

FY7 Atomien rakenteesta

Tapio Hansson

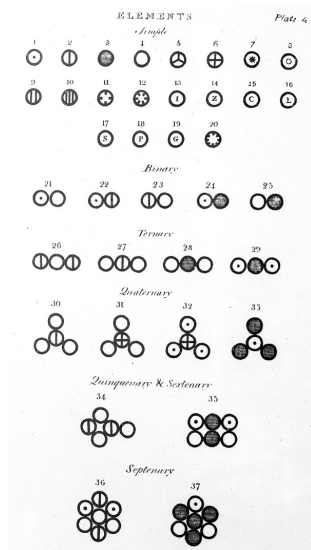
Ykköskurssista jo muistamme...

- ▶ Atomin käsite on peräisin antiikin Kreikasta. Demokritos päätteli alunperin, että jatkuva aine ei voi koostua äärettömän pienistä alkeisosasista → tarvitaan pienin osanen, atomi.
- ▶ Alkuperäisiä Empedoklesin alkuaineita oli maa, vesi, tuli ja ilma. Joskus myös "avaruus" eli eetteri. Itäisissä maissa saattoi olla myös puu ja metalli.
- ▶ Aristoteleen myötä nämä alkuaineet pysyttelivät valtakäsityksenä aina 1800-luvulle asti.



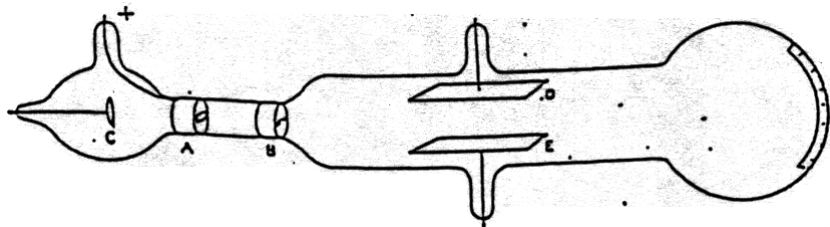
... mm. tämän

- ▶ John Dalton hoksasi, että kemialliset yhdisteet koostuvat alkuaineista aina tietyissä kokonaislukusuhteissa. Näin alkoi muodostua ensimmäinen jaksollinen järjestelmä.
- ▶ J.J. Thomson löysi elektronin, mikä tarkoitti sitä, että atomissa on positiivisia ja negatiivisia varauksia. Vuoden 1900 tienoolla ajateltiin atomin olevan pallukka jossa on vähän positiivisia ja negatiivisia osasia.
- ▶ Sitten Rutherford teki kokeensa ja atomi ei ollutkaan enää jakamaton.



J. J. Thomsonin tutkimukset

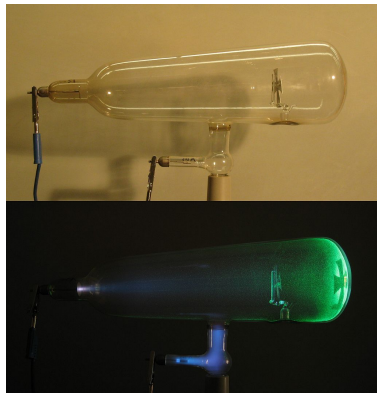
Kuva: public domain



- ▶ Thomson tutki katodisädeputkia. Lämmitetyltä hehkukatodilta lähtee säteilyä, kun tyhjiöputkeen kytketään jännite.
- ▶ Säteiden suunta muuttuu sekä sähkö- että magneettikentässä.
- ▶ Thomsonin mittauksen mukaan hiukkaset joita katodilta lähtee ovat n. 1000 kertaa vetyatomia kevyempiä.

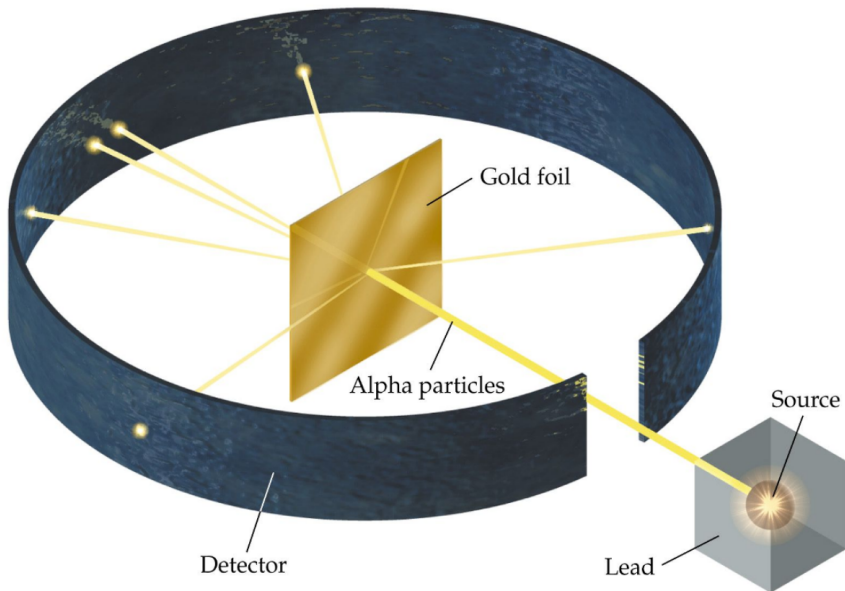
Rusinapullamalli

- ▶ Thomson selvitti myös, että katodisäteet ovat identtisiä riippumatta siitä, mistä materiaalista ne ovat peräisin.
- ▶ Atomien sisällä täytyy siis olla pienempiä rakennneosia!
- ▶ Hiukkaset olivat tietysti elektroneja, joita Thomson kutsui korpuskeleiksi.
- ▶ Thomson kehitti ns. rusinapullamallin atomille, jossa pienet negatiiviset elektronit ovat positiivisen massan sisällä.



kuva:D-Kuru/Wikimedia Commons,
CC-BY-SA-3.0-AT

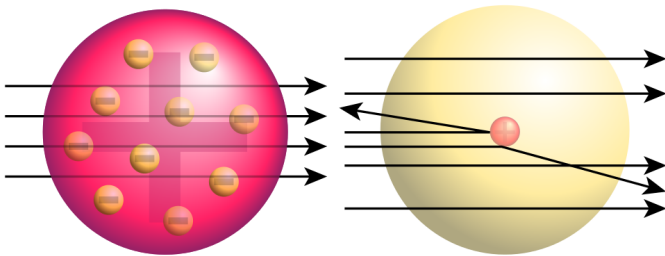
We must go deeper!



Rutherfordin koe

- ▶ Hans Geiger ja Ernst Marsden suorittivat Rutherfordin alaisuudessa kokeen, jossa he pommittivat kultakalvoa alfa-hiukkasilla.
- ▶ Osa hiukkasista meni läpi, osa muutti hieman suuntaansa ja osa kimposi suoraan takaisin.
- ▶ Rutherford vertasi ilmiötä siihen, että nenäliinaa ammutaan käsiaseella ja luoti kimpoaa takaisin.
- ▶ Koe osoitti, että atomilla täytyy olla pieni ja tiivis ydin, josta alfahiukkaset saattoivat kimmota.

Rutherfordin atomimalli



kuva: public domain

Thomsonin mallin mukaan alfahiukkasten radoissa ei pitäisi olla suuria poikkeamia, kun niitä ammutaan kultakalvoon. Rutherfordin kokeessa niiden kuitenkin havaittiin kääntyvän jopa takaisin tulosuuntaansa.

Bohrin malli

- ▶ Niels Bohr väänsi Rutherfordin mallista semiklassisen mallin, jossa elektronien energiatilat ovat kvantittuneet, mutta muuten malli perustuu klassiseen fysiikkaan.
- ▶ Bohrin postulaatit vetyatomiin:
 1. Elektroni kiertää ydintä ympyräradalla.
 2. Elektronin radalle sitova voima on Coulombin lain mukainen ja perustuu sähköiseen vuorovaikutukseen.
 3. Rata määräytyy klassisen Newtonin liikeyhtälön $\vec{F} = m\vec{a}$ mukaan.
 4. Elektroni voi asettua vain tietyille energian arvoille, jotka saadaan kaavasta:

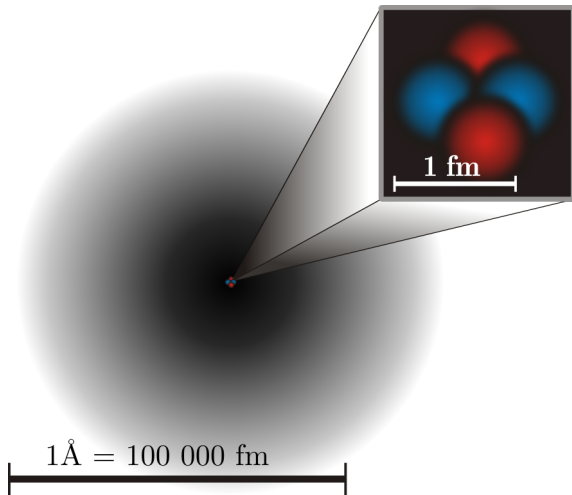
$$E_n = -\frac{hcR_H}{n^2}.$$

R_H on Rydbergin vakio vedylle. (kts. MAOL)

5. Elektroni voi absorboida tai emittoida energiakvantin ja tällöin siirtyä tilalta toiselle.

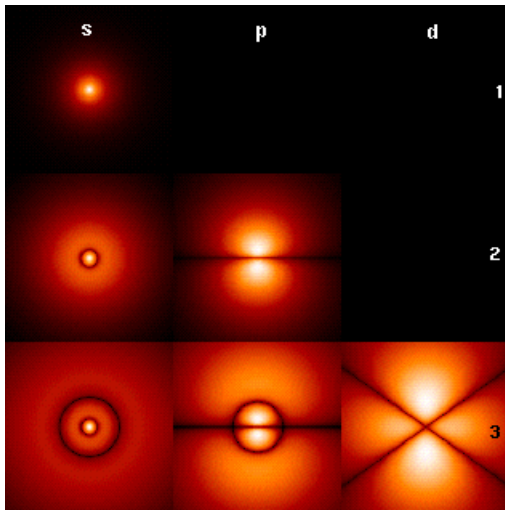
Kvanttimekaaninen atomi

Kvanttimekaanisessa mallissa elektronit ovat pilvessä, jonka tiheys kertoo elektronin esiintymistodennäköisyyden. Pilvimalli ei ole kovin fysikaalinen.



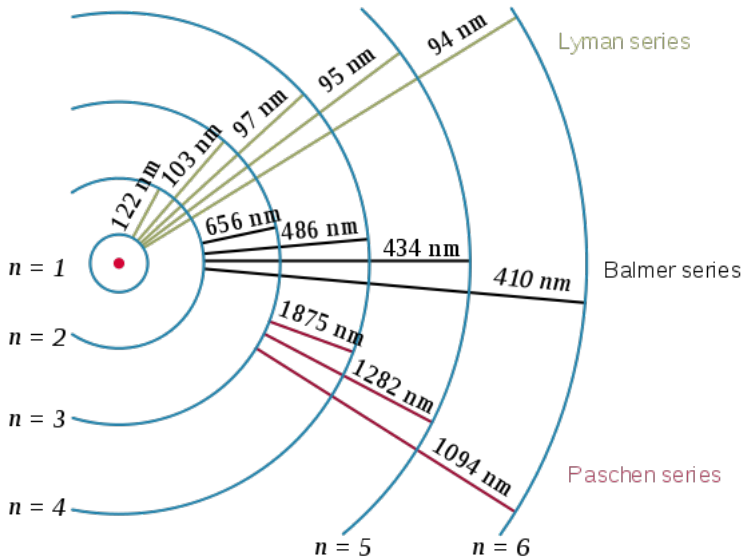
Vedyn orbitaalit

Vetyatomin orbitaalit, kirkkaammat alueet kuvaavat suurempaa todennäköisyyttä löytää elektroni.

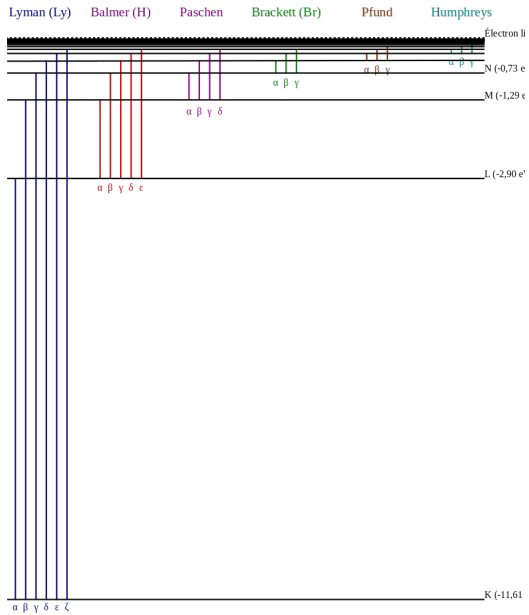


Kvanttimekaaninen atomi

- ▶ Kvanttimekaanisessa mallissa elektronin tilaa kuvataan nk. kvanttiluvuilla.
- ▶ Atomissa elektronin tilaan tarvitaan neljä kvanttilukua. Pääkvanttiluku n kertoo pääkuoren, energian, jolla elektroni on.
- ▶ Pääkuoret jakautuvat alikuoriin, joilla kaikilla on hieman eri energia. Sivukvanttiluku l kertoo millä alikuorella elektroni on.
- ▶ Magneettikenttä halkoo aliorbitaalit vielä pienempiin, jolloin tarvitaan magneettinen kvanttiluku m_l . Lisäksi elektronilla on ominaisuus nimeltä spin. Spinkvanttiluku voi olla $\frac{1}{2}$ tai $-\frac{1}{2}$.



Energiatasokaavio



kuva: public domain

Monielektroniset atomit

- ▶ Monielektronisen atomin elektronit asettuvat kaikki eri kvanttitiloihin, eli niiden kvanttilukukombinaatio ei voi olla sama.
- ▶ Tätä periaatetta kutsutaan Paulin kielto­säännöksi.
- ▶ Elektronit asettuvat orbitaaleille, joista jokaisella on hieman eri energia.
- ▶ Orbitaalien todelliset muodot eivät välttämättä ole pallon muotoisia.

Orbitaalit

