

Mendelejev-konferenssissa haettiin **Uusia rajoja kemialle**

Kongressin nuorimman esiintyjän Platon Katšalinin, 10, aiheena oli kemiallinen astrofysiikka.



■ Kokoon puristettua kemiaa, alkuainetaulukon laajennuksia moneen suuntaan, fysiikan vakautta. Niitä ja paljon muuta kiinnostavaa esiteltiin alkuainetaulukon juhlavuoden päätapahtumassa Pietarissa.

Kalevi Rantanen

Neljäs jaksolliselle järjestelmälle omistettu kongressi ja samalla alkuainetaulukon juhlavuoden päätilaisuus pidettiin heinäkuussa Pietarissa, jossa venäläinen kemisti **Dmitri Mendelejev** (1834–1907) rakensi kuuluisan taulukonsa tasan 150 vuotta sitten. Kokouspaikkana toimi ITMO-yliopisto.

Ensimmäinen Mendelejev-konferenssi pidettiin vuonna 1969 kaikista maailman paikoista Vatikaanin observatoriossa. Kemiasta oli tullut niin suuri voima, että katolinen kirkkokin huomioi sen.

Neljännän kokoontumisen järjestäminen Venäjällä oli perusteltua paitsi juhlavuoden myös maan kemistien saavutusten perusteella. Uusin alkuaine numero 118 on saanut nimen oganesson venäläisen tutkijan **Juri Oganjanin** (s. 1933) mukaan.

Korkeassa paineessa taulukko mullistuu

Jokaisella teorialla on oma sovellusalueensa, jonka ulkopuolella se lakkaa toimimasta. Yksi jaksollista järjestelmää rajoittava tekijä on paine.

Tutkija **Artem R. Oganov** veti kongressiesitelmässään yhteen monen vuosikymmenen tutkimustuloksia ultrakorkeiden paineiden kemiassa ja fysiikassa. Oganov on työskennellyt Stony Brookin yliopistossa Yhdysvalloissa ja Skolkovon teknologiapuistossa Venäjällä.

Korkeassa paineessa monet jaksolliset piirteet häviävät. Havainnollinen esimerkki on atomin tilavuus. Jos merkitään atominumerot vaaka-akselille ja suhteellinen tilavuus pystyakselille, tulee näkyviin selkeitä jaksoja.

Natrium, kalium, rubidium ja cesium näkyvät huippuina, tilavuudeltaan suurina atomeina. Samalla ne aloittavat kolmannen, neljännen, viidennen ja kuudennen jakson järjestelmässä. Näin atomit käyttäytyvät normaaleissa olosuhteissa.

Kun painetta nostetaan paljon, tilanne muuttuu. Huiput madaltuvat ja lopulta katoavat.

Tuhannen gigapascalin eli kymmenen miljoonan barin paineessa jaksoja on enää vaikea tunnistaa. Kolmessa tuhannessa gigapascalissa tilavuuden kuvaaja on käytännössä suora viiva.

Havainto paineen vaikutuksesta atomin tilavuuteen on peräisin jo viime vuosisadalta, mutta sitä ei silti välttämättä tunneta kovin laajalti.

Uudempiä löytöjä ovat yhdisteet ja ominaisuudet, joita perinteellisen teorian ja taulukon mukaan ei voi olla olemassa. Ne ovat olleet ”kiellettyä kemiaa”, joka on kumottu vasta suurissa paineissa.

Uusia aineita ovat esimerkiksi boorin superkova faasi, vakaa post-perovskiitti, uusi raudan oksidi ja joukko ”kiellettyjä” natriumin ja kloorin yhdisteitä. Ruokasuola NaCl on tuttu koulukemiasta, mutta yhdisteet NaCl₃ ja Na₃Cl ovat uusia.

Fysikaalinen ydin pysyy

Suurten paineiden kemian sovellusalueella on puolestaan omat rajansa.

Helsingin yliopiston emeritusprofessori **Pekka Pyykkö** on tutkimuksissaan ennustanut vielä löytämättömien alkuaineiden ominaisuuksia.

”Ydinfysiikkaan korkea paine ei vaikuta, tai vaikuttaa korkeintaan hyvin vähän”, Pyykkö kommentoi.

”Kemiaan se vaikuttaa voimakkaasti.”

Pyykkö mainitsee esimerkin.

”On löydetty uudenlaisia yhdisteitä, kuten Oganovin ryhmän valmistama heliumin ja natriumin yhdiste Na₂He. Vapaa elektroni toimii anionina, eli yhdiste on elektridi.”

Pyykön oma tutkimusalue on kasvattanut suosiotaan koko ajan. Suomalaisprofessori alkoi tutkia suhteellisteoreettisia efektejä kemiassa jo liki puoli vuosisataa sitten eli vuonna 1970. Jaksollinen järjestelmä tuli mukaan vuonna 1975.

”Kiinnostus aihepiiriä kohtaan on

kasvanut, kun on tehty yhä uusia alkuaineita. Jaksollisen järjestelmän juhlavuosi on tuonut tutkimukselle paljon lisää julkisuutta”, Pyykkö kertoo.

”Täysin hyödyttömästä” kaikille tarpeelliseen

Julkisuus on tuttua Oxfordin yliopiston professorille **Peter Atkinsille**, joka on vuosikymmenien ajan esitellyt alkuainetaulukkoa opiskelijoille ja suurelle yleisölle.

Kirjassaan *Periodic Kingdom* Atkins kuvaa jaksollisen järjestelmän maantieteellisellä analogialla.

Vasemmalla on Läntinen suorakulmio eli s-ryhmän alkuaineet. Oikeassa laidassa on Itäinen suorakulmio eli p-ryhmä. Välissä on Kannas eli d-ryhmä. ”Etelässä” on lantanidien ja aktinidien saari. Kartta havainnollistaa hyvin jaksollista järjestelmää.

Atkinsin aiheena Pietarin konferenssissa oli taulukon perustukset. Ennen tilaisuutta esitettyyn kysymykseen luennon tarkemmasta sisällöstä hän vastasi ystävällisesti, että aihe saattaa olla liian erikoistunut kiinnostaakseen suurta yleisöä.

Totta on, että luennosta saivat kaiken irti ne harvat, jotka tuntevat kvanttikemiikkaa syvällisesti. Atkins kävi lyhyesti läpi ”jaksollista kuningaskuntaa” ja julisti sitten siirtyvänsä asioihin, jotka ovat ”täysin hyödyttömiä”.

Se tarkoitti, että tutkija kuvaili, miltä jaksollinen järjestelmä näyttäisi kaksikulotteisessa ”lättämaailmassa” ja vielä omituisemmassa yksikulotteisessa maailmassa.

Laajalle lukijakunnalle brittiprofessori suosittelee *Chemistry International* -lehteen kirjoittamaansa artikkelia, jonka aiheena ovat koulutuksen elementit.

Tekstissään Atkins muistuttaa, että jaksollinen järjestelmä syntyi koulutuksen piirissä ja kukoistaa siellä edelleen. Harva tutkija aloittaa päivänsä silmäilemällä alkuainetaulukkoa, mutta sitä käyttää jokainen kemianopettaja.

Joissakin ihmisissä taulukko voi herättää myös epämiellyttäviä muistoja koulukemiasta.

”Meidän tehtävämme on näyttää taulukon kauneus ja hyödyllisyys ja murtaa sen avulla muuri kemistien ja yleisön välillä”, Atkins kirjoittaa.

▶ ▶ ▶



Kuvat: ITMO-yliopisto

Suomen Pekka Pyykkö luennoi Pietarissa tutkimustuloksistaan. Samalla oli tilaisuus tavata monta vanhaa tuttua.

>>>

Kemiaa solmuilla ja palikoilla

Juuri tämän mission toteuttamista esiteltiin kongressissa ja etenkin sen näytelyssä monilla tavoilla.

Yksi trendi on kemiallisen yhteisön kääntyminen kohti suurta yleisöä. Kemiaa esitellään ja markkinoidaan yhä uusin keinoin.

Mielikuvituksellinen tapa kuvata alkuainetaulukkoa lienee muinaisten inkojen quipu-solmut. Niitä esitteli konferenssin näytelyssä perulainen insinööri **Julio Samanez**.

Samanez oli mukana organisoimas-

sa vuoden 2012 kolmatta Mendelejev-kongressia, joka järjestettiin Cuscon kaupungissa hänen kotimaassaan.

Alkuainetaulukko laajenee ja rikastuu myös siksi, että sen avulla kuvataan yhä uusia ja uusia ilmiöitä.

Muun muassa Vatikaanin kiinnostus kemiaa kohtaan on säilynyt. Fysikaalisen ja laskennallisen kemian tutkija professori **Michelle Franci** työskentelee Vatikaanin observatoriossa. Amerikkalais-tutkijan toinen työpaikka on Bryn Mavrin Collegessa Yhdysvalloissa.

Pietarissa Franci puhui isotooppien jaksollisesta järjestelmästä. Professori toi näyttille myös palikkatornin, jossa on esillä 3 380 isotooppia.



Oxfordin yliopiston Peter Atkins tunnetaan kemian yleistajuistajana.



Kemianinsinööri Julio Samanez (vas.) esitteli inkojen solmujärjestelmää evoluutiobiologi David Seaborgille.

Mukaan myös kestävä kehitys

Dmitri Mendelejevin taulukko on auttanut järjestämään monia tietoja alkuaineista hedelmällisellä tavalla.

Uusimpana mukaan tulevat kestävyysominaisuudet eli jokaisen alkuaineen ympäristölliset hyödyt ja haitat sekä keinot haittojen poistamiseksi.

Luonteva yhdistelmä ovat kestävyys ja kansainvälisyys, mikä tuli Pietarissa hyvin esille. Suuri osa nykyajan kemiasta on maahanmuuttajien luomaa tai muuten kansainvälisesti kehitettyä.

Mendelejev itse oli profeetta enemmän muualla kuin omalla maallaan. Kemian ympäristöongelmat ratkaistaan samoin kansainvälisesti.

Konferenssin pääesiintyjiin kuului myös **David Seaborg**, joka on yhdysvaltalaisen ydinkemistin, vuoden 1951 kemian nobelistin **Glenn Seaborgin** (1912–1999) poika.

Glenn Seaborg oli äitinsä puolelta ensimmäisen ja isänsä puolelta toisen polven maahanmuuttaja, jonka esivanhemmat olivat kotoisin Ruotsista. Kemistillä oli keskeinen osa plutoniumin ja muiden transuraanien, kaikkiaan kymmenen alkuaineen, keksimisessä.

Vuonna 1949 syntynyt David Seaborg itse on evoluutiobiologi ja maailman sademetsäsäätien perustaja. Hän kertoi kiinnostavasti ja seikkaperäisesti isästään ja Kalifornian ruotsalaisesta yhteisöstä.

Varsinaista aihettaan, ekologiaa ja kestävä kehitystä hän ehti kommentoida lyhyesti luentonsa jälkeen. Alkuaineista erityisesti litium ja harvinaiset maametallit ovat hänen näkökulmastaan keskeisiä.

Tutkijat sinnittelivät läpi vaikeiden vuosikymmenten

Venäläisten kemistien polku on ollut paljon kivisempi kuin heidän länsimaisten kollegoidensa. Tunnelin päästä on kuitenkin tultu valoon.

Professori **Natalia Tarasova** edusti Pietarin konferenssissa kansainvälistä kemianjärjestöä Iupacia. Moskovan Mendelejev-yliopistossa työskentelevä Tarasova on kestävä kemian pioneereja Venäjällä.

Venäjällä tiede on kehittynyt epätasaisemmin kuin lännessä. Tarasova muistuttaa YK:n tiede- ja kulttuurijärjestön Unescon lehdessä, että kotimaa suhtautui Mendelejeviinkin ristiriitaisesti. Pietarin tiedeakatemia kieltäytyi hyväksymästä häntä jäsenekseen.

Mendelejevin seuraajien asema oli usein vielä vaikeampi. Yli 60 vuoden ajan eli 1920-luvun lopulta 1990-luvun alkuun Venäjän kemia toimi erillään muusta maailmasta.

Kuten muutkin kansalaiset, myös kemistit olivat käytännössä matkustuskiellossa. Monesti he saivat olla onnellisia, jos saivat pitää henkensä.

ITMO-yliopiston professori **Mihail Kuruškin** kertoi kongressissa unohdetusta alkuainetaulukon tutkijasta, moskovalaisesta **Vjatšeslav Romanovista**.

Romanov ennusti muun muassa alkuaineen numero 118 – siis myöhemmän oganessonin – ominaisuuksia. Hän istui ilman syytä vankilassa vuodet 1938–1943 ja sen jälkeen 10 vuotta karkotuksessa syrjäisessä Ufassa.

Suurimpana vahvuutena koulutusjärjestelmä

On siis melkoinen ihme, että tutkimuksen perinne Venäjällä on säilynyt

”Harvinaisten maametallien tärkein sovellusalue kestävässä kehityksessä on tuulivoima, kun ajatellaan tuulen potentiaalia puhtaan energian tuotannossa”, Seaborg uskoo.

Harvinaisten maametallien hankkiminen on kuitenkin ongelmallista. Aineiden pitoisuudet ovat matalia, ja kai-



Professori Mihail Kuruškin nosti esiin myös Venäjän vainon ajat.

niinkin vahvana kuin se on.

Valopilkkuja oli kuitenkin eristäytymisenkin kaudella. Niitä on kuvannut unkarilainen kemisti **István Hargittai** kirjassa, jolla on kuvaava nimi *Haudattu kunnia*.

Esimerkiksi **Boris Belousov** ja **Anatoli Zhabotinski** kehittivät ”mahdottomia” reaktioita. **Aleksandr Kitaigorodski** toimi kidedutkimuksen yksinäisenä sutena, jonka työn arvo tunnustettiin vasta myöhemmin. Organisen kemistin **Aleksandr Nesmejanovin** Hargittai mainitsee loistavana organisaattorina.

Sittemmin venäläiset ovat nousseet esiin juuri alkuaineiden tutkimuksessa. Nimillä dubnium, flerovium ja oganesson kunnioitetaan venäläisten tutkijoiden työtä.

”Venäjän kemian suurin vahvuus on meidän koulutusjärjestelmämme”,

vostoiminta voi vahingoittaa ympäristöä merkittävästi.

Moskovan Mendelejev-yliopiston professorin **Natalia Tarasovan** mukaan isot haasteet ovat kaikkialla samat.

”Kuinka avata tie kestävään kehitykseen? Miten löytää tasapaino, jossa

sanoo Natalia Tarasova.

”Järjestelmään kuuluvat systeemi-ajattelu, perustiede, tieteidenvälisten käsitteiden ymmärtäminen, käytännölliset tutkimustaidot ja henkilökohmainen vastuu globaaleista prosesseista. Se on koulutusta kestävä kehitystä varten.”

Lausuntoon on helppo uskoa. Mendelejev-konferenssin nuorimmat puhujat olivat pietarilainen **Veronika Jolkina** ja moskovalainen **Platon Katšalin**.

16-vuotias Jolkina esitteli alkuainetaulukon keksimällään uudella tavalla, löytäjien kotimaiden mukaan. 10-vuotiaan **Katšalinin** aiheena oli kemian astrofysiikka. Molemmat esiintyivät sujuvalla englannin kielellä.

Venäjän tulevaisuutta on mahdoton ennustaa, mutta ainakaan kemiasta ei yhteiskunnan edistys jää kiinni.

ratkaistaan sosiaalisen ja taloudellisen kehityksen ongelmat? Miten säilyttää hyvä ympäristö ja tyydyttää nykyisen sukupolven tarpeet vaarantamatta tulevien sukupolvien tarpeita?”, Tarasova pohti. □

Kirjoittaja on tiedetoimittaja. kalevi.rantanen@kolumbus.fi