



Mittaustulosten kirjaamista h/e-laitteesta.

Vertailutesti

PASI KONTTINEN, MAOL Oulun seutu ry, kerhon puheenjohtaja

KUVAT Pasi Konttinen

Oulun seudun kerho järjesti pimenevien syysiltojen iloksi kerhoillan, jossa testattiin kahden erilaisen laitteiston kykyä määrittää Planckin vakio sekä valosähköisen ilmiön rajataajuus ja irrotustyö. Kymmenisen kerholaista oli saapunut kokeilemaan mm. aurinkopaneelien toimintaa selittävien laitteiden toimintaa. Mittaustuloksia voidaan hyödyntää mm. lukion fysiikan kahdeksannen kurssin materiaalina. Käytetyt laitteet olivat Pascon h/e-laitteisto sekä NTL:n vastaava mittausjärjestelmä (Photoelectric effect apparatus).

Teoria

Vuonna 1901 Planck julkaisi säteilylain, jonka mukaan säteilyn energia on kvantittunutta. Fotonin energia E voidaan laskea kaavalla $E = hf = hc/\lambda$, missä h on Planckin vakio, f on säteilyn taajuus, c on valon nopeus ja λ on aallonpituus.

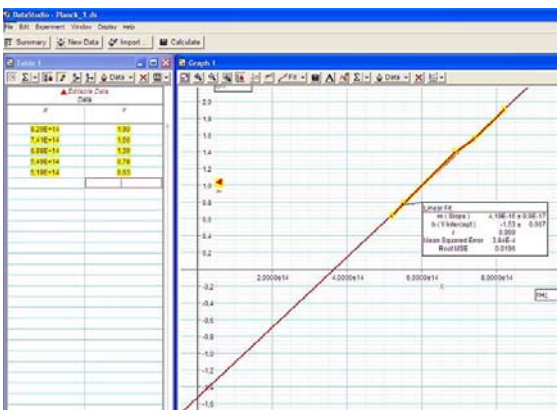
Valosähköisessä ilmiössä riittävän taajuuden (rajataajuutta suuremman taajuuden) omaavan säteilyn osuessa materiaaliin irtoaa materiaalista elektroneja. Ennen

Planckin kvanttiteoriaa vallalla ollut klassinen valon aaltomalli ennusti, että valon intensiteetin kasvaessa myös valoaaltojen amplitudi ja energia kasvavat. Tästä seuraisi se, että materiaalista valosähköisessä ilmiössä irtoavien elektronien kineettinen energia kasvaisi valon intensiteetin kasvaessa. Todellisuudessa valon intensiteetistä riippumatta elektronien kineettisen energian maksimi säilyy samana. Einstein sovelsi valosähköiseen

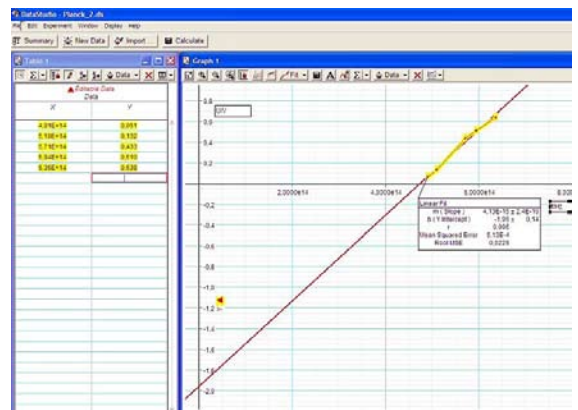
ilmiöön Planckin kvanttiteoriaa, ja kirjoitti ilmiötä kuvaavan yhtälön $E = hf = E_{k,max} + W_o$, missä $E_{k,max}$ on elektronin maksimi kineettinen energia ja W_o on työ, joka tarvitaan elektronin irrottamiseksi materiaalin pinnalta. Yksi elektroni saa siis energiaa vain yhdeltä valokvantilta. Valon intensiteetin lisääminen ei lisää kvanttien energiaa, vaan ainoastaan kvanttien määrää. Niinpä intensiteetti ei vaikuta elektronien kineettiseen energiaan, vaan aino-



Oulun MAOL kerholaisia säätämässä NTL:n laitteen pysäytysjännitettä.



Pascon h/e laitteen mittausdata ja sovitettu kuvaajasuora.



NTL:n laitteella saadut valosähköisen ilmiön suuret.

astaan irtoavien elektronien määrään. Tämä intensiteetin vaikutus voidaan demonstroida Pascon h/e-laitteen mukana tulevalla intensiteetisuotimella.

Toimintaperiaatteet

Pascon h/e-laitteen tärkein on osa tyhjiöputki, jonka toisessa päässä on katodilevy ja toisessa päässä anodi-

levy. Elohopealampun säteilyn eri taajuuudet kohdistetaan katodilevyllä ja kun fotoni osuu katodille, se irrottaa elektronin. Tällöin osa fotonin energiasta menee irrotustyöhön W_0 , loppu jää elektronin liike-energiaksi. Tyhjiöputken asetetaan elektronin liikettä hidastava sähkökenttä - toisin sanoen anodi asetetaan pienempään sähköiseen

potentiaaliin kuin katodi. Kun potentiaaliero on riittävän suuri, yksikään elektroni ei enää pääse anodille. NTL:n laitteella mittaus tapahtuu tällä potentiaalilla säädöllä.

Käytettäessä h/e-laitetta pysäytysjännitettä ei tarvitse käsin säätää jokaiselle säteilytaajuudelle, koska laite mittaa pysäytysjännitteen automaattisesti. Laitteen tyhjiöput-



Ydin ASIAA

Säteilevää tietoa
opetukseen.

www.tat.fi/ydinasiaa

kessa olevat elektroniset komponentit muodostavat kondensaattorin, jolla on pieni kapasitanssi. Kun kondensaattorin varaus puretaan jokaisen mittauksen alussa nollaus-painikkeella, on tyhjiöputken sisällä sähkökenttä nolla, ja katodilta valosähköisen ilmiön vaikutuksesta irtoavat elektronit pääsevät anodille. Elektronien keräytyessä anodille kondensaattori varautuu, jolloin tyhjiöputken syntyy elektronien liikettä vastustava sähkökenttä. Jännite kasvaa jonkin aikaa, kunnes anodin ja katodin välinen jännite on pysäytysjännitteen suuruisen. Tyhjiöputken anodin ja katodin välinen jännite voidaan mitata nyt yleismittarilla. Mittausjärjestely ei ole täydellinen: kondensaattorilta vuotaa virtaa jännitemittarin kautta. Erityisesti tämä vaikuttaa tuloksiin silloin, kun valon intensiteetti on pieni, ja kondensaattorin varautuminen hidasta.

NTL:n valolähteenä käytetään viittä eri aallonpituuden omaavaa

valodiodia, jolloin laitteen koko saadaan pidettyä pienenä.

Mittaustulokset

Molempien laitteiden mittaustulokset sovitettiin suoraksi f,U-koordinaatistoon, kulmakertoimena saadaan haluttu Planckin vakio sekä akseleiden leikkauspisteinä rajataajuus sekä irrotustyö. Taulukkokirjan avulla voi nyt lukija koettaa löytää käytetyn kohtiometallin.

Testitulokset

Saaduilla mittaustuloksilla ei enää Nobel-komiteaa vakuuteta, mutta Planckin vakiolle molemmilla laitteilla saatiin hyvät arvot. NTL:n laite on oppilasystävällinen: Tulokset saadaan nopeahkosti LED-valolähteiden vaihtamisen jälkeen potentiometriä säätäen. Pascon h/e-laite on opettajallekin haastavampi, koska käytetyn elohopealampun spektri tasaantuu vasta muutaman minuutin käytön jälkeen ja hilasysteemin taittaman säteilyn suuntaus detektorille pitää tar-

kistaa ennen mittausten aloittamista. Lisäksi vihreän ja keltaisen valon tilanteissa pitää muistaa käyttää vastaavan värisiä valosuodattimia.

Molempia laitteita voi suositella oppilaskäyttöön ja kokeelliseen työskentelyyn teorian opiskelun jälkeen. Mittaustuloksina saadut jännitteet ja tunnetut aallonpituudet/taajuudet mahdollistavat opiskelijoille graafisen ratkaisun määrittämisen joko itse piirtäen tai käyttäen valmiita piirto-ohjelmia tietokoneella tai graafisella laskimella.

Kerhoiltana vertailevan mittausarjan tekeminen oli osanottajista hauska ja tällaisia iltoja toivottiin lisää. Eri kouluilla olevien laitteiden käytön sekä opettajien tietämyksen välittäminen kollegoille koettiin olevan edelleen yksi MAOL-kerhojen tärkeä tehtävä.

Itävaltalaisia NTL-tuotteita voi tiedustella MFKA:lta ja Amerikkalaisia Pascon tuotteita tuo maahan ainakin Gammadata Finland. ■