

Raskaimman atomin metsästys

■ Alkuaineiden jaksollisen järjestelmän seitsemäs rivi on täytetty, kiitos myös suomalaistutkijoiden ponnistelujen. Seuraavaksi rakennetaan siltaa vakauden saarelle.

Kalevi Rantanen



Kansainvälinen puhtaan ja sovelletun kemian liitto Iupac antoi viime vuonna viralliset nimet aineille, jotka vielä puuttuivat alkuainetaulukon seitsemännestä jaksosta. Niiden protoninumerot eli järjestysluvut ovat 113, 115, 117 ja 118 ja nimet nihonium, moskovium, tennessiini ja oganesson. Viimeksi mainittu on nyt raskain alkuaine, jota on kyetty valmistamaan. Sen protonien määrä eli Z on 118.

Entä kuinka pitkälle voidaan vielä päästä?

”On arveltu, että 172 saattaisi olla mahdollinen yläraja, jonka yläpuolel-

la 1s-elektronit putoavat ytimiin”, vastaa emeritusprofessori **Pekka Pyykkö** Helsingin yliopistosta.

”Kukaan ei oikein tiedä, onko tämä vakavasti otettava ajatus vai ei. Ytimien epästabiilisuus tietysti tekee olon hankalaksi jo paljon sitä ennen.”

Kaikki toistaiseksi tunnetut raskaat alkuaineet ovat hajoavia eli radioaktiivisia. Raskaimmat elävät vain sekunnin murto-osia. Oganesson puoliintuu alle millisekunnissa.

Kun ytimen massa kasvaa, merkitävään osaan nousevat suhteellisuusteorian kuvaamat relativistiset ilmiöt. Niihin Pyykkö on paneutunut niin ansiokkaasti, että hänet vuonna 2012 palkittiin Schrödingerin mitalilla. Kunnianosoituksen myönsi teoreettisen ja laskennallisen kemian seura Watoc tunnustuksena Pyykön ”ura-uurtavasta panoksesta relativistiseen kvanttikemiaan”.

Relativististen ilmiöiden vaikutus tekee entistä vaikeammaksi ennustaa, mitkä alkuaineet ovat ylipäättään mahdollisia ja millaisia ominaisuuksia niillä on.

Lopullisen vastauksen arvoituksen antavat vasta käytännön kokeet. Niissä sopivaan atomiin ammutaan kiihdyttimellä ioneja tai muita hiukkasia. Joskus ne jäävät ytimeen – ja uusi alkuaine syntyy.

Tähän mennessä tehtyjen superraskaiden alkuaineiden ytimet ovat alkaneet hajota välittömästi. Hajoamistuotteet kuitenkin kertovat, että uusi alkuaine oli kuin olikin hetken verran olemassa.

Haasteista huolimatta myös teoreetikot pyrkivät ennakoimaan sitä, millaisia vielä tuntemattomat alkuaineet voisivat olla.

”Itse olen arvellut, että alkuaineet 121–138 muodostaisivat 5g-sarjan”, Pyykkö kertoo.

Nykyinen alkuainetaulukko ulottuu 5f-sarjaan asti.

Pyykön ryhmä on pian julkaisemassa työn, jossa on laskettu 5g-sarjan heksafluorideja. Kokeellistakin tutkimusta aiheesta on tehty ”yllättävän pitkälle”.

Eniten tutkijoita kiehtoo mahdollisuus, että matkalla kohti yhä raskaampia alkuaineita tapahtuu jossain kohdin käänne. Se tarkoittaa, että vastaan alkaisi tulla vakaita tai ainakin suhteellisen vakaita aineita.

Jos alkuaine pysyisi koossa satoja

tai tuhansia vuosia, sitä voitaisiin valmistaa varastoon, tutkia ja hyödyntää aivan eri tavalla kuin heti häviävää ainetta.

Berkeleyyn yliopiston tutkijat **William D. Myers** ja **W. J. Swiatecki** esitivät vuonna 1966 ajatuksen, että vakaus alkaa protoniluvusta $Z = 126$ ja neutroniluvusta $N = 184$. Sama kaksisikko loi myös superraskaiden alkuaineiden käsitteen.

Virallisesti ei ole määritelty, kuinka raskas alkuaine on superraskas. Tavallisesti superraskaasta aineesta puhutaan kuitenkin silloin, kun protoniluku ylittää sadan, eli mennään fermiumista ($Z = 100$) ylöspäin.

Hajoamistuotteet kertovat, että uusi superraskas alkuaine oli kuin olikin hetken olemassa.

Saattaa myös olla, että tietyt protonien ja neutronien määrät tekevät atomiytimeistä vakaan. Näin arvelevat fyysikot, jotka käyttävät termiä ”maagiset luvut”.

Jyväskylästä koetuloksia teoreetikoille

Raskaiden ja superraskaiden alkuaineiden tutkimuksella on Suomessa pitkät perinteet. Työn aloitti Helsingin yliopiston fysiikan professori **Lennart Simons**.

Simons tutki uraanin fissiota **Niels Bohrin** laboratorioissa Tanskassa vuosina 1938–1940 ja käynnisti sitten ydinfysiikan tutkimuksen ja opetuksen myös kotimaassaan.

Tutkijat **Matti Nurmia**, **Kari Eskola** ja **Pirkko Eskola** osallistuivat 1960-luvulla raskaiden alkuaineiden tuottamiseen Yhdysvalloissa. He työskentelivät kuuluisan alkuaineiden metsästäjän **Albert Ghiorson** ryhmässä, joka valmisti ensimmäisen kerran rutherfordiumia (104), dubniumia (105) ja seaborgiumia (106).

Jyväskyläläinen emeritusprofessori **Matti Leino** on puolestaan ollut tekevässä uusissa alkuaineissa sekä Yhdysvalloissa että Saksassa. Saksan Darmstadtissa syntetisoitiin hassiumia (numero 108), darmstadtiumia (110),

▶ ▶ ▶



Raskaiden alkuaineiden metsästäjä työssään. Darmstadtin GSI-instituutin lineaarikiihdytin on 120 metriä pitkä.

G. Otto/GSI



FIA Novosti

Venäjän Dubnassa toimivan JINR-instituutin tutkijat ovat tähän mennessä napanneet kiinni yhdeksän uutta alkuainetta.

Raskaiden ja superraskaiden alkuaineiden tutkimuskeskuksia

Jyväskylän yliopiston kiihdytinlaboratorio	Suomi
GSI Helmholtz -keskus	Darmstadt, Saksa
Hiukkasfysiikan tutkimuskeskus JINR	Dubna, Venäjä
RIKEN Nishina -tutkimuslaitos	Wako, Japani
Oak Ridge National Laboratory	Oak Ridge, Yhdysvallat
Michiganin valtionyliopisto	East Lansing, Yhdysvallat

räiseltä nimeltään NMRI, jossa potilaan kuvantaminen tapahtuu voimakkaassa magneettikentässä.

Tutkimuslaitteiden rakentaminen edistää monenlaisen tekniikan, kuten ilmaisimien ja tietokoneohjelmien, kehitystä. Työn tuloksia on ajan mittaan hyödynnetty monilla aloilla.

Tuttu käytännön sovellus on palovaroitin, jossa ydinreaktiolla valmistettu alkuaine amerikium lähettää heikkoa säteilyä. Säteily ionisoi ilmaa ilmaisinkammiossa. Savun hiukaset muuttavat ilmaraon sähkönjohtavuutta, mikä saa aikaan hälytyksen.

Kaliforniumia, joka on voimakas neutronilähde, tarvitaan puolestaan öljy- ja kaivannaisteollisuudessa. Öljykentillä käytetään kaliforniumia sisältävää neutronikosteusmittaria. Kulta- ja hopeamalmeja taas havaitaan neutroniaktivaatiolla. Silloinkin neutronilähteenä toimii kalifornium.

Nykyiset sovellukset syntyivät aikoinaan tieteellisen uteliaisuuden odottamattomina sivutuotteina. Voimme näin luottaa siihen, että superraskaiden alkuaineiden tutkimus

tuottaa uusia sovelluksia, vaikka emme vielä tiedäkään, mitä ja millaisia ne ovat.

”Meteoriitit ovat lentäviä laboratorioita”

Kaikki tuntemamme superraskaat ja monet vähän kevyemmätkin alkuaineet – neptuniumista alkaen – ovat keinotekoisia. Niitä ei siis ole löydetty luonnosta.

Mahdotonta ei silti ole, että vielä joskus löydetään.

Alkuaineiden metsästyksen *grand old man* on 84-vuotias venäläinen, sukujuuriltaan armenialainen fyysikko **Juri Oganessian** Dubnan tutkimuslaitoksesta. Raskain tätä nykyä tunnettu alkuaine oganesson on nimetty juuri hänen mukaansa.

Oganessian etsii jatkuvasti uusia keinoja, joiden avulla superraskaita alkuaineita voitaisiin tutkia tarkemmin. Yksi suunta on avaruus.

”Meteoriitit ovat kuin lentäviä laboratorioita”, hän kertoi Ison-Britannian kuninkaallisen kemian seuran

Protonien määrä antaa alkuaineelle järjestysluvun

Atomit koostuvat positiivisista protoneista, negatiivisista elektroneista ja varauksettomista, neutraaleista neutroneista. Protonien määrä antaa alkuaineelle sen järjestysluvun (Z).

Neutronien ja elektronien määrä kasvaa siirryttäessä kevyistä raskaisiin alkuaineisiin, mutta ei suoraviivaisesti. Elektronit muodostavat orbitaaleja, joita merkitään ytimeistä ulospäin luettuna kirjaimilla s, p, d ja f.

Orbitaali kuvaa elektronin todennäköistä rataa. Se määrittelee myös energiatason, jolla elektroni voi olla. Elektronit asettuvat mahdollisimman matalalle energiatasolle, mutta kaikki eivät voi kokoontua yhdelle tasolle. Sen, kuinka monta elektronia kullakin tasolla voi olla, määrittävät kvanttimekaniikan säännöt.

Positiiviset protonit hylkivät toisiaan. Vakaan alkuaineen ydintä pitävät koossa neutronit, jotka toimivat ”liimana”. Mitä enemmän protoneja on, sitä suuremmat ovat hylkimisvoimat.

Alkuaineiden ominaisuuksissa havaittiin jo varhain jaksollisuutta. Jaksot päättyivät inerttisiin jalokausuihin. Aineet ovat inerttisiä, koska niiden elektronikuoret ovat täyttyneet.

lehdessä *Chemistry World*issä viime vuoden marraskuussa.

Oganessian on pohtinut meteoriittien mahdollisuuksia etenkin Buckinghamin yliopiston professorin, astrobiologi **Richard Hooverin** kanssa.

Oliviniini on magnesiumia ja rautaa sisältävä mineraali, jota käytetään muun muassa saunankiukaiden kivissä. Hooverin mukaan mineraali on myös hyvä superraskaan alkuaineen ilmaisin.

Pallasiittimeteoriitit sisältävät oliivinikiteitä. Kiteet ovat saattaneet toimia ilmaisimena sadan miljoonan vuoden ajan. Superraskas atomiydin, joka on kulkenut oliiviinin läpi, on voinut jättää jäljen, josta se on yhä mahdollista tunnistaa. □

Kirjoittaja on vapaa tiedetoimittaja. kalevi.rantanen@kolumbus.fi