

## JARL WASASTJERNAN FYSIKON URA

**Markus Ahlskog**

*Jyväskylän yliopisto*

Suomen Fyysikkoseuran toimintakertomuksessa vuodelta 1958 kerrotaan mm. [1]:

*Seura järjesti 3.-5.1. toiset fyysikkopäivät. Niillä oli mukana n. 150 osanottajaa. Esi-  
telmiä pitivät prof. Pekka Jauho (ydinmalleista), TkT Martti Sulonen (elektronimikros-  
koopista), prof. Erkki Laurila (puolijohteista ja transistoreista), prof. Risto Niini (ak-  
siomaattisesta fysiikasta) ja FT Uuno Nurmi (ultraäänifysiikasta); prof. Martti Kanto-  
la alusti keskustelukysymyksen nuorten fyysikkojen asemasta. Lisäksi esiintyivät prof.  
Paavo Tahvosen ja prof. Väinö Hovin johtamat tutkijaryhmät. Päivien yhteydessä tu-  
tustuttiin Helsingin yliopiston fysiikan laitokseen, puolustuslaitoksen fysiikan labora-  
torioon ja elektronimikroskopian laitokseen.*

**E**nsimmäisenä mainittu henkilö, profes-  
sori Pekka Jauho, aloitti opintonsa Hel-  
singin yliopistossa heti jatkosodan jälkeen.  
Muistelmissaan hän kertoo perusopintojen  
aikaisista opettajistaan, jotka olivat jääneet  
erityisen positiivisesti hänen mieleensä. Ai-  
noa fyysikko näiden joukossa oli professori  
Jarl Wasastjerna. Seuraavana mainittu hen-  
kilö, Martti Sulonen, oli tuleva professori  
jonka väitöskirjan ohjaajana oli toiminut  
Wasastjernan tohtorioppilas Heikki Miek-  
koja. Kaikki muut mainitut henkilöt Erkki  
Laurilasta lähtien olivat olleet Wasastjernan  
tohtorioppilaita. Jos kysyy, kuka Suomen  
sen aikaisista merkittävistä fyysikoista

puuttuu listasta, tulee ensimmäisenä mie-  
leen professori Lennart Simons, joka oli  
Wasastjernan tohtorioppilas hänkin.

Wasastjernan löytyminen kaikkien näiden  
fyysikoiden taustalta ei ole sattuma, sillä  
hänellä oli todellakin hyvin keskeinen ase-  
ma Suomen fysiikassa sotien välisenä aika-  
na. Tätä vahvistaa seuraava ote Suomen  
teoreettisen ja alkeishiukkasfysiikan näky-  
vän nimen K.V. Laurikaisen muistelmista,  
jossa tämä kuvaa vaikeuksiaan saada virkaa  
uransa alkuvaiheessa, sodanjälkeisinä vuo-  
sina [2]:

*Taistelu akateemisista paikoista oli silloin kovaa, ja Wasastjernan varsinaiset oppilaat pitivät hallussaan kaikkia avainasemia. Heiltä en mitään tukea saanut, ... Kerran yritin vedota itseensä Wasastjernaan ja soitin hänelle saadakseni tilaisuuden keskustella siitä fysiikan vinosuuntauksesta, joka Suomessa vallitsi, mutta hän totesi, että hänellä oli ilmeisesti hieman erilainen käsitys fysiikasta kuin minulla. ... Sillä oli tullut selväksi sanotuksi, että siltä koulukunnalta minun oli turha toivoa tukea.*

Wasastjerna oli vain vuoden nuorempi kuin Suomen tieteen kaksi tunnetuinta edustajaa, nimittäin biokemisti ja nobelisti A.I. Virtanen ja matemaatikko Rolf Nevanlinna. Toisin kuin nämä kaksi, Wasastjerna on tiedemiehenä merkitykseensä nähden varsin huonosti tunnettu jopa Suomen fyysikkojen keskuudessa. Keskeinen syy tähän on ilman muuta se, että Wasastjerna erosi professorin virasta kesken kaiken vuonna 1946, minkä takia hänen saavutuksensa fyysikkona rajoittuvat oleellisesti sotia edeltäneeseen aikaan ja ovat jääneet unohduksiin sodan savupilvien taakse. Tarkastelen tässä kirjoituksessa Wasastjernan uraa fysiikan parissa. Wasastjerna kuului rikkaisiin ja vaikutusvaltaisiin sukuihin ja teki yliopistouransa lisäksi paljon muutakin, oli mm. Suomen lähettiläänä Tukholmassa sotavuosina ja nimitettiin myöhemmin vuorineuvokseksi ansioistaan useiden teollisuusyritysten johdotehtävissä. Näitä muita puolia Wasastjernan toiminnasta ja elämästä tarkastelen toisessa kirjoituksessa [3].

## URAN MENESTYKSEKKÄÄT ALKUVUODET: ATOMIN SÄDE JA RÖNTGENKRISTALLOGRAFIA

Wasastjerna opiskeli Helsingin yliopistossa fysiikkaa ja kemiaa vuosina 1914–1918. Hän teki opinnäytetyönsä fysikaalisesta kemiasta Lars Öholmin johdolla. Wasastjernan eteneminen opinnoissa ja tutkijan alkutaipaleella oli todella nopeaa. Jo pro gradu -työ, joka koski sähkökemiallisten parien termodynamiikkaa, johti julkaisuun. Vuonna 1922 hänet nimitettiin fysikaalisen kemian dosentiksi. Kaikki tämä tapahtui kovin levottomina vuosina, jolloin moni akateeminen nuori oli tavalla tai toisella osallisena ympäröivän yhteiskunnan mullistuksiin. Wasastjernan nopea eteneminen akateemisessa maailmassa antaa aiheen päätellä, että hän oli keskittynyt pelkästään tieteelliseen työhön.

Se modernin fysiikan vallankumous, joka oli alkanut 1890-luvulla röntgensäteilyn ja radioaktiivisuuden keksimisellä, ei Wasastjernan aloittaessa jatko-opintojaan ollut paljoakaan vaikuttanut siihen vaatimattomaan tutkimustyöhön, jota Suomessa tehtiin fysiikassa. Suhteellisuusteorian pioneereihin lukeutunut Gunnar Nordströmkin kuoli vain 42-vuotiaana vuonna 1923, ehdittyään olla vasta lyhyen aikaa professorina Teknillisessä korkeakoulussa. Kun Wasastjerna ryhtyi tarmokkaasti pureutumaan atomi- ja kvanttifysiikan ongelmiin väitöskirjaansa tehdesään, hänellä ei siten ollut ketään asiantuntevaa opastajaa Suomessa. Vuosina 1923–1925 käydyssä sovelletun fysiikan professorin viranhaussa, jonka Wasastjerna voitti, Wasastjernan kaksi kilpailijaa, K.F. Lindman ja H. Lunelund, eivät hekään olleet kunnolla paneutuneet moderniin fysiikkaan.

Epäilemättä Wasastjernan valttikorttina virkaa hakiessa oli nimenomaan se, että hän edusti kilpailijoitaan paljon paremmin tulevaisuutta. Näin kauan jälkikäteen on kuitenkin syytä huomauttaa, että sähkömagnetismin ilmiöihin keskittynyt Lindman teki työtä, jota nykyinen radio- ja mikroaalto-tekniikan perustutkimus suuresti arvostaa. Lindmanin elämäntyöstä oli taannoin perusteellinen artikkeli tässä lehdessä [4].

Me voimme seurata Wasastjernan tutkijauraa lähinnä vain hänen julkaisuistaan (ks. julkaisuluettelo alla), sillä hän ei jättänyt jälkeensä arkistoja eikä muistelmia. Tämä on Suomeen tieteen historian kannalta valittava asia. Moderni fysiikka nimittäin tuli Suomen tieteeseen pitkälti Wasastjernan toiminnan kautta. Se, miten fysiikan tutkimus ja Wasastjernan oma ura etenivät suhteessa Wasastjernan alkuperäisiin ajatuksiin ja tavoitteisiin, jää koko lailla arvailujen varaan.

Wasastjernan väitöskirjaa voidaan pitää poikkeuksellisen tasokkaana. Hän käsittelee siinä suurinta osaa niistä aiheista, jotka sittemmin muodostivat hänen tieteellisen uransa selkärangan. Rutherford-Bohrin atomimallista lähtien kysymys atomien ja molekyylien rakenteesta oli pitkään jatkuvassa kiehumistilassa, johon myös nuori Wasastjerna paneutui. Englannissa William Henry Braggin ja hänen poikansa Lawrence Braggin röntgentutkimukset avasivat ovet materiaalien kiderakenteen salaisuuksiin. Tällä oli suuri merkitys Wasastjernan myöhemmille tutkimuksille. Wasastjernan koko tieteellisen uran aihealueena voidaan pitää laveasti sanottuna atomin elektronirakennetta ja tältä pohjalta tarkasteltuja kiteiden fysikaalisia ominaisuuksia. Väitöskirjastaan

(1920) alkaen hän julkaisi näiltä aloilta tutkimuksia vuoteen 1926 asti [W1-W4,W6-W17] ja palasi samoihin aiheisiin 1930-luvulla tohtorioppilaita ohjatessaan.

Jo klassisen fysiikan kulta-ajoilta oli peräisin Lorenzin-Lorentzin yhtälö (1880), joka ilmaisi nesteen taitekertoimen (tuolloin vielä hypoteettisten) molekyylien sähköisen polarisoituvuuskertoimen avulla. Yhtälö antoi toimivan mallin refraktiolle ja sen riippuvuudelle aallonpituudesta eli dispersiolle. Sivuhuomautuksena mainittakoon, että sähkömagneettisen aaltoliikkeen teoriaa dielektrissä materiaaleissa kehitti 1900-luvun alussa myös ruotsalainen C.W. Oseen, jonka nimi esiintyy Ewaldin-Oseen teoreemassa. Oseen oli yksi kolmesta arvioitsijasta, joita Helsingin yliopisto käytti valitessaan Wasastjernan professorin virkaan.

Rutherford-Bohrin atomimallin myötä avautui siis uusia näkymiä aineen fysiikan tutkimuksessa, ja yksi polku, jota Wasastjerna alkoi seurata väitöskirjatyössään, oli katsoa uusin silmin refraktiometrisissä mittauksissa saatuja tuloksia ja sitä, mitä ne kertoivat atomien ja molekyylien polarisoituvuudesta. Hän käytti tähän Pulfrichin refraktometriä, joka on eräs klassisen fysiikan ajan optinen mittausrakenteellinen, tehden laajan sarjan mittauksia eri molekyylijä sisältävien vesiliuosten taitekertoimista ja varioiden lämpötilaa, konsentraatiota jne. Hän paransi väitöskirjatyössä ja sen jatkossa ymmärrystä atomi- ja molekyyli- rakenteen yhteydestä valon refraktioon.

Wasastjernan ehkä merkittävimpiin tieteelliseen saavutukseen johti huomio, että neutraali atomi ja vastaava dissosioitunut ioni

johtavat eri taitekertoimeen. Eroa kuvaava nk. refraktioekvivalentti oli suurempi negatiivisella ionilla ja pienempi positiivisella. Wasastjerna esitti refraktioekvivalentin kuvaavan ionin kokoa, sillä positiivinen ioni tarkoitti elektronivajausta ja näin ollen pienempää kokoa ja refraktioekvivalenttia. Tarkemmat pohdinnat johtivat arvioon eräiden ionisoituneiden atomien säteistä, jota hän myöhemmin käytti erinäisten kiteiden ominaisuuksien teoreettisissa käsittelyissä [Wx4].

Eri lähteissä on esitetty Wasastjernen eräänlainen lyhyt ja ytimekäs ”standardielämäkertä”, joissa luetellaan Wasastjernen tieteelliset vierailukohteet 1920-luvun alkuvuosina. Näihin kuuluvat Kööpenhamina, Göttingen ja Wien sekä Englannissa Manchesterin, Cambridgen ja Lontoon yliopistot, joissa Bragg nuorempi ja vanhempi työskentelivät 1920-luvun alussa [5]. Eräässä harvoissa laajemmalle yleisölle kirjoittamassaan artikkelissa [Wx1], Wasastjerna ohimennen mainitsee tutustuneensa Wienin vierailullaan Felix Ehrenhaftiin ja tämän tutkimustyöhön. Ehrenhaft oli aikoinaan ollut fysiikan tutkimuksen eturintamassa tehdessään Millikanin öljypisarakokeen kanssa kilpailevia mittauksia mutta jäi myöhemmin unohduksiin. Tämä on vain satunnainen tiedonsirpale, muuten emme juurikaan tiedä, mitä kaikkia oppia, ideoita ja vaikutteita Wasastjerna sai matkoillaan.

Luultavasti tiedämme kuitenkin sen tärkeimmän erillisen matkan, nimittäin Wasastjernen vierailun Braggien luona vuonna 1923 [6]. Braggit olivat tuolloin maineensa huipulla röntgentekniikan soveltajina materiaalfysiikassa. Vierailun yksityiskohdista ei ole tietoa, mutta merkittävää ainakin oli,

että Wasastjerna sai tilaisuuden kertoa suoraan fysiikan huipuille ionisäteiden mittauksissa saamista tuloksista. Yksinkertaisten ionikiteiden rakenteen selvittäminen oli silloin tutkimuksen kuumimpia aiheita. Monissa tärkeissä tapauksissa oikea rakenne löytyi ottamalla huomioon ionisäde. Alan silloiset huippunimet, Braggien lisäksi esim. Linus Pauling ja Viktor Goldschmidt, tukeutuivat ja viittasivat Wasastjernen töihin tässä yhteydessä [7].

Toinen ja koko Suomelle tärkeä seuraamus Wasastjernen vierailusta Englantiin oli se, että hän toi Helsingin yliopistoon uusinta kokeellisen röntgentutkimuksen tietotaitoa. Ensimmäinen Helsingissä tehty röntgendiffraktiomittauksiin perustuva julkaisu, *The crystal structure of dolomite* [W13], julkaistiin Suomen Tiedeseuran Commentationes-sarjassa jo vuonna 1924. Dolomiitti  $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$  on magnesiumipitoinen kalkkikiven laji. Wasastjerna perustelee sen valintaa tutkimuksen kohteeksi paitsi sillä, että rakenne on vielä heikosti määritetty, myös sillä, että dolomiitin rakenne on kiinnostava pohdittaessa ionien välisiä voimia kiderakenteessa. Julkaisu on varsin perusteellinen, 14 sivua pitkä. Hyvin varhaisessa vaiheessa Wasastjerna siis aloitti materiaalien röntgentutkimuksen ja jätti optiset mitaukset taka-alalle. Röntgenfysiikan tutkimus jatkuu Helsingin yliopistossa tänäkin päivänä, ja täyttää siis näihin aikoihin sata vuotta.

## NUORI PROFESSORI JA RÖNTGENFOTONI

Wasastjerna oli hankkinut näillä tutkimuksillaan itselleen hyvät asemat, kun Theodor Homenin pitkään hoitama soveltavan fysiikan

kan professuuri tuli haettavaksi Homenin jäätyä eläkkeelle. Tiukan kisan jälkeen Wasastjerna sai viran ja alkoi hoitaa sitä 29-vuotiaana vuoden 1926 alussa. Vastaleivottut professorit keskittyvät yleensä uransa tuossa vaiheessa siihen, minkä he kokevat pääasialliseksi tieteellisen kiinnostuksen kohteekseen. Myös Wasastjernan ensiaskeleet professorina lienevät menneet saman kaavan mukaan. Wasastjernan tieteellinen tuotanto professorinimityksen jälkeisinä vuosina koostuu julkaisuista, jotka liittyvät röntgensäteilyn fotonien havaitsemiseen. Tarkastelemme seuraavassa näitä tutkimuksia.

Kuten äskettäisessä Physics Today-lehden numerossa kerrotaan [8], varsin yleinen virheellinen käsitys on, että Einsteinin vuonna 1905 esittämä fotonihypoteesi valosähköisen ilmiön selityksenä olisi saanut tiedeyhteisöltä nopean hyväksynnän. Erityisesti röntgensäteilyn tapauksessa kiisteltiin vielä toistakymmentä vuotta siitä, onko kyse sähkömagneettisesta säteilystä vaiko hiukkassäteilystä, eikä vielä ymmärretty hakea ratkaisua fotonikonseptista. Vanhempi Bragg uskoi pitkän aikaa malliin, jossa röntgensäteily koostuu sähköisesti neutraaleista komposiittihiukkasista. Hän ja nuorempi Bragg olivat kuitenkin dynaamisia ja siirtyivät paremman teorian kannalle, kun jälkimmäinen heistä onnistui parantamaan von Lauen ontuvaa selitystä uusille, käänteentekeviksi osoittautuville tuloksille röntgensäteilyn kiteissä muodostamille kuvioille. Kuviot selittyivät aaltoliikkeen interferenssinä kiteiden säännöllisissä atomihiloissa, ja pian Braggit olivat eturintamassa luomassa kahta uutta fysiikan erikoisalaa,

röntgenkristallografiaa ja röntgenspektroskopiaa.

Jäljelle jäi vielä se ongelma, että röntgensäteily välillä käyttäytyi selvästikin hiukkasluonteen mukaisesti — tämän vuoksi Bragg vanhempi oli itsepintaisesti pitänyt kiinni aikaisemmasta mallistaan. Ratkaisu tuli, kun Arthur Compton kollegoineen löysi ja selitti vuonna 1922 hänen nimeään kantavan röntgensäteilyn Compton-sironnan. Tämä sironnapirosessi osoitti säteilyn fotoniluonteen. Koko kvanttimekaniikan muotoutuvalle teorialle tulos oli perustavanlaatuisen, sillä se todensi sille keskeisen aaltohiukkasdualismin.

Tämä oli siis tilanne Wasastjerna vieraillessa Braggiin luona vuonna 1923, ja ilmeistä lienee, että röntgenfysiikan uusista tuloksista puhuttiin paljon. Teoreettisesti lahjakas Wasastjerna pystyi varmasti ne hyvin sisäistämään. Wasastjernan erinäisistä kirjoituksista voidaan päätellä hänen mielellään perehtyneen asioiden filosofisiin puoliin, joita uusi kvanttiteoria tarjosi enemmän kuin kylliksi. Pitkähkössä artikkelissa Finsk Tidskrift-lehdessä vuonna 1926 [Wx2], Wasastjerna käsitteli uusia valon luonnetta koskevia tuloksia ja kuvaili myös sitä, miten käsitykset valosta olivat kehittyneet antiikin ajoista lähtien. Lehti oli yleistajuinen, sivistyneistölle suunnattu, mutta Wasastjerna oli kirjoittanut artikkelinsa niin asiapitoiseksi, että vain fysiikasta hyvin perillä olevat saattoivat ymmärtää sen kunnolla. Kirjoituksesta voidaan päätellä, että Wasastjerna oli erittäin kiinnostunut fotonin duaalisen luonteen problematiikasta.

Saatuana virkansa Wasastjerna ryhtyi toteuttamaan mittausjärjestelmää, jonka oli

tarkoitus tutkia röntgensäteilyn fotoniluonnetta [5]. Ei kuulosta kaukaa haetulta, että ajatus tästä kokeesta oli alkanut itää Wasastjernan vierailulla Braggien luona. Väinö Hovi mainitsee Wasastjernan muistokirjoituksessaan [9] röntgensäteilyn fotonien mittaamisen vain ohimennen yhtenä osana ensimmäisestä niistä tutkimusperiodeista, joihin hän Wasastjernan tieteellisen työn jakoi. Paljon pidemmässä muistokirjoituksessaan Simons puolestaan kävi ensin kronologisesti läpi Wasastjernan kaiken muun tieteellisen tuotannon ja kertoi Wasastjernan röntgenfotonin metsästyksestä vasta lopussa, joskin aika perusteellisesti [6]. Hänen mukaansa Wasastjerna uppoutui tähän tutkimukseen vuosina 1927–1931.

Wasastjernan rakennuttamassa mittausjärjestelmässä oli kaksi ionisaatiokammio-ilmaisinta, joihin kohdistettiin röntgensäteilyä. Ilmaisimet oli biasoitu samansuuruisilla mutta vastakkaismerkkisillä napajännitteillä, jolloin nollapistedetektio-periaatteen mukaisesti saavutettiin suuri herkkyys röntgensäteilyn havaitsemiselle. Keskeisenä ideana oli, että pieni mitattu erotus olisi stokastisesti fluktuoiva monikerta yksittäisen röntgenfotonin aikaansaamasta pulssista. Työ johti viiteen vuosina 1929–1932 ilmestyneeseen julkaisuun [W18-W22], joissa Wasastjerna raportoi mittausjärjestelmästä ja tavoitteen mukaisesta tuloksesta ja niiden perusteella lasketusta Planckin vakion arvosta. Simons, joka yleisesti vaikuttaa olleen hieman ankara ja suorasanainen arvioidessaan esim. opinnäytetöitä, toteaa mittauksen olleen vaikuttava suoritus sen aikaisella teknologialla, mutta toisaalta myös vähän turha, koska röntgensäteilyn fotoniluonne oli jo siinä vaiheessa selvä

asia. Tosiasia on, ettei Wasastjerna julkaisut enää myöhemmin tutkimuksia tästä aiheesta, eikä työ tiettävästi johtanut jatko-projekteihin. Wasastjerna teki vielä kymmenen vuotta fysiikan perustutkimusta, mutta ei enää niin perustavanlaatuisiin aiheisiin paneutuvaa kuin mitä tämä projekti oli ollut.

## SUOMALAISEN RÖNTGENTUTKIMUKSEN VAKIINTUMINEN

1930-luvulla Wasastjerna siirtyi materiaalfysiikan tutkimuksen, jossa röntgensäteily oli edelleen keskeinen mutta vain työkaluna. Wasastjerna on kertonut tämän tutkimusvaiheen alkaneen vuonna 1932 [10]. Tutkimuksen aiheena oli kiderakenteen teoreettinen analyysi ja siihen liittyvät kokeelliset röntgenmittaukset.

Simons toteaa muistokirjoituksessaan, että Wasastjerna ei koskaan johtanut varsinaista ryhmätyötä (bedrev aldrig egentlig teamwork), mutta hänellä oli 1930-luvulla ohjattavanaan useita väitöskirjantekijöitä, joiden tutkimusaiheet olivat jatkoa Wasastjernan omalle tutkimustyölle. Alla olevassa taulukossa 1 on kirjoittajan kokoama lista näistä ohjattavista. On mahdollista, että taulukosta puuttuu jokin vähemmän tunnettu henkilö. Siihen ei ole myös otettu mukaan sellaisia henkilöitä, joiden kohdalla Wasastjernan rooli ohjaajana oli pelkästään muodollinen eikä väitöskirjassa tehtyä tutkimustyötä voida laskea Wasastjerna ryhmän tutkimustyöksi. Tällainen henkilö on esim. Berndt O. Grönblom, jonka varsinainen ohjaaja oli kvanttimekaniikan luojiin kuulunut Werner Heisenberg ja työn olennainen osa oli tehty Saksassa. Kuvassa 1 Wasastjerna on nuorten tutkijoidensa seurassa.

Väitöskirjantekijä	Vuosi	Professoriksi	Väitöskirjan aihe
Nils Fontell	1931	HY 1942	Ionien liikkuvuudesta ilmassa ja metyylibromidin seoksissa
Lennart Simons	1932	HY 1941	Raman-ilmiö bentseenimolekyylissä
Paavo Tahvonen	1934	HY 1949	Röntgendiffraktiomittauksia kalkkisälvän kiderakenteesta
Aarno Niini	1936	X	Molekyylipolarisaation riippuvuus liuottimesta
Eugenie Lisitzin	1938	X	Alkuaineiden ionisaatiojännitteet eri ionisaatioiloissa
Reino Tuokko	1939	X	Geiger-Müller-putkien toiminnan fysiikasta
Martti Kantola	1939	TY 1950	Röntgendiffraktiomittaukset
Risto Niini	1939	HY 1950	Atomien ja ionien elektronijakauman ja energian likimääräinen laskeminen
Erkki Laurila	1940	TKK 1945	Röntgensäteilyn sironta jalokaasuissa
Uuno Nurmi	1940	X	Alkali-halogenikiteiden elastisuusvakioiden määrittäminen ultraääniaaltojen avulla
Heikki Miekko-oja	1941	TKK 1953	Kalorimetrisiä mittauksia NaNO <sub>3</sub> ja KNO <sub>3</sub> -kiteissä
Väinö Hovi	1948	TY 1953	Sekakiteiden (KCl/KBr) muodostumisen termodynamiikka

Taulukko 1. Lista Jarl Wasastjernan ohjaamista väitöskirjantekijöistä. Nimen jälkeinen vuosiluku tarkoittaa väitöskirjatyön hyväksymistä, joka tuolloin ei liittynyt suoraan tohtorin tittelin myöntämiseen. Sitä seuraavassa sarakkeessa on mainittu vuosiluku niille, jotka saavuttivat professuurin yliopistossa tai korkeakoulussa. Näiden lisäksi Aarno Niini sai apulaisprofessorin viran TKK:lla mutta siirtyi saman tien kauppa- ja teollisuusministeriöön, ja Eugenie Lisitzin sai professorin arvonimen tunnustuksena ansiokkaasta urasta merentutkimuslaitoksella.

Taulukosta voidaan nähdä, että Wasastjernan oppilaiden hallitsevia väitöstutkimusten aiheita olivat röntgensäteilytekniikan käyttö eri muodoissa ja kiderakenteiden fysiikka. Ohjaustyönsä ohessa Wasastjerna jatkoi edelleen itsenäistään tutkimustyötä, jonka tulokset hän julkaisi yksin. Vuonna 1933 häneltä ilmestyi neljä julkaisua [W23-W27], joissa hän palasi yksittäisen atomin elektronirakenteen karakterisointiin, mutta aikaisempaan verrattuna käsittely oli huomattavasti edistyneempää kvanttimekaniikan osalta. Varsinkin ensimmäinen näistä töistä, *On the wave mechanical theory of refraction*, on huomionarvoinen. Siinä Wa-

sastjerna ottaa lähtökohdaksi ne tulokset, jotka mm. Linus Pauling oli johtanut atomin polarisoituvuudelle heti Schrödingerin uuden aaltomekaniikan ilmestyttyä, ja tarkastelee vanhoja tuloksiaan tämän uuden teorian valossa.

Vuosina 1933–1938 Wasastjerna julkaisi seitsemän artikkelia [W27-W33], joissa hän siirtyi atomitasolta kiderakenteen fysiikkaan. Julkaisut koskevat sellaisia aiheita kuin atomien väliset voimat, kiderakenteen elastisuus ja infrapunasäteilyn absorptio. Kokeelliselta puolelta Wasastjernalta ilmestyi vuonna 1944 perusteellinen artikkeli röntgenspektrografin suunnittelusta ja ra-



Kuva 1. Fysiikan laitoksen väki juhlii röntgenspektrografin valmistumista 1930-luvulla. Vasemmalta tuntematon, valoläiskän takana Nils Fontell, Urho Ellenberg, Aarno Niini, Einar Wiik. Pöydän toisella puolella vasemmalta alkaen Lennart Simons, Jarl Wasastjerna, Martti Kantola ja Paavo Tahvonen. Laitteen rakentaja Ellenberg ja Wiik toimivat laitoksella mekaanikkoina. Tietojen mukaan ensiksi mainittu tuntematon oli nimeltään Helme, mutta sen nimistä henkilöä ei ole löytynyt arkistoista.

kentamisestä [W35]. Sota oli viivytännyt artikkelin ilmestymistä; artikkelin kuvaama toiminta oli tapahtunut jo 1930-luvulla.

Helsingissä järjestettiin vuonna 1936 pohjoismaiden luonnontieteilijöiden kokous [11], joka oli silloisessa Suomessa erittäin merkittävä konferenssi (tosin se jäi lajinsa viimeiseksi). Kokous oli ainoa kerta, kun atomimallin luoja Niels Bohr vieraili Suomessa. Wasastjerna kuului kokouksen järjestelykomiteaan. Kokouksen fysiikan jaoston suomalaisista puhujista Karl F. Lindman oli Åbo Akademista ja kaikki muut Wasastjerna ryhmästä: Nils Fontell, Aarno Niini, Lennart Simons ja Paavo Tahvonen sekä Jarl Wasastjerna itse kahdella puheella. Wasastjerna ryhmä oli siis noihin aikoihin

täysin hallitseva Suomen fysiikassa, aivan kuten kirjoituksen alussa siteerattu K.V. Laurikainen totesi.

Uusi röntgenspektrografi oli avainasemassa Wasastjerna viimeiseksi jääneessä tutkimuskokonaisuudessa, joka koski sekakiteiden (esim. KCl/KBr) rakenteen ja muodostumisen termodynamiikkaa [W34,W36-W43]. Tämä oli välitöntä jatkoa Wasastjerna edeltäneelle tutkimukselle, mutta sekä Simons että Hovi luonnehtivat sitä muistokirjoituksissaan uudeksi avaukseksi. Ensimmäinen julkaisu tältä alalta ilmestyi vuonna 1939 [W34]. Uusilla röntgenspektrograafisilla laitteillaan Wasastjerna oppilaineen kykeni mittaamaan suurella tarkkuudella ionien positioita sekakidesyste-



meissä. He löysivät näissä odottamattomia siirtymiä, jotka riippuivat sekakiteille ominaisista pitkän kantaman vuorovaikutuksista. Wasastjerna kehitti ilmiötä kuvaavan teorian, jota pidettiin aikanaan korkeassa arvossa.

On hyvin mahdollista, että Wasastjernalla oli 1930-luvulla aikomuksena hypätä mukaan siihen ydinfysiikan nousuun, joka alkoi neutronin löytymisestä vuonna 1932 [12]. Siihen viittaavat Reino Tuokon väitöskirjan aihe ja Wasastjernan aktiivinen tuki alkuvaiheessa Lennart Simonsille tämän siirtyessä tälle alalle vuodesta 1938 alkaen. Samaan viittaa myös Tapio Kosken tapaus: Koski rakensi 1930-luvun lopulla fysiikan laitokselle pientä kiihdytintä, minä Erkki Laurila mainitsee esimerkkinä ensimmäisistä ydinfysiikan pyrinnoista Suomessa [13]. Koski kaatui talvisodassa.

## URAN ÄKILLINEN LOPPU

Sotia edeltäneet vuodet tulivat olemaan Wasastjernan viimeinen kausi aktiivisena tiedemaailman jäsenenä ja uusia tutkimustuloksia tuottavana fysiikan tutkijana. Heti talvisodan jälkeen vuonna 1940 Wasastjerna nimitettiin Suomen Tukholman lähettilääksi. Fyysikon urasta ei ole tämän jälkeen enää paljon kerrottavana. Hän erosi professorin virasta vuonna 1946 (erosta hieman pohdintoja viitteessä [3]), ja parina seuraavana vuonna hän viimeisteli julkaisunsa edellä mainitusta sekakiteistä koskevasta tutkimustyöstä. Samasta työstä väitöskirjan tehnyt Väinö Hovi oli ilmeisesti ainoa, jonka kanssa Wasastjerna vielä teki lyhyen aikaa yhteistyötä varsinaisen fysiikan parissa. Muuten hän jätti fysiikan kokonaan taakseen ja alkoi vähitellen häipyä fyysikkojen

yleensä ajankohtaisiin asioihin ja tulevaisuuteen keskittyvästä tietoisuudesta, huolimatta siitä, että hänen asemansa Suomen fysiikan johtohenkilönä oli kiistaton aina siihen päivään asti, kun hän ilmoitti erostaan.

Wasastjernan tunnetuin tieteellinen saavutus oli epäilemättä ionisoituneiden atomien säteiden aikaisempaa tarkempi määrittäminen. Laajemmassa kuvassa hän toi modernin fysiikan ja erityisesti röntgenfysiikan tutkimisen Helsingin yliopistoon ja sitä kautta muualle Suomen tutkimuslaitoksiin. Kuten totesimme, Wasastjernan väitösoppilaat hallitsivat aika täydellisesti sodanjälkeisinä vuosina Suomen silloista kovin pientä fysiikan tutkimusta. Wasastjernan hallitseva asema Suomen 1920- ja 1930-lukujen fysiikassa johtui osaksi siitä, että muut fysiikan professorit, Helsingin yliopiston Hjalmar Tallqvist, TKK:n Hjalmar Brotherus ja Turun Yrjö Väisälä ja Karl Lindman, eivät ohjanneet montakaan fysiikan väitöskirjaa. Tähän on erilaisia syitä, esim. Yrjö Väisälän tapauksessa se, että hän itse asiassa ei ollut fyysikko vaan tähtitieteilijä. Näin ollen Wasastjernan ehkä tärkein panos Suomen fysiikalle oli kouluttaa ammatilliselle ja kansainväliselle tasolle se fyysikkokaarti, joka 1960-luvulle asti johti fysiikan tutkimuksen voimakasta laajentumista Suomessa [12]. Tärkeimpiä henkilöitä näiden joukossa olivat seuraavat:

- *Erkki Laurila*. Oli TKK:n teknillisen fysiikan osaston alullepanija. Johti Suomen ensimmäistä tietokoneprojektia ja sittemmin ydinreaktoritekniikan tutkimuksen alkutaivalta. Nimitettiin akateemikoksi vuonna 1963.

- *Lennart Simons*. Aloitti ydin- ja kiihdytin-fysiikan tutkimuksen Suomessa.

- *Heikki Miekko-oja*. Loi korkeatasoisen materiaalitieteen tutkimuksen Suomen metalliteollisuuden yhteyteen.

- *Väinö Hovi*. Aloitti modernin fysiikan tutkimuksen Turun yliopistossa.

- *Nils Fontell*. Johti Helsingin yliopiston fysiikan laitosta 1946–1968.

- *Paavo Tahvonen*. Jatko *Wasastjernan* röntgenfysiikan tutkimusta Helsingin yliopistossa ja erityisesti sen sovellutuksia lääketieteellisessä fysiikassa.

Tässä yhteydessä voidaan todeta matemaatiikan professorin Rolf Nevanlinnan kiinnostus suppeaan suhteellisuusteoriaan (eli Einsteinin suhteellisuusteorioiden ensimmäiseen osaan), mikä osaltaan edisti teoreettisen fysiikan etenemistä Suomessa. *Wasastjerna* ei erityisemmin edesauttanut teoreettisen fysiikan kehittymistä itsenäisenä tutkimusalana, siitä huolimatta, että hän olisi henkilökohtaisen kiinnostuksensa perusteella voinut hyvinkin sen tehdä.

Ehkäpä enemmän huomiota ansaitsisivat *Wasastjernan* suorittamat röntgensäteilyn fotonien mittaukset 1920-luvun lopulla, joita edellä kuvailimme. Tutkimus ei johtanut mihinkään, mutta lähteiden tarkastelu viittaa siihen, että *Wasastjernalla* oli kunnianhimoiset tavoitteet ja että hän oli tosissaan liikkeellä. Tästä olisi voinut versota jotain kauaskantoistakin. Tutkimusprojekti oli ensimmäinen suomalainen työ kvanttimekaniikan perusteista, ja sellaisena se oli ainutlaatuinen pitkän aikaa.

## Viitteet

- [1] *Arkhimedes*, No. 2, s. 50 (1958)
- [2] K.V. Laurikainen, *Fyysikon tie*, MAOL, MFKA-Kustannus, 1982
- [3] Markus Ahlskog, *Jarl Wasastjerna – professor och bergsråd*, *Historisk Tidskrift för Finland* 108 (2023:3), s. 234.
- [4] I. Lindell, A. Sihvola, J. Kurkijärvi, Karl F. Lindman – *The last Hertzian and a harbinger of electromagnetic activity*, *Arkhimedes*, 2, s. 127 (1995)
- [5] Einari Kaskimies, *Suuria suomalaisia tiedemiehiä*, Kivi 1947
- [6] Lennart Simons, *Jarl A. Wasastjerna – Minnestal*. Societas Scientiarum Fennica: Årsbok - Vuosikirja 1972-1973, LI C N:o 3, Helsingfors 1974
- [7] W.L. Bragg, *Nature*, 116, 249 (1925); Linus Pauling, *J. Am. Chem. Soc.* 51, 1010 (1929)
- [8] Erik Henriksen, *Arthur Compton and the mysteries of light*, *Physics Today* 75 (12), 45 (2022)
- [9] Väinö Hovi, *Jarl Axel Wasastjerna in memoriam*. *Arkhimedes*, N:o 1-2, s.101 (1972)
- [10] *Svenska Dagbladet* 16.4 1943
- [11] Pohjoismaiden (19. skandinaavinen) luonnontutkijain kokous, Helsinki, 11-15.8 1936
- [12] Markus Ahlskog, *Katsaus Suomen varhaiseen atomihistoriaan*, Suomen Tiedeseura – Finska Vetenskaps-Societeten, 2022; DOI: doi.org/10.54572/ssc.173
- [13] Erkki Laurila, *Atomienergian tekniikka ja politiikka*, Otava, 1967

### Jarl Wasastjernan julkaisuluettelo

Pro gradu-työ: *Bidrag till kännedomen om sammanhanget mellan elektriska elements termokemi och elektromotoriska kraft*, Holger Schildts Förlag, Helsingfors, 1918.

Väitöskirja: *Lösningars optiska egenskaper*, Acta Societatis Scientiarum Fennicæ, Tom. L 2, Helsingfors, 1920.

### Tieteelliset julkaisut

[W1] La correspondance du volume atomique dans la theorie des electrons - Hyllningskrift tillägnad Ossian Aschan, Fin. Kem. med., s. 141 (1920)

[W2] Lichtbrechung und atombau. Die refraktionsäquivalente der ionen. Översikt av Finska Vetenskaps Societetens Förhandlingar Bd LXIII, Avd. A. N:o 4, (1921)

[W3] Über den bau der atome und molecüle im licht der dispersionstheorie – Zeitschrift für physikalische chemie Bd CI, S.193 (1922)

[W4] On light-absorption in a pleochroitic uniaxial crystal - Översikt av Finska Vetenskaps Societetens Förhandlingar Bd LXIV, Avd. A. N:o 1, (1922)

[W5] Om beräkning av temperaturvariationerna i ett kemiskt reagerande system - Fin. Kem. med., N:o 3-4 (1922)

[W6] On the refraction equivalents of ions and the structure of compound ions, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., I, 37, (1923)

[W7] On the radii of ions, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., I, 38, (1923)

[W8] L'Hydrolyse en solutions aqueuse de sulfhydrate de potassium, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., I, 39, (1923)

[W9] Sur l'hydrolyse du monosulfure de potassium, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., I, 40, (1923)

[W10] Untersuchung der brechungsexponenten des zinkselenids und des zinktellurids, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., II, 7, (1924)

[W11] Refraction and dispersion of gaseous benzene, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., II, 13, (1924)

[W12] Molekylernas, atomernas och jonerernas refraktionsekvivalenter, - Fin. Kem. med., (1924)

[W13] The crystal structure of dolomite, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., II, 14, (1924)

[W14] The reflexion of X-rays by rock-salt, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., II, 15, (1924)

[W15] Die struktur des anhydrits - Der bau der sulfatgruppe, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., II, 26, (1925)

[W16] The crystalline structure of anhydrite, Philosophical Magazine, II, 992, (1926)

[W17] Röntgenforskningen i stereokemins tjänst - Fin. Kem. med., (1926)

[W18] Ljuskvantumhypotesen – Report of the 18. Scandinavian Naturalist Congress in Copenhagen, 26-31. Aug. 1929.

[W19] Untersuchung über die natur der Röntgenstrahlung I, Acta Fenn., A, I, N:o 7 (1930)

[W20] Untersuchung über die natur der Röntgenstrahlung II, Acta Fenn., A, II, N:o 1 (1930)

[W21] Kritische erörterung einiger für die moderne physik wichtiger prinzipieller frage, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., V, 19, (1930)

[W22] On the nature of x-rays, Proceedings of the Royal Society A, Vol. 136, Iss. 829, p.233 (1932)

[W23] On the wave mechanical theory of refraction, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., VI, 18, Helsingfors 1933

[W24] On the electron distribution in atoms and ions, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., VI, 19, Helsingfors 1933

[W25] On the ionizing potential for atoms and ions of rare gas type, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., VI, 20, Helsingfors 1933

[W26] The wave mechanical significance of the apparent radii of atoms and ions, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., VI, 21, Helsingfors 1933

[W27] The forces between atoms and ions, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., VI, 22, Helsingfors 1933

[W28] Zür atomistischen theorie der kompressibilitet, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., Bd. VIII, N:o 8, Helsingfors 1936

[W29] Über die elastischen konstanten der Alkalihalogenide, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., Bd. VIII, N:o 9, Helsingfors 1936

[W30] Über die infraroten Absorptionsmaxima der Alkalihalogenide, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., Bd. VIII, N:o 19, Helsingfors 1936

[W31] The forces acting between atoms and ions and the elastic properties of crystals, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., Bd. VIII, N:o 20, Helsingfors 1936

[W32] Some theoretical calculations of the physical properties of certain crystals, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., Bd. VIII, N:o 21, Helsingfors 1936

[W33] On the forces acting between atoms and ions and the physical properties of matter in bulk, Philosophical Transactions of the Royal Society of London A Vol. 237, Iss. 774, p. 105 (1938)

[W34] On the structure of solid solutions, Physical Review 55, 986 (1939)

[W35] An improved photographic method for the quantitative study of the reflection

of X-rays by crystals, Kungliga Svenska Vetenskapsakademins Handlingar, Stockholm, B 20, N:o 11 (1944)

[W36] A quantitative study of the reflection of X-rays by sodium and potassium chloride, Kungliga Svenska Vetenskapsakademins Handlingar, tredje Serien Stockholm, B 21, N:o 5 (1944)

[W37] Eine Röntgenometrische untersuchung von kaliumbromid und rubidiumchlorid, Acta Fenn., A, Tom. III, N:o 6 (1944)

[W38] Eine Röntgenometrische untersuchung von natriumfluorid, kaliumjodid und calciumjodid, Acta Fenn., A, Tom. III, N:o 7 (1944)

[W39] Eine Röntgenometrische untersuchung der mischkristalle KCl-KBr und KCl-RbCl, Acta Fenn., A, Tom. III, N:o 8 (1944)

[W40] Some experimental values of the atomic scattering factor. Thermal vibrations and lattice distortion in pure and mixed crystals, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., XIII, 5 (1945)

[W41] Atomic arrangements with given number of neighbours, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., XIV, 3 (1948)

[W42] The configurational partition functions for binary solid solutions and the equilibrium degrees of local and long range order, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., XIV, 7 (1948)

[W43] On the theory of the heat of formation of solid solutions, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math., XV, 3 (1949)

[W44] Particle Size Analysis, Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math. XXIX, 5 (1964).

### **Populaariteteellisiä ja muita akateemisia julkaisuja**

[Wx1] Elektricitetens atomistiska struktur. Finsk Tidskrift 7-8, 1922

[Wx2] Ljusets väsen. Finsk Tidskrift 5-6, s.42, 1926

[Wx3] Om ”Guldmakeri”. Societas Scientiarum Fennica : Årsbok - Vuosikirja, XIV B n:o 5, 1936 Helsingfors.

[Wx4] Om atomernas storlek. Societas Scientiarum Fennica : Årsbok - Vuosikirja, XVI B n:o 7, 1938 Helsingfors.

[Wx5] Atomi kvanttimekaanisena problemina. Matemaattisten aineiden aikakauskirja, Marraskuu 1939, 4 Vihko, s. 223.

[Wx6] De experimentella grunderna för våra nuvarande föreställningar om atomernas byggnad. Societas Scientiarum Fennica : Årsbok - Vuosikirja 1945-1946, XXIV B n:o 1, Helsingfors 1946.

[Wx7] Lars William Öholm – Minnesteckning. Societas Scientiarum Fennica : Årsbok - Vuosikirja 1945-1946, XXIV C n:o 1, Helsingfors 1945.

[Wx8] Hälsningstal av Societetens ordförande, 29.4 1947. Societas Scientiarum Fennica : Årsbok - Vuosikirja 1946-1947, XXV, Helsingfors 1947.

### Lyhenteiden selitteitä:

Soc. Sci. Fennica, Comm. Phys.-Math.:

Societas Scientiarum Fennica, Commentationes Physico-Mathematicae (Suomen Tiedeseuran julkaisu)

Acta Fenn. A;

Acta Societatis Scientiarum Fennicæ, Nova Series A, (Suomalaisen Tiedeakatemia julkaisu)

Fin. Kem. med.;

Finska Kemistsamfundets meddelanden (Finska Kemistsamfundetin/Suomen kemistiseuran julkaisu)

**Kirjoittaja** Markus Ahlskog on kokeellisen tiiviin aineen fysiikan professori Jyväskylän yliopiston Fysiikan laitoksella ja Nanotiedekeskuksessa. Väitöskirja (1996) VTT:llä ja Teknillisessä korkeakoulussa käsitteli johtavien polymeerien elektronisia ominaisuuksia. Tämän jälkeen nanoteknologia ja erityisesti hiilinanoputkien ominaisuudet ovat olleet huomion kohteena. Ahlskog on toiminut Aalto-yliopiston lisäksi Linköpingin yliopistossa (Ruotsi), UC Santa Barbarassa (USA) ja KU Leuvenissa (Belgia). Hän oli Suomen Fyysikkoseuran puheenjohtaja vuosina 2013-2015.

Ahlskogilta ilmestyi vuonna 2022 kirja "Katsaus Suomen varhaiseen atomihistoriaan", Suomen Tiedeseuran julkaisemana, jonka oheistuote tämä artikkeli on. Teos on vapaasti nähtävissä Tiedeseuran nettisivuilla. Tekniikan ja luonnontieteiden aloilla uraa tekevät ovat harvemmin historian harrastajia (sotahistoriasta kiinnostuneet ovat oma ryhmänsä), mutta Ahlskog kuuluu poikkeuksiin. Hän on kirjansa alkulauseessa kertonut miten projekti sai alkunsa satunnaisesta keskustelusta toisen historiasta kiinnostuneen kollegan, Jyväskylän Fysiikan laitoksen silloisen johtajan, professori Jukka Maalammen kanssa. Maalampi on jo rutinoitunut fysiikan tietokirjailijana ja oli suureksi avuksi ensikertalaiselle Ahlskogille.

Varsinkin vakavasti kirjoitettu fysiikan historia ei tietenkään suurempaa yleisöä kiinnosta, mutta esim kesän 2023 Oppenheimer-elokuva osoittaa, että potentiaali ei kuitenkaan ole olematon!