

# ELEKTRONIIKAN LÄHTEILLÄ

Pertti Ketolainen

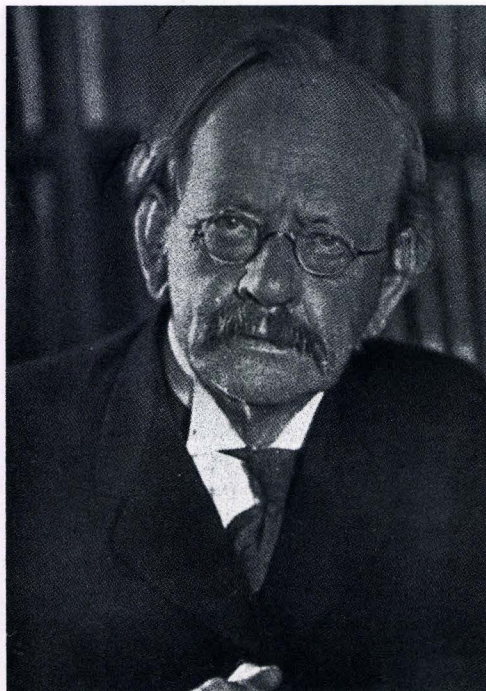
Tasan sata vuotta sitten, vuonna 1897, julkaisi englantilainen Joseph John Thomson tutkimuksen, jossa hän kuvasi löytämänsä uuden hiukkasen, elektronin. Thomson oli Cambridgen yliopiston professori ja Cavendish-laboratorion johtaja, joka vuonna 1906 sai tutkimuksistaan fysiikan Nobel-palkinnon. Hänen keksintöään voidaan pitää elektroniikan alkuna. Nykyään, sata vuotta myöhemmin, elektroniikka ja sen lukemat tomat sovellutukset ovat osa arkipäiväämme.

Viime vuosisadalla selvitettiin monella tavalla sähköisten ilmiöiden olemusta. 1800-luvun alkupuoliskolla suoritti englantilainen Michael Faraday kuuluisat induktiokeksensä, joissa muuttuvalla magneettikentällä voitiin synnyttää sähkövirtaa ja joihin perustuvat nykyiset sähköntuottamis- ja sähkönsiirtojärjestelmämme. Vähän myöhemmin skotti James Clerk Maxwell loi sähkömagnetismin teorian, joka selitti sähköisten ja magneettisten ilmiöiden välisen yhteyden ja joka ennusti sähkömagneettiset aallot. Vuonna 1886 saksalainen

Heinrich Hertz osoitti kokeillaan sähkömagneettisten aaltojen olemassaolon, mikä pian johti lennättimen käyttöönottoon.

Vuosisadan loppupuolella olivat mielenkiinnon kohteena erityisesti sähköpurkaukset harvennetuissa kaasuissa. Kaasujen harventamisen oli tehnyt mahdolliseksi elohopeahöyryyn perustuva pumppu. Parhaat vakuumit olivat tuolloin noin miljoona kertaa huonompia kuin nykyiset. Kun suljettuun ja pumpattuun lasiputkeen, jonka päihin oli liitetty kohtiot, kytkettiin korkeajännite, jollainen saatiin aikaan kipiäinduktori-nimisellä laitteella, nähtiin putkessa kauniita ja ja kiehtovia valoilmioita. Ne olivat erilaisia eri kaasuissa ja paineissa. Mutta vielä paremman tyhjiön tapauksessa todettiin, että putken läpi eteni jotain säteilyä, joka näytti lähtevän negatiivisesta kohtiosta, katodista, ja kulkeutui positiiviselle kohtiolle, anodille. Tätä säteilyä alettiin nimittää katodisäteiksi. Mitä katodisäteet olivat, sitä pyrkivät selvittämään niin saksalaiset, ranskalaiset kuin englantilaisetkin tutkijat. Esimerkiksi saksalainen Wilhelm Conrad Röntgen oli tutkimassa juuri näitä katodisäteitä, kun hän 1895 sattumalta löysi nimeään kantavat säteet.

Edellämainittu J.J. Thomson valittiin, hieman yllätyksenä itselleenkin, Cambridgen yliopiston fysiikan professoriksi jo 28-vuotiaana. Vaikka hän olikin alunperin teoreetti sesti suuntautunut, alkoi hän ideoida innolla kokeellisia tutkimuksia ja kehitti aikaa myöten johtamastaan



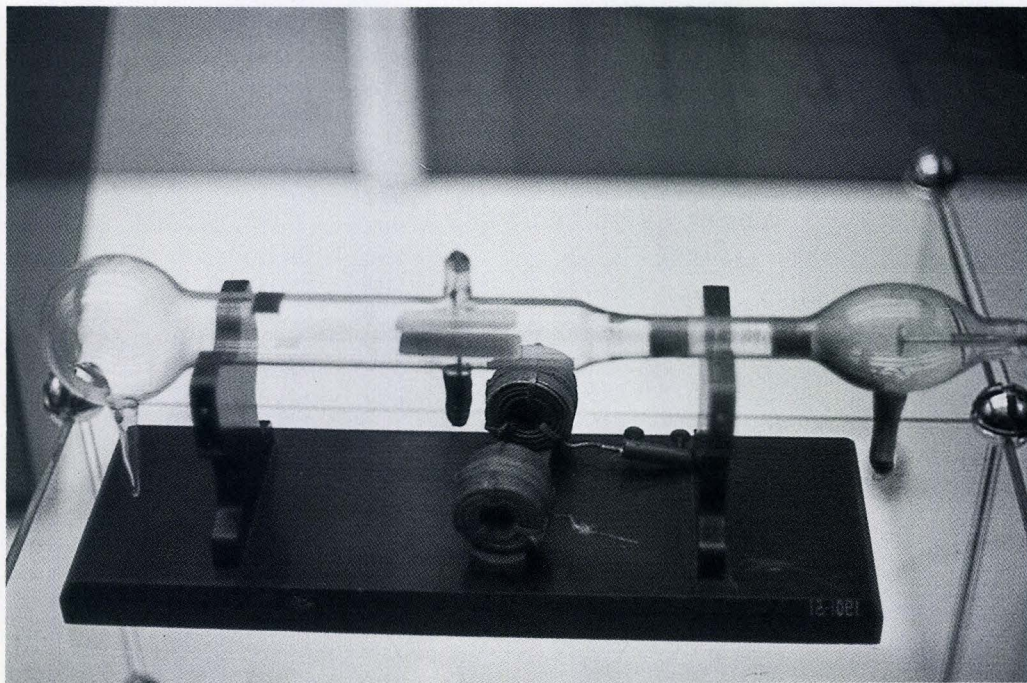
Joseph John Thomson

Cavendishin nimeä kantavasta laboratorista vertaansa vailla olevan huippuyksikön. Myös Thomson kiinnostui 1890-luvulla katodisäteistä.

Tunnettu katodisäteiden ominaisuus oli, että ne aiheuttivat etenkin putken anodin puoleisessa päässä valoilmion: lasieinämässä esiintyi fosforesenssia. Säteiden tiedettiin kuljettavan mukanaan negatiivista varausta ja niiden kulku kaareutui magneettikentän vaikutuksesta. Sen sijaan sähkökentän vaikutusta niiden suuntaan ei yrityksistä huolimatta havaittu. Jos säteiden tielle asetettiin este, jäi siitä varjo seinä mälle. Säteily läpäisi kuitenkin ohuen metallikalvon, kuten Heinrich Hertz ja hänen oppilaansa Philip Lenard asian havaitsivat. Kerratessaan Nobel-luennossaan tutkimuksensa vaiheita Thomson totesi, että hänen aloittaessaan oli vallalla kaksi käsitystä: englantilaisten mukaan katodisäteet olivat negatiivisesti varattuja hiukkasia, jotka suurella nopeudella lähtivät katodista – Thomson nimitti hiukkasia korpuskeleiksi, kun taas saksalaisten enemmistö edusti kantaa, että säteet olivat jonkinlaisia eetterivärähtelyjä tai -aaltoja. Hypoteesi kaiken tilan täyttävästä "väliaineesta", eetteristä, oli

tuolloin yleisesti vallalla. Erityisen voimakkaasti saksalaista kantaa edusti Lenard. Hän sai katodisädetutkimuksistaan nobelin vuotta ennen Thomsonia, mutta ei voinut sulattaa sitä, että vuoden 1906 palkinto myönnettiin Thomsonille yksin. Mainittakoon, että Lenard vanhalla iällä himmensi mainettaan tiedemaailman keskuudessa ryhtymällä kansallissosialismin innokkaaksi kannattajaksi.

Miten Thomson päätyi tuloksiinsa? Hän käytti kokeissaan erilaisia tyhjiöputkia, joiden kohtiot vaihtelivat rakenteeltaan ja sijainniltaan. Tärkeimmässä kokeessa hänellä oli sylinterimäinen anodi, jonka keskellä oli reikä. Tämän reiän läpi kulkenut säteily muodosti anodin takana terävän säteen, joka joutui kahden metallilevyn välissä olevaan sähkökenttään. Säde muutti suuntaansa sähkökentän voimakkuuden mukaan. Tämä havaittiin kuvapisteen siirtymisenä putken takaseinällä, joka oli päällystetty fosforoivalla aineella. Muunmuassa televisiot, monitorit ja oskilloskoopit toimivat tällä periaatteella. Sähkökentän aiheuttaman poikkeaman oli aikaisemmissa yrityksissä estänyt tyhjiön huono laatu. Thomson pystyi mittaamaan ja laskemaan korpuskelien



nopeuden sekä massan ja varauksen suhteen. Hän totesi säteilyn olevan aina luonteeltaan samanlaista kohdemateriaalien metallista riippumatta. Thomson julkaisi tuloksensa elokuussa 1897 todeten, että katodisäteet ovat hiukkasia, korpuskeleita, jotka ovat kaikkien aineiden perustavaa laatua olevia rakenneosasia. Myöhemmin kyettiin näitten hiukkasten massa ja varaus määrittämään erikseen. Hiukkasen löytäminen antoi myös uutta vauhtia atomin rakenteen selvittämiseen.

Nimitystä elektroni (*electron*) oli ensimmäisenä käyttänyt vuonna 1891 irlantilainen G. Johnstone Stoney. Hän oli antanut nimen sille sähkövarauksen määrälle, jonka monikertoja näyttivät esimerkiksi elektrolyysikokeissa siirtyvät sähkömäärät olevan, mutta minkäänlaisena hiukkasena hän ei elektronia pitänyt. Thomson itse hyväksyi korpuskeilleen 'elektroni' -nimen vasta vuonna 1914.

Elektroniikan kehityksen kannalta merkittävän edistysaskeleen otti Thomsonin oppilas O.W. Richardson. Hän tutki ilmiötä, jossa kuumennetusta metallilangasta irtoaa elektroneja. Tämän ilmiön selvittämisen seurauksena syntyi elektroniputki, josta varsinaisesti sai alkunsa nykyelektroniikan

edeltäjä putkielektroniikka ja joka antoi sysäyksen radiotekniikan kehittymiselle. Tässä kehityksessä Thomsonin ja Hertzin keksinnöt vaikuttivat yhteistyössä. Thomsonin korpuskeleja käytettiin synnyttämään ja vastaanottamaan Hertzin sähkömagneettisia aaltoja.

Mikromaailman hiukkasilla on myös aaltoluonne. Elektronien kohdalla tämä osoitettiin 1920-luvulla, ja yksi havainnon tekijöistä oli George Paget Thomson, J.J.:n poika. Myös hänet palkittiin aikanaan nobelilla. Elektronien aalto-ominaisuutta käytetään hyväksi esimerkiksi elektronimikroskoopissa, jossa kuva muodostuu kohteen yksityis kohdista taipuvista elektroniaalloista.

Thomsonin korpuskeli, elektroni, osoitautui yhdeksi aineen perusrakenneosaksi. Thomson itse oli tästä vakuuttunut heti keksinnön tehtyään, mutta kaikki eivät tätä välittömästi uskonet. Muistelmissaan vuonna 1936 Thomson toteaa: "Aluksi oli harvoja, jotka uskoivat atomia pienempien hiukkasten olemassaoloon. Eräs merkittävä fyysikko, joka oli kuunnellut luentoani Royal Institutionissa 1897, kertoi ajatellensa minun vetävän kuulijoita höplästä."