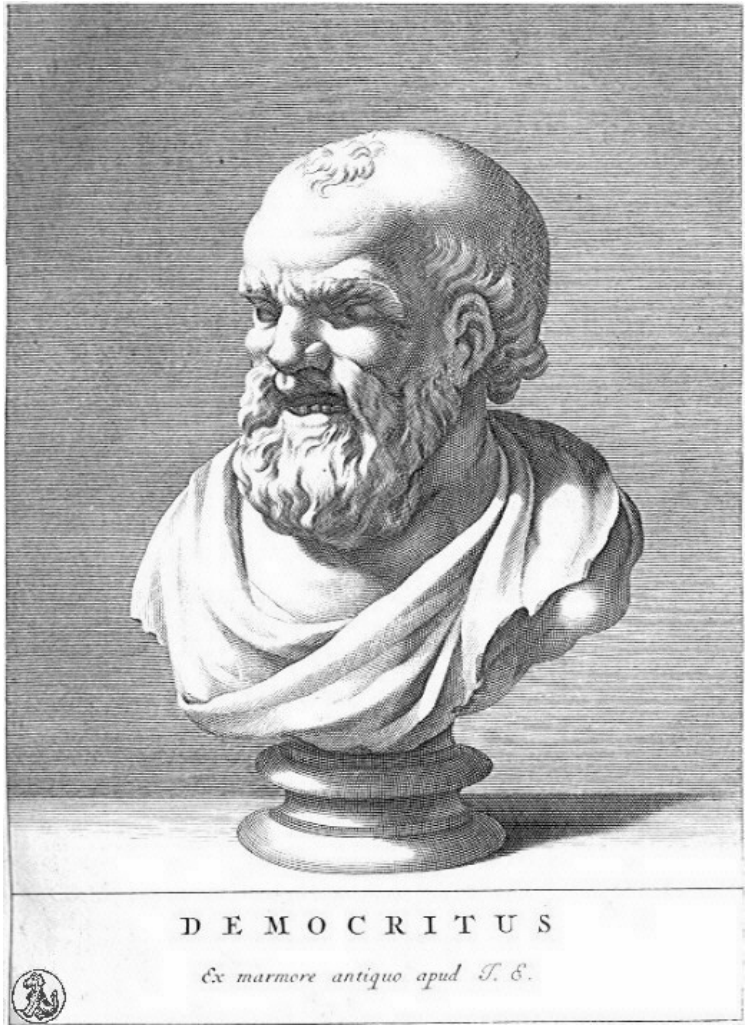
Atomimallit

Tapio Hansson

Atomin käsite

- Atomin käsite on peräisin antiikin Kreikasta.
- Filosofi Demokritos päätteli (n. 400 eaa.), että äärellisen maailman tulee koostua äärellisistä, jakamattomista hiukkasista ja tyhjyydestä.
- Empedokles toi mukaan alkuaineet: maa, vesi, tuli ja ilma.
- Aristoteleen mukaan tyjyyttä ei voinut olla, vaan sen tilalla oli 5. alkuaine, eli eetteri.
- Atomeja pidettiin geometristen kappaleiden muotoisina.

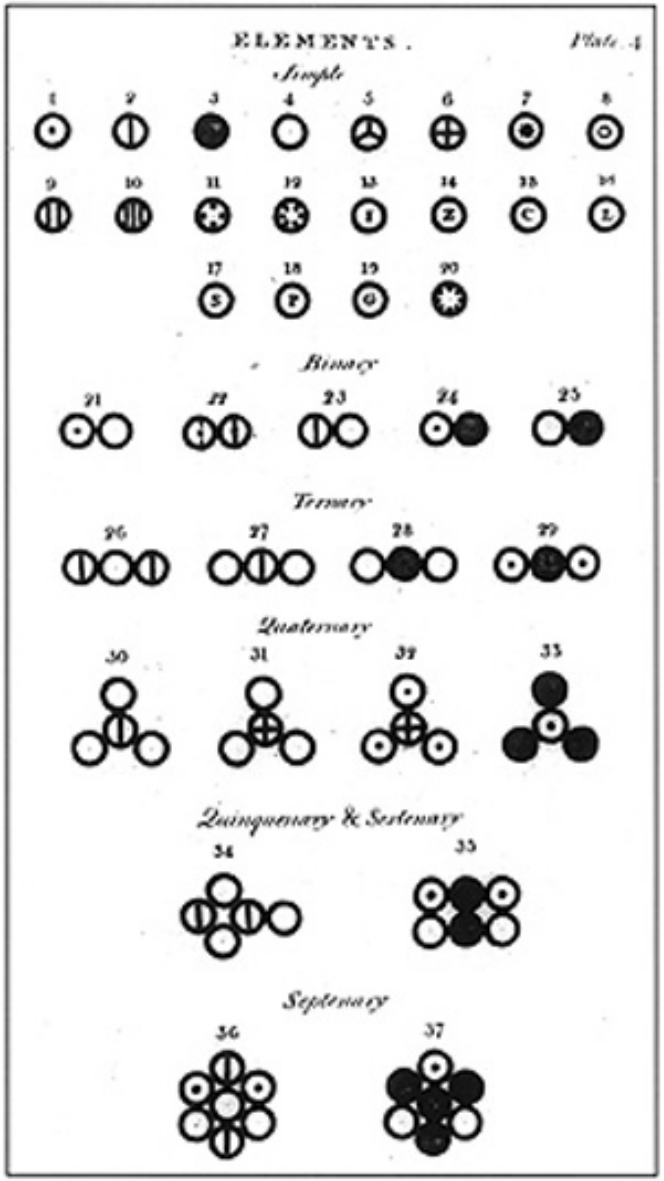


kuva: public domain

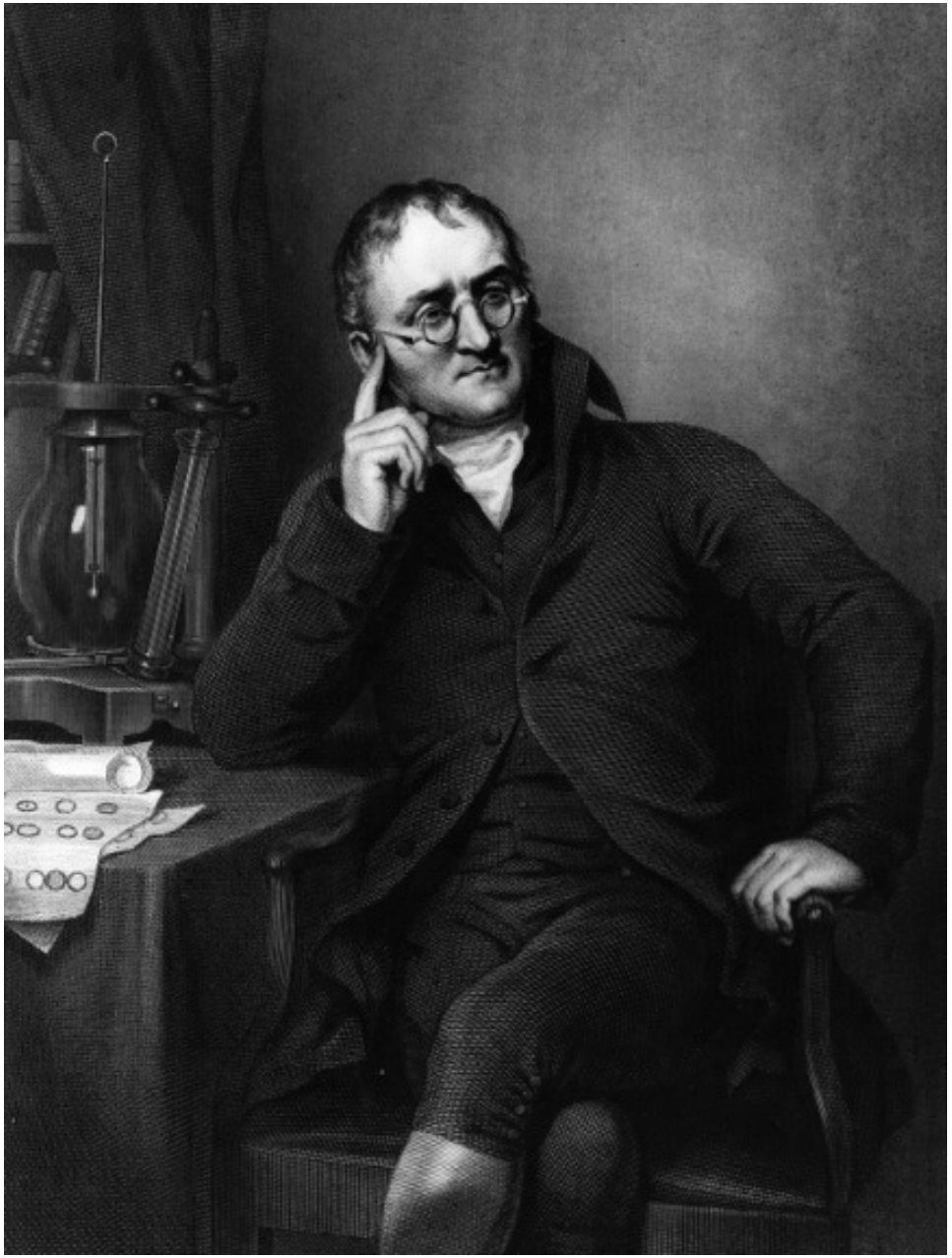
Kemiallinen atomi

- N. vuonna 1800 kemisti John Dalton huomasi, että yhdisteet koostuvat alkuaineista tietyissä kokonaislukusuhteissa.
- Hän selitti tämän atomiteoriallaan, joka sisälsi seuraavat olettamukset:
  1. Alkuaineet muodostuva atomeista.
  2. Tietyn alkuaineen kaikki atomit ovat samanlaisia ja erlaisia kuin minkään muun alkuaineen atomit.
  3. Atomeja ei voi luoda, jakaa tai hävittää.
  4. Yhdisteet muodostuvat atomeista aina tietyissä kokonaislukusuhteissa.
  5. Kemiallisessa reaktiossa atomeja yhdistetään, erotetaan ja uudelleenjärjestellään.

Daltonin järjestelmä



kuvat: public domain



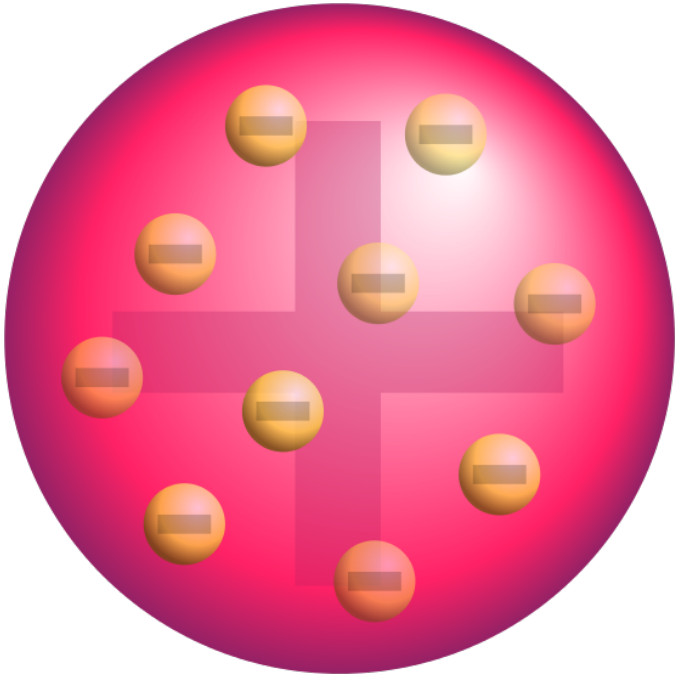
Elektroni toi atomille sisäisen rakenteen

- J. J. Thomson löysi elektronin tutkimalla katodisäteitä.
- Se osoitti, että aiemmin tunnettu atomi ei olekaan aineen pienin jakamaton hiukkanen.
- Jos Thomson olisi saanut päättää, hän olisi kutsunut hiukkasiaan "korpuskeleiksi", mutta muut fyysikot ottivat George Stoneyn aiemmin keksimän elektronin käyttöön.
- Thomson kehitti ohessa paljon massa/varaus-suhteen mittaamista ja toimi siten nykyaikaisen massaspektrometrian uranuurtajana.

kuva: public domain

Thomsonin rusinapullamalli

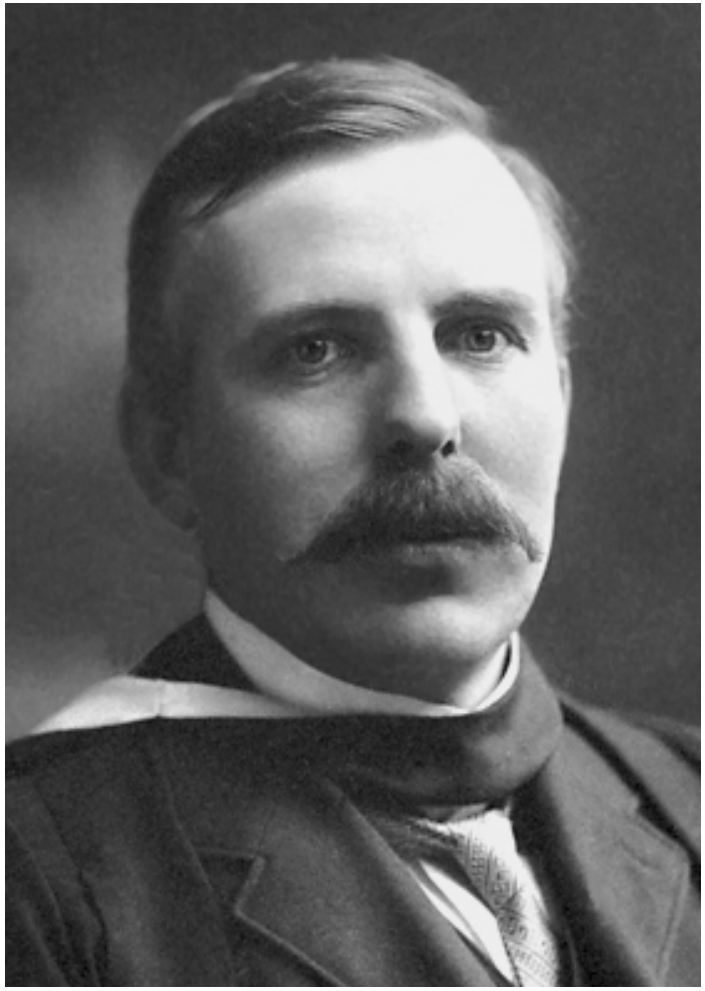
- Thomson päätteli elektronien lähtevätn katodisädeputkissa olevasta kaasusta.
- Tällöin atomissa täytyy olla rakenneosia.
- Koska elektronit havaittiin negatiivisesti varautuneeksi, täytyy jossain olla positiivinen varaus.
- Thomson päätteli, että pienet elektronit ovat positiivisesti varautuneen massan sisällä, hieman kuin rusinat pullassa.



kuva: public domain

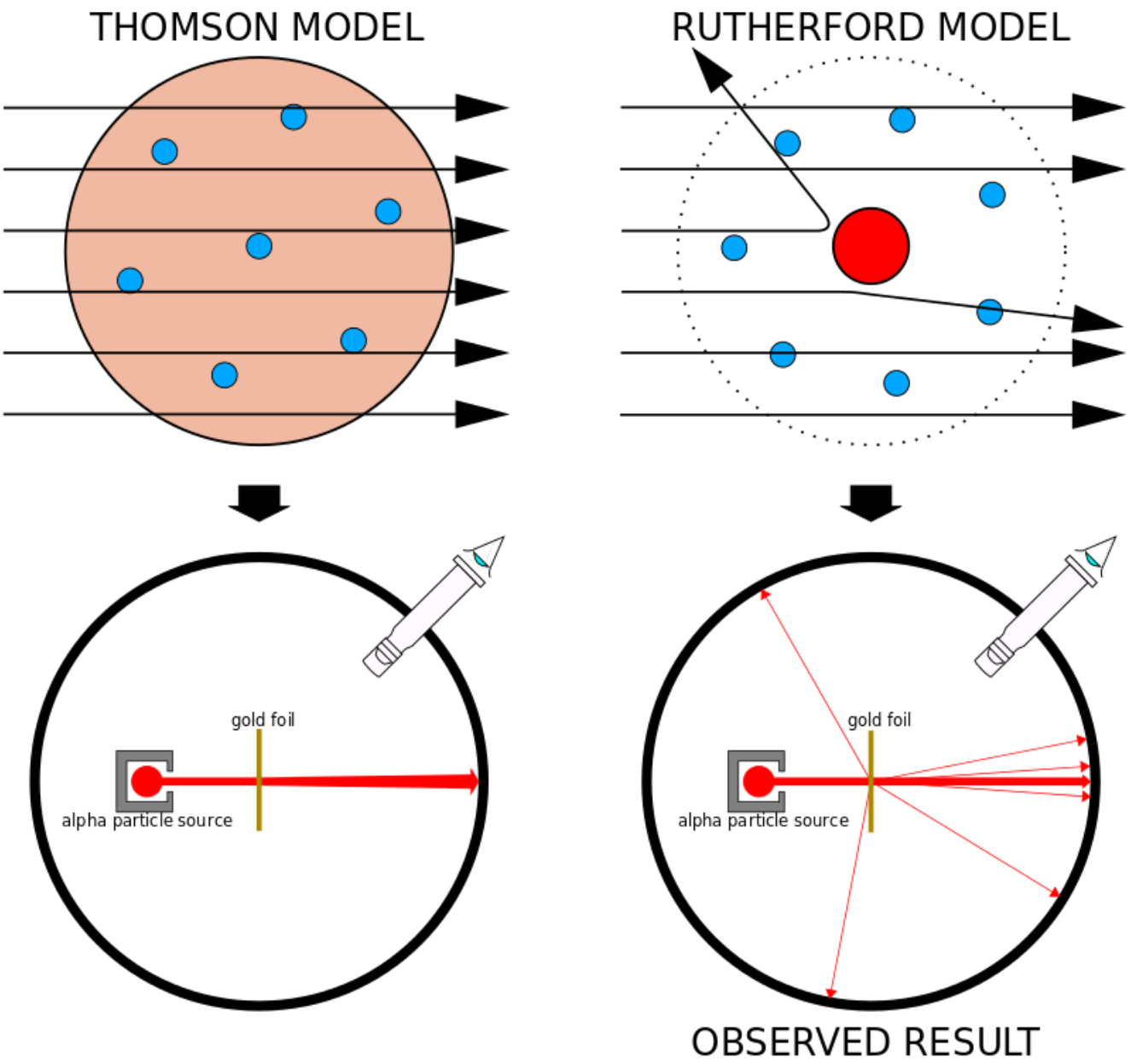
Rutherford löysi ytimen

- Ernst Rutherford oli opiskelija Thomsonin alaisuudessa.
- Tutki radioaktiivisuutta ja lähti Kanadaan yliopistoon, jossa yhdessä kemisti Frederick Soddyn kanssa huomasi α-hiukkasen olevan helium atomin ydin.
- Rutherford teoretisoi neutronin jo 12 vuotta ennen kuin James Chadwick löysi sen kokeellisesti.
- "All science is either physics or stamp collecting."
- Rutherfordin mallissa suurin osa atomin massasta on keskellä ytimessä ja elektronit ovat ytimen ympärillä.



kuva: public domain

Rutherfordin koe



kuva:Kurzon-Own work,CC BY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32215297

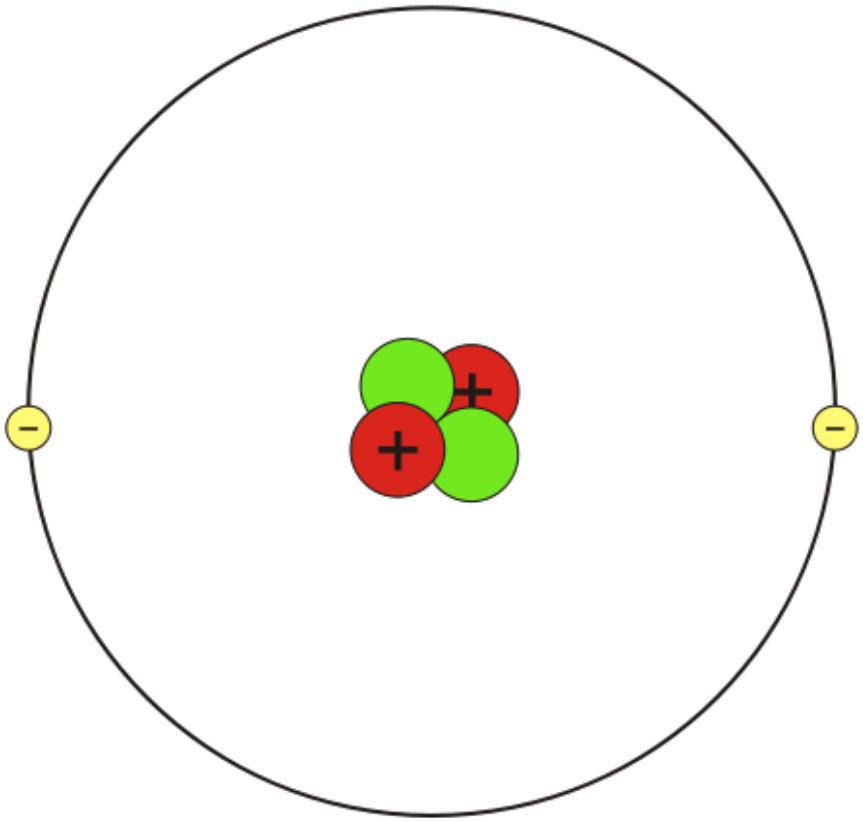
Bohr laittoi elektronit kiertämään

- Niels Bohr opiskeli mm. Rutherfordin alaisuudessa.
- Hänet tunnetaan parhaiten töistään varhaisen kvanttiteorian parissa.
- Paitsi Niels, myös hänen poikansa Aage Bohr sai fysiikan Nobel-palkinnon.
- Kööpenhaminan yliopistoon perustettiin Bohria varten teoreettisen fysiikan instituutti.
- Bohr oli mukana myös Manhattan-projektissa.
- Bohrin malli yhdistää Rutherfordin malliin varhaista kvanttimekaniikkaa.

kuva: public domain

Bohrin atomimalli

- Bohrin mallissa elektronit kiertävät atomin ydintä hieman kuin planeetat radallaan.
- Sähkömagnetismin teorian mukaan elektronien tulisi tippua ytimeen sähköisen vetovoiman vuoksi.
- Bohr rakensi mallinsa niin, että elektronit voivat asettua vain tietyille enrgiatiloille, mutta tälle ei vielä ollut fysikaalista selitystä.
- Selitys saatiin myöhemmin kvanttimekaniikan kehittyessä.



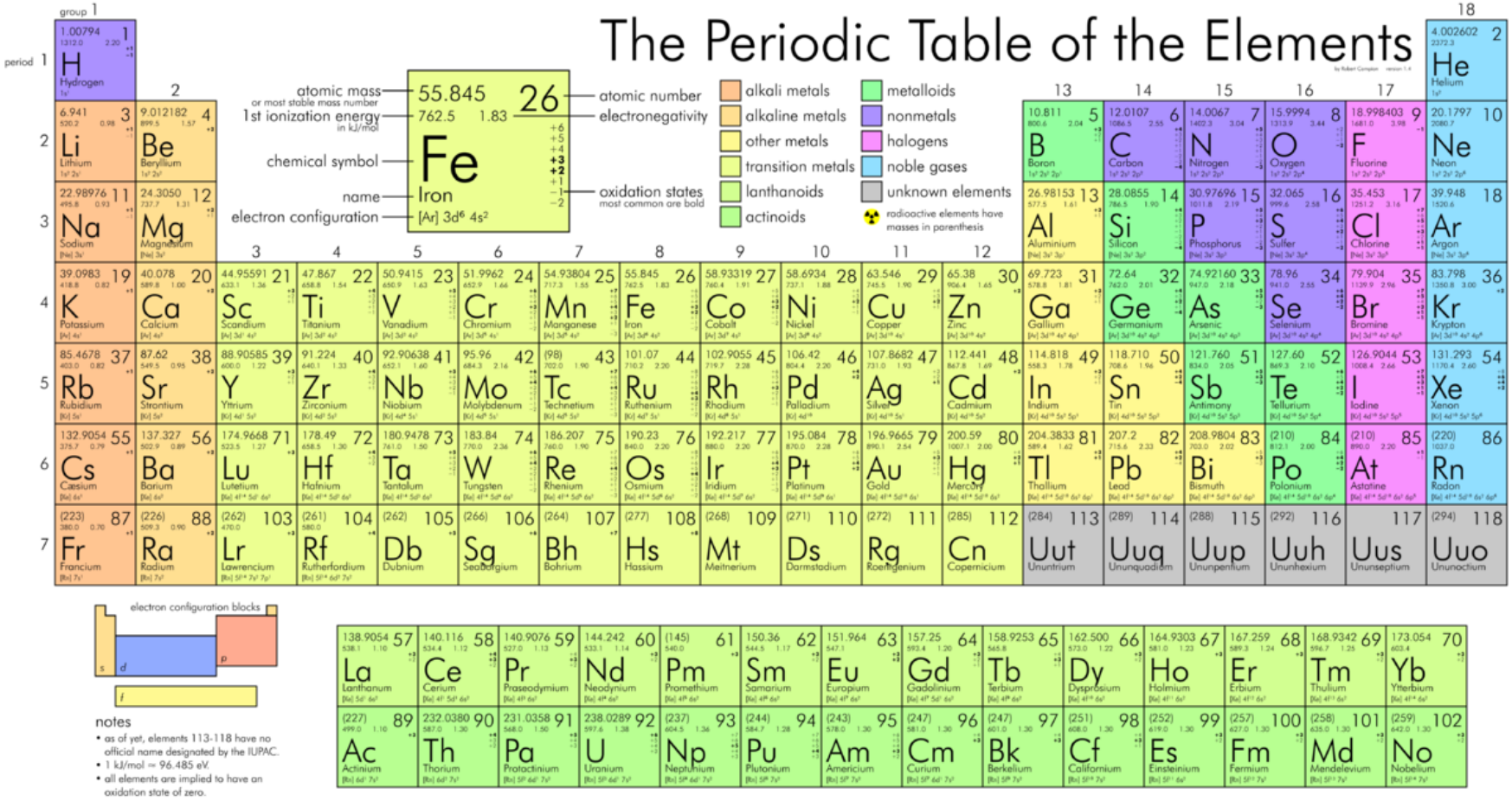
kuva: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helium-Bohr.svg

Alkuaineiden luokittelu

- Atomin ydin on tuhansia kertoja elektroneja raskaampi.
- Ydin koostuu positiivisesti varatuista protoneista ja varauksettomista neutroneista.
- Eri alkuaineet erottaa toisistaan protonien lukumäärä, eli järjestysluku Z.
- Vedyllä (H) on yksi protoni, Heliumilla (He) kaksi, Litiumilla (Li) 3 jne.
- Neutronien lukumäärä N vaihtelee, ja saman alkuaineen eri neutronilukuisia versioita kutsutaan alkuaineen *isotoopeiksi*.
- Ytimiä luokitellaan niiden massaluvun A, eli neutronien ja protonien yhteenlasketun lukumäärän mukaan.

$$A = Z + N$$

Jaksollinen järjestelmä



kuva: public domain

Kvanttimekaaninen atomi

- Nykyaikainen käsitys atomista on kehittynyt 1920 luvulta alkaen, eikä viimeistä sanaa ole vieläkään sanottu.
- Kvanttimekaniikka muuttaa käsityksemme hiukkasista. Taustalla vaikuttaa kysymys valon luonteesta, aaltoja vai hiukkasia.
- Kvanttimekaniikka vaatii meitä hylkäämään klassisen käsityksen materiasta ja hiukkasista. Nyt kaikilla hiukkasilla on aaltoluonne.
- Atomin elektronit eivät olekaan kuin pienen pieniä kuulia kiertoradalla, vaan kvanttimekaanisia olioita, joihin sisältyy massaa, liikemäärää ja aaltomaisia ominaisuuksia.
- Elektronin sijainti perustuu todennäköisyyteen, eikä sitä voi ennustaa tarkasti.

Schrödingerin aaltoteoria

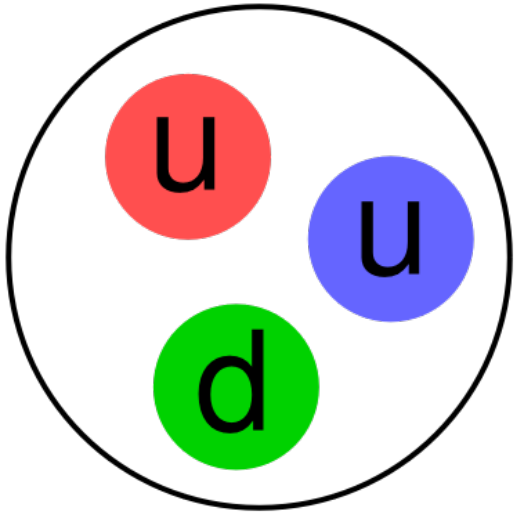
- Schrödinger mutoili matemaattisen mallin selittämään Bohrin atomimallin.
- Mallissa elektronia kuvaa aaltofunktio $\psi(x)$.
- Dynamiikan peruslaki $F = ma$ korvataan Schrödingerin yhtälöllä, joka sisältää kaiken mahdollisen tiedon hiukkasesta

$$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi = H\psi$$

kuva: public domain

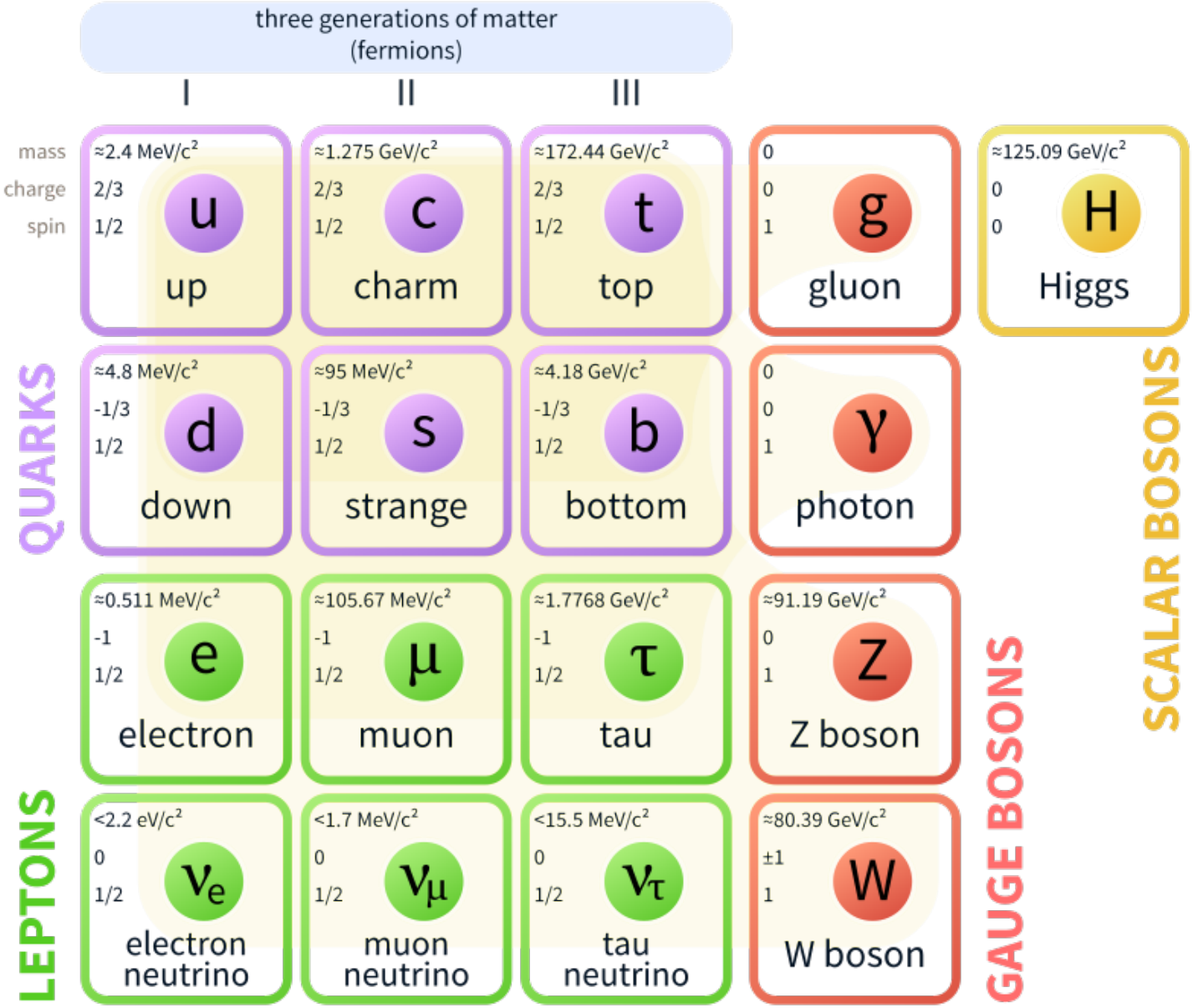
Aliatominen maailma

- 50- ja 60-luvulla kävi selväksi, että ydinhiukkasilla, protonilla ja neutronilla on sisäinen rakenne.
- Vuonna 1964 Murray Gell-Mann ja George Zweig muotoilivat kvarkkimallin, joka toimii nykyisen hiukkasfysiikan standardimallin pohjana.
- Protoni koostuu kahdesta *ylös*-kvarkista ja yhdestä *alas*-kvarkista.
- Neutroni koostuu vastaavasti kahdesta alas-kvarkista ja yhdestä ylös-kvarkista.
- Kuten hiukkasten nimistä näkyy, fyysikoilla alkaa olla suuri ongelma nimetä hiukkasiaan järkevästi!



kuva: public domain

Hiukkasfysiikan standardimalli



kuva: public domain