle neliömetrille.

Lasketaan ensin yhden fotonin energia 500 nm aallonpituudella.

$$\text{Aaltoliikkeen perusyhtälön mukaan } c = \lambda f \Leftrightarrow f = \frac{c}{\lambda}$$

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \approx 3,97289 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

TI-Nspire:

$$_h \cdot \frac{_c}{500 \cdot _nm}$$

3.97289E-19 _J

Intensiteetti 1400 W/m^2 tarkoittaa energiamäärää 1400 J sekunnin aikana yhdelle neliölle. Yhdelle neliölle osuu fotoneja sekunnissa

$$\frac{1400 \text{ J}}{3,97289 \cdot 10^{-19} \text{ J}} \approx 4 \cdot 10^{21} \text{ kpl}$$

$$E = mc^2$$

- Einsteinin *erityisen (suppean) suhteellisuusteorian* perusoletukset ovat
 - *Suhteellisuusperiaate*: fysiikan lait ovat samat jokaisessa tasaisesti liikkuvassa koordinaatistossa
 - Valon nopeus tyhjiössä c on aina vakio, eikä riipu valon lähteen nopeudesta
- Näiden oletusten seurauksena Einstein todisti massan ja energian välisen yhteyden (ekvivalenssin) $E = mc^2$
 - Massa on siis eräs energian esiintymismuoto.
 - Yhtä atomimassayksikköä vastaa energiamäärä $1,4924 \cdot 10^{-10} \text{ J} \approx 931,49 \text{ MeV}$

$$1 \cdot \text{u} \cdot c^2$$

$$1.4924180856 \text{E-}10 \cdot \text{J}$$

$$1.4924180856016 \text{E-}10 \cdot \text{J} \blacktriangleright \text{eV}$$

$$931494102.417 \cdot \text{eV}$$

- Massa voidaan ilmoittaa myös yksikössä MeV/c^2 : $1 \text{ u} \approx 931,49 \text{ MeV}/c^2$

Fotonit

- Sähkömagneettisen säteilyn hiukkasia kutsutaan fotoneiksi (valokvantti)
 - massattomia
 - kulkevat valonnopeudella c
 - niiden koko energia on liike-energiaa: $E = hf$
- Suhteellisuusteorian mukaan fotonin liikemäärä p ja energia E riippuvat toisistaan kaavan $E = pc$ mukaisesti

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

- Myös massattomalla hiukkasella voi siis olla liikemäärä
 - vrt. aurinkopurje (ks. s. 16 kuva)