

FY 7: Valosähköinen ilmiö

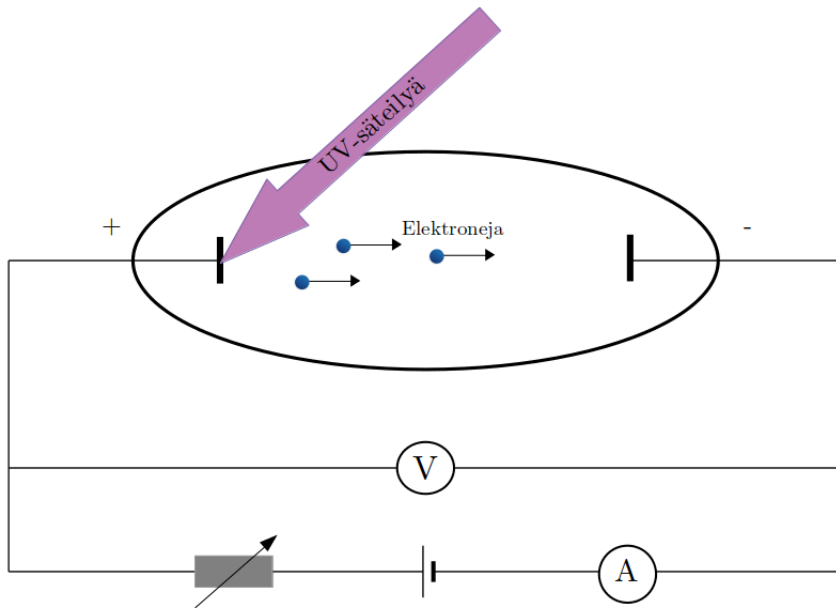
Tapio Hansson



Valosähköinen ilmiö

- ▶ Heinrich Hertz vahvisti Maxwellin yhtälöt ja sähkömagneettisten aaltojen olemassaolon kokeellisesti vuonna 1888.
- ▶ Hieman ironisesti, Hertz huomasi samassa kokeessa ohimennen, että varattujen metallikappaleiden välillä syntyy kipinä helpommin kun metalleja valaisee ultraviolettivalolla.
- ▶ Muut tutkivat asiaa pidemmälle, ja havaittiin että UV-valo irrottaa metallista elektroneja.
- ▶ Havainto ei sinänsä ole mahdoton, siirteleväthän veden aallotkin kiviä rannalla. Muutama mittauksin todennettava seikka kuitenkin vahvistaa, ettei valo voi olla yksiselitteisesti aaltoliikettä.
- ▶ **Simulaatio valosähköisestä ilmiöstä**

Koejärjestely



Ongelmat klassisen fysiikan kanssa

1. Fotoelektroneja havaitaan välittömästi. Jos valo olisi aalto, pitäisi energian siirtymiseen kulua aikaa. Laskut osoittavat, että ajan pitäisi olla tunteja tai päiviä.
2. Kirkkaalla valolla havaitaan enemmän fotoelektroneja, mutta elektronien kineettinen energia ei kasva. Aaltoteoria ennustaa energettisempiä elektroneja.
3. Lyhyempi aallonpituus johtaa suurempaan liike-energiaan. Metalleille voidaan määrittää ainekohtainen raja-aallonpituus, jota suuremmilla aallonpituuksilla elektroneja ei irtoa. Tälle ei ole aaltoteorialla selitystä.

Selitys on Nobel-palkinnon arvoinen

- ▶ Einsteinin Nobel-palkinto ei suinkaan ole peräisin suhteellisuusteoriasta, vaan valosähköisen ilmiön teoreettisesta selittämisestä.
- ▶ Einstein esitti vuonna 1905 että valo koostuu aaltorintaman sijaan pienistä paketeista, *fotoneista*.
- ▶ Einstein vei Planckin ajatuksen valon ja aineen energian vaihdon kvantittumisesta pidemmälle, valo *on* hiukkanen.
- ▶ Aiemmin todettiin fotonin sisältävän energiaa aallonpituuden tai taajuuden mukaan

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda}$$

Valosähköinen ilmiö

- ▶ Kun fotoni törmää metallin pinnassa olevaan elektroniin, se luovuttaa sille energiansa, ja mikäli energia on tarpeeksi suuri irrottaa elektronin.
- ▶ Pienin energia, jolla tämä tapahtuu on ns. *irrotustyö* W_0 (eng. work function). Se tapahtuu raja-taajuudella f_0 .

$$W_0 = hf_0$$

- ▶ Irrotustöitä on mitattu ja niitä on listattu esimerkiksi MAOL-taulukossa.
- ▶ Elektronin suurin mahdollinen kineettinen energia voidaan päätellä energian säilymislailla:

$$E_k^{\max} = hf - W_0$$

- ▶ Kaikki fotonit eivät välttämättä luovuta energiaansa kerralla, joten kineettinen energia voi olla pienempikin.

Planckin vakion määrittäminen

- ▶ Yhtälö $E_k^{\max} = hf - W_0$ on matemaattisesti suoran yhtälö, jonka kulmakerroin on h ja vakiotermin $-W_0$.
- ▶ vrt. $y = kx + b$.
- ▶ Mittaamalla edellä esiteltyllä koelaitteistolla kineettisen energian maksimiarvoja, voidaan siis piirtää suora, josta voidaan määrittää irrotustyö ja Planckin vakio.

Elektronin suurin kineettinen energia taajuuden funktiona

