

NRO 1/2026

**FYSIIKAN JA MATEMATIIKAN AIKAKAUSLEHTI
TIDSKRIFT FÖR FYSIK OCH MATEMATIK**

ARKHIMEDES

Matts Roosia muistellessa

Lars Ahlforsin Fieldsin mitali

Dynaamisen universumin teoria, tieteellinen tieto ja tieteen edistyminen

Missä tiede kohtaa kestävyuden: Helsingin Yliopisto Basus-ohjelmassa

Ofilin jaollisuussäännön eli Chikan testin laajennus

Matematiikan päivät 2026

Kärsimysblogi — Opetuksia rakkaudesta lajiin

ARKHIMEDES 1/2026

Julkaisijaseurat

Suomen Fyysikkoseura ry:

<https://www.fyysikkoseura.fi>

Fysikersamfundet i Finland rf:

<https://www.fysikersamfundet.fi>

Suomen matemaattinen yhdistys ry:

<https://www.matemaattinenyhdistys.fi/>

Toimituskunta - Redaktion - Editors

PÄÄTOIMITTAJA

SYLVESTER ERIKSSON-BIQUE, (JY)

STEFAN EMET, (TY)

EMILIA KILPUA, (HY)

INKERI KOTRO, (TAY)

KATJA LAURI, (HY)

KAI NORDLUND, (HY)

KIMMO TUOMINEN, (HY)

Yhteystiedot

toimitus@arkhimes.fi

Kansikuva

Stefan Zachowin kuva Fieldsin mitalin toisesta puolesta, joka esittää Arkhimedesta. Arkhimedeksen nimi on kirjoitettu kasvojen viereen kreikkalaisin kirjaimin. (Public domain)

ARTIKKELIT

PÄÄKIRJOITUS: UUSI ALOITUS.....3

MATTS ROOSIA MUISTELLESSA.....4

LARS AHLFORSIN FIELDSIN MITALI.....13

DYNAAMISEN UNIVERSUMIN TEORIA,
TIETEELLINEN TIETO JA TIETEEN EDIS-
TYMINEN.....19

MISSÄ TIEDE KOHTAA KESTÄVYYDEN:
HELSINGIN YLIOPISTO BASUS OHJELMAS-
SA.....27

OFILIN JAOLLISISSÄÄNNÖN ELI CHIKAN
TESTIN LAAJENNUS.....30

MATEMAATIKAN PÄIVÄT 2026.....37

AKATEMIAN JALKAVÄKI: KÄRSIMYS-
BLOGI — OPETUKSIA RAKKAUDESTA LA-
JIIN.....39

SARJAKUVA

PIKKU-PINKKU.....41

PÄÄKIRJOITUS: UUSI ALOITUS

Sylvester Eriksson-Bique

Apulaisprofessori, Jyväskylän Yliopisto

Arkhimedes lehti aloitti tämän vuoden uudistettuna, kun lehden julkaisusta pitkään vastannut elinkeinoyhtymä purettiin. Tämä rakenne koettiin liian raskaaksi ja kalliiksi. Tästä vuodesta lähtien lehden toimintaa ohjaa ainoastaan seurojen välinen julkaisusopimus ja ainoa toimielin lehdellä on toimituskunta, jonka jäsenet seuravat valitsevat. Lehden talous hallitaan Suomen Fyysikköseuran kautta.

Uusi joustavampi rakenne ei ehkä näy toimituksen käytänteiden tasolla kovinkaan paljon. Sama toimituskunta jatkaa tänäkin vuonna ja toimituksella on edelleen sama linja. Joustavuus tuo mukanaan kuitenkin myös haasteita. Pitkällä tähtäimellä lehden tulevaisuus rakentuu entistä suuremmin seurojen yhteistoiminnan varaan. Seurojen on aktiivisesti nimettävä jäseniä toimituskuntaan, ja toimituskunnassa on aktiivisesti pyrittävä edistämään fysiikan ja matematiikan alojen popularisoivaa ja ajankohtaista keskustelua tasapuolisesti — molemmilla kotimaisilla kielillä. Toimituskunnalla on yhteistyön edistämiseksi entistä suurempi rooli.

Tänä vuonna julkaisemme kolme numeroa, joista tässä on ensimmäinen. Tutkimukseen liittyviä kirjoituksia on dynaamisen universumin teoriaan ja jaollisuuteen liittyen. Ajankohtaisista aiheista kertovat kirjoitukset Matematiikan päivistä ja “Bachelor of Sustainability” tutkinto-ohjelmasta. Mukana on myös Juha Tiihosen nuoren tutkijan työhakuun liittyvistä haasteista kertova kolumni. Hänen kokemuksiinsa on monen helppo samaistua

Lehdessä on myös kaksi kirjoitusta merkittävistä tiedevaikuttajista matematiikassa ja fysiikassa. Erityisesti hiukkasfysiikassa vaikuttaneen Matts Roosin elämästä ja urasta kertoo Jukka Maalammen vaikuttava muistokirjoitus.

Lars Alforsin elämän käännteistä ja Fieldsin mitalista kertoo Frank Wangin kirjoitus. Ahlfors on ainoa suomalainen matemaatikko, joka on saanut tämän tunnustuksen. Ylipääntensä vain muutamat suomalaiset matemaatikot ovat saaneet kansainvälisiä palkintoja. Tänä keväänä tähän seurueeseen liittyi Tuomas Orponen, apulaisprofessori Jyväskylän yliopistosta, joka jakoi Clay Research Award -palkinnon Hong Wangin, Joshua Zahlin ja Pablo Schmerkinin kanssa. Tunnustus tuli hänen tutkimuksestaan, joka on ollut ratkaisevassa roolissa Kakeya ja Furstenberg konjektuurien ratkaisussa. Voit lukea edellisestä numerostamme Kakeya konjektuurista, jonka kolmiulotteinen versio ratkaistiin viime vuonna.

Syksyllä julkaisemme kaksi ajankohtaista teemanumeroa tekoälyyn ja hiukkasfysiikkaan liittyen. Erityisesti tekoälystä on kirjoitettu ja keskusteltu viime aikoina eri medioissa, ja toivomme että seuraava Arkhimedeksen numero antaa foorumin keskustella sen vaikutuksista matematiikan ja fysiikan opetuksessa ja tutkimuksessa. Vielä ehdit lähettämään näihin teemoihin liittyviä kirjoituksia, tai kannustamaan kolleegaa kirjoittamaan näistä aiheista. Tekoälyn numeroon otamme vastaan kirjoituksia Elokuun loppuun mennessä.

Schrödingerin yhtälön suhteellisuusteoreettinen vastine.

Matts sai Kleinilta yksinkertaiselta kuulostavan tehtävän, taulukon laatimisen alkeishiukkasista ja niiden ominaisuuksista. Ennen 1960-luvun taitetta tunnettiin vain tusinan verran erilaisia alkeishiukkasia, mutta sitten hiukkas-kiihdyttimet alkoivat tuottaa uusia hiukkaslajeja kiihtyvää tahtia. Kyse oli pääasiassa ns. resonansseista, lyhytikäisistä hiukkasista, jotka ilmenevät vain piikkeinä energajakautumisissa. Resonanssien luokittelu ei ollut yksinkertainen tehtävä, kaikki vaikutti suurelta sekamelskalta.

Lawrence Berkeley National Laboratoriossa työskennellyt kokeilija Arthur Rosenfeld oli vuonna 1957 laatinut omaa tutkimusryhmäänsä varten luettelon siihen mennessä kokeellisesti havaituista hiukkasista ja niiden ominaisuuksista. Tämä taulukko ilmestyi Rosenfeldin ja teoreetikko Murray Gell-Mannin yhteisjulkaisussa [2].

Myös Kleinin ryhmässä oli ylläpidetty hiukkastaulukkoa. Matts sai tehtäväkseen tämän taulukon täydentämisen ja ajan tasalla pitämisen. Tällainen työ sopi erinomaisesti Mattsin järjestelmälliselle luonteenlaadulle.

HIUKKASTAULUKOIDEN SYNTY

Kun uusien hiukkasten tulva jatkui ja jatkumistaan, Matts päätti julkaista taulukkonsa, jotta koko hiukkasfysiikan tutkijayhteisö pysyisi nopean kehityksen mukana. Reviews of Modern Physics-lehdessä huhtikuussa 1963 ilmestynyt taulukko sai suuren suosion [3]. Kun Matts palasi kesälomaltaan, hänen työpöydällään odotti yli viisisataa eripainospöytä! Lehti lupasi julkaista taulukosta ajan tasalla olevan version säännöllisin väliajoin.

Seuraavasta vuodesta lähtien Art Rosenfeld ja Matts alkoivat, Mattsin aloitteesta, ylläpitää taulukkoa yhteisvoimin [4].

Näihin aikoihin Murray Gell-Mann toi teoreettista järjestystä uusien hiukkasten kukkatarhaan keksiessään kvarkkimallin. Resonanssit, samoin kuin esimerkiksi protonit ja neutronit, koostuvat kolmesta kvarkista (baryonit) tai kvarkista ja antikvarkista (mesonit). Erilaisia kvarkkilajeja oli mallin mukaan olemassa kolme, u-, d- ja s-kvarkki. Kvarkkimalli auttoi hiukkasten luokittelussa ja selitti hiukkasten ominaisuuksissa havaittuja säännönmukaisuuksia.

Hiukkastaulukko viitoitti Mattsin uraa pitkälle eteenpäin. Kun hän esitteli eräässä konferenssissa taulukon CERNin pääjohtajalle Victor Weisskopfille, tämä rohkaisi häntä hakemaan vuoden kiinnitystä CERNin teoriaosastolle. Weisskopf ilmeisesti piti taulukkoa CERNin kannalta tärkeänä. Vuonna 1965 Matts aloitti yli viiden vuoden mittaiseksi venyneen työskentelyn CERNissä.

Roosin ja Rosenfeldin taulukko tunnetaan nykyisin nimellä Review of Particle Physics. Sen toimituskuntaan, Particle Data Groupiin, kuuluu yli kaksisataa hiukkasfysiikan tutkijaa ympäri maailman. Se kokoaa kaikki hiukkasfysiikan kokeelliset tulokset, analysoi ne kriittisesti ja tekee niistä tilastolliset yhteenvedot. Mattsin ensimmäisessä taulukossa oli 10 sivua, viimeksi ilmestyneessä taulukon verkkoversiossa on 2382 sivua. Taulukko sisältää nykyään noin 48 000 mittaustulosta noin 14 000 tieteellisestä julkaisusta. Lisäksi siinä on asiantuntevasti laadittuja katsauksia hiukkasfysiikan, yleisen suhteellisuusteorian ja kosmologian keskeisistä aiheista. [5]

Review of Particle Physics-tilaukkokirjasta ilmestyy joka toinen vuosi päivitetty versio, ja jokainen niistä saa tuhansia viittauksia. Mattsille näitä viittauksia on kertynyt noin 35 000. Tämä kertoo, kuinka tärkeä asema taulukolla on tutkijoiden työssä ja kuinka luotettavana tutkijat sitä pitävät. Taulukon poikkeuksellisen suuri viittausmäärä verrattuna tavanomaisiin julkaisuihin nostaa merkittävästi sen kulloinkin julkaisevan lehden impaktiarvoa ja epäilemättä vaikuttaa sitä kautta, ja myös suoraan toimittajina toimineiden tutkijoiden saamien viittauksien kautta, yliopistojen rankingsijoituksiin.

Review of Particle Physics on kunnioitettava saavutus Mattsilta.

VÄITÖSKIRJA

Matts sai CERNissä valmiiksi K-mesoneihin eli kaoneihin liittyneen väitöskirjansa. Kaonit ovat suhteellisen pitkäikäisiä mesoneja. Kvarkkimalli selittää niiden pitkäikäisyyden sillä, että kaoneissa on toisena osapuolena s-kvarkki tai anti-s-kvarkki, joita ei ole niitä kevyemmissä hiukkasissa. Kaoneita on neljänlaisia, kaksi joilla on sähkövaraus ja kaksi varauksetonta. Varauksettomat kaonit ovat järjestyneet luonnossa kahdeksi hiukkaslajiksi, joista toinen hajoaa kahdeksi pioniksi, toinen kolmeksi pioniksi.

Mattsin väitöstutkimusten aihe oli ajankohtainen. Vuonna 1964 James Cronin ja Val Fitch nimittäin havaitsivat, että neutraalien kaonien hajoamisissa tapahtuu CP-rikko eli varauspariteettirikko, joka ilmenee niin, että kahdeksi pioniksi hajoavat kaonit hajoavatkin joskus, mutta ani harvoin, myös kolmeksi pioniksi ja päinvastoin. Laajemmin nähtynä kyse oli siitä, että hiukkasten ja antihiukkasten vuorovaikutusten voimakkuudet poikkeavat toisistaan.

Monet teoreetikot, Matts heidän joukossaan, suhtautuivat tähän yllättävään tulokseen epäilevästi ja yrittivät löytää sille jonkin muun selityksen kuin CP-invarianssin rikkoutumisen.

Matts esitti yhdessä Tukholman yliopistossa työskennelleen Bertel Laurentin kanssa ennakkoluulottoman hypoteesin, jonka mukaan kvanttimekaniikan superpositioperiaate toimii kaonien muodostamassa systeemissä epätodellisesti ja on syynä havaittuun ilmiöön. Englantilainen Donald Perkins viittaa tunnetussa hiukkasfysiikan oppikirjassaan tähän ”radikaaliin” selitykseen lähdeä kuitenkin mainitsematta. Historia olikin jo ehtinyt antaa sille ja muille vaihtoehtoisille selitykselle tuomionsa, sillä Croninin ja Fitchin havainnot olivat varmistuneet CP-rikoksi.

Matts kirjoitti superpositioperiaatteesta ja CP-rikosta vuosina 1964–1966 neljä julkaisua. Hän kokosi ne väitöskirjaksi, jota hän puolusti teknillisessä korkeakoulussa vuonna 1967 [6]. Väitöskirjansa johdannossa hän kiittää Christian Mölleriä, Pekka Jauhoa, Prabahan Kabiria, Yoshio Yamaguchia ja Leon Van Hovea kriittisistä kommenteista. Tästä voi päätellä, että Matts oli jo päässyt hyvään vauhtiin verkostoitumisessaan; kaikki mainitut olivat arvostettuja tutkijoita, Van Hove CERNin teoriaosaston johtaja ja tuleva CERNin pääjohtaja.

TILASTOLLINEN ANALYYSI

Hiukkastulosten taulukointiin liittyi myös virhearvioinnin ja tilastollisen analyysin tutkimus, jonka Matts aloitti CERNissä yhteistyössä Fred Jamesin kanssa. Tämä johti vuonna 1971 North Hollandin kustantamana ilmestyneeseen monografiaan *Statistical methods in experimental physics* [7].

Fred Jamesin kanssa Matts kehitti myös MINUIT-ohjelman, joka saavutti suuren suosion hiukkasfysiikojen keskuudessa [8]. Ohjelma on monipuolinen työkalu, kun matemaattista mallia sovitetaan kokeiden tuloksiin. Ohjelma etsii ne mallin parametrien arvot virherajoi-neen, jotka saavat mallin vastaamaan parhaiten mittaustuloksia.

Teoreetikot ovat hyötynet paljon MINUITista teorioitaan kehittäessään. Niin varsinkin me Mattsin kanssa yhteistyötä tehneet, Matts kun osasi suvereenisti käyttää kaikkia ohjelman tarjoamia työkaluja.

PROFESSORIKSI HELSINGIN YLIOPISTOON

Matts Roos nimitettiin vuonna 1970 apulais-professoriksi Helsingin yliopiston ydinfysiikan laitokselle, professori Kalervo Laurikaisen aisapariksi. Laitos oli Kruunuhaassa Siltavuorenpenkereellä, samalla kumpareella, jossa hänen isoisänsä Ragnar Granitin entinen työpaikka fysiologian laitos sijaitsi. Mattsin päävastuuna oli hiukkasfysiikan opettaminen. Laurikainen opetti kvanttimekaniikkaa ja satunnaisesti fysiikan cum laude-kursseja, mutta muuten hän keskitti tarmonsä hallinnollisiin asioihin, joihin Mattsin panos jäi vähäiseksi. Matts nimitettiin hiukkasfysiikan ylimääräiseksi professoriksi vuonna 1977, josta virasta hän jäi eläkkeelle vuonna 1996.

Mattsin opetusohjelmassa olivat hiukkasfysiikan perusteiden kurssit, joita itsekkin seurasin 1970-luvun alussa. Osallistujamäärä oli tyypillisesti puolisen tusinaa, ja tunnelma luennoilla oli kotoinen. Mattsin esitystyylillä oli rauhallinen ja pohdiskelleva. Hänen käytössään oli uusin esitysteknologia, vesiliukoisella tussilla kirjoitetut kalvot ja yksitoikkoisesti huriseva yliopiston laulu. Hän elävöitti luentojaan kertomalla

tarinoita hiukkasfysikoista ja omista kokemuksistaan CERNissä avaten näin opiskelijoiden mielissä ikkunoita hiukkasfysiikan kansainväliseen maailmaan.

Matts oli ennen Helsingin yliopistoon tuloaan työskennellyt ulkomailla yhtä soittoa lähes viisitoista vuotta, joten hänen suomenkielensä oli päässyt ruostumaan. Hänen äidinkielensä oli ruotsi, ja suomea hän oli oppinut puhumaan vasta armeijassa ollessaan ja TKK:ssa opiskellessaan. Esimerkiksi ”vaakkumi”, hänen käyttämänsä sana tyhjölle, jäi hauskana muistona elämään hänen oppilaittensa mieleen ja kieleenkin.

HEIKKOJEN VUOROVAIKUTUKSIEN TUTKIMUS

Mattsin professorin uran alku sattui merkittävään aikakauteen hiukkasfysiikan historiassa, nimittäin nk. standardimallin syntyyn. Sitä ennen hiukkasfysiikassa käytetyt mallit, myös Gell-Mannin kvarkkimalli, olivat rakentuneet enemmän tai vähemmän havaintotulosten varaan. Standardimalli pohjautui sen sijaan vahvasti matematiikkaan, mittakentäteorioiksi kutsuttuihin kvanttikentäteoreettisiin malleihin.

Yksi sellainen malli oli jo ennestään olemassa, nimittäin sähkömagneettisia vuorovaikutuksia kuvaava kvanttielektrodynamiikka. Standardimalli yleisti sen tarjoaman hyvän konseptin heikkoihin ja vahvoihin vuorovaikutuksiin: heikot vuorovaikutukset esitetään yhdessä sähkömagneettisten vuorovaikutuksien kanssa ns. sähköheikkoteoriassa ja vahvoja vuorovaikutuksia kuvaa mittateoria kvanttiväridynamiikka. Neljännen kvarkin, lumo-kvarkin, löytäminen 1974 oli läpimurto, joka sai hiukkasfysikot siirtymään lopullisesti mittateorioiden

kannalle. (Myöhemmin löydettiin vielä kaksi kvarkkia lisää, top-kvarkki ja kaunis-kvarkki.)

Keijo Kajantie piti näistä uusista teorioista hyvin ajoitetun ja innostavan luentokurssin syksyllä 1974. Kurssi on jäänyt historiaan, koska koko Helsingin yliopiston hiukkasfyysikkojen joukko – tutkijat ja opiskelijat – oli ahtautunut kuuntelemaan sitä, itse kukin miettien, mihin tutkimus, opetus ja opinnot pitäisi nyt suunnata.

Mittateoriat perustuvat unitaarisiiin Lien ryhmiin. Matts oli tilanteen tasalla ja otti opetusohjelmaansa unitarisymmetrian kurssin. Se oli erittäin hyödyllinen kurssi varsinkin niille opiskelijoille, jotka päättivät tehdä opinnäytetyönsä mittakenttäteorioista.

Oma tieteellinen taipaleeni alkoi juuri unitarisymmetrian kurssista. Luennolla Matts kysyi kurssilaisilta suoraan tyyliinsä, että ketkä haluavat tehdä tutkimusta. Sitä kautta päädyimme Ilkka Lieteen kanssa tutkimaan Mattsin johdolla lumokvarkkia sisältävien hiukkasten reaktioita SU(4)-symmetriaa käyttäen. Se oli hyvä harjoitustehtävä kurssin jatkoksi.

Tämän tutkimuksen valmistuttua saimme Mattsilta sähköheikkoon teoriaan liittyvän tutkimusaiheen, joka koski hypoteettisia raskaita neutriinoja. Tämä merkitsi uutta suuntaa Mattsin tutkimushistoriassa, siirtymistä vahvan voiman avulla vuorovaikuttavien hiukkasten mesonien tutkimisesta heikkojen vuorovaikutusten ja neutriinon tutkimiseen.

Matts oli elementissään, kun seuraavaksi tutkimme kokeellisten mittausten asettamia rajoituksia sähköheikolle teorialle ja sen laajennukselle vasen-oikea-symmetriselle teorialle. MINUIT-ohjelmansa avulla hän teki koetuloksista ensimmäisen määrittelyn sähköheikon teorian

keskeisen parametrin Weinbergin kulman arvolle.

Mainittu vasen-oikea-symmetrinen malli liittyi siihen arvoitukselliseen asiaan, että heikot vuorovaikutukset eivät ole symmetrisiä avaruuden pariteettimuunnoksessa vaan ovat ”vasenkätisiä”. Vasen-oikea-symmetrisessä mallissa oletetaan, että tämä ominaisuus ilmenee vain matalan energian ilmiöissä ja että korkeilla energioilla on myös oikeakätisiä heikkoja vuorovaikutuksia. Tutkimme myös sitä mahdollisuutta, että tunnettujen vasenkätisesti vuorovaikuttavien hiukkasten lisäksi on olemassa tunnettuja hiukkasia suurimassaisempi hiukkasluokka, jonka vuorovaikutukset ovat oikeakätisiä. Tutkimme siis kahta erilaista ratkaisua säilyttää maailma kaiken kaikkiaan vasen-oikea-symmetrisenä.

Tässä vaiheessa, 1980-luvun vaihteessa, joukkoomme olivat liittyneet jatko-opiskelijat Kari Enqvist ja Kalevi Mursula. Etsimme koetuloksista mahdollisia merkkejä oikeakätisistä vuorovaikutuksista ja rajoituksia niille. Ryhmäämme alettiin maailmalla kutsua leikkilisesti Helsinki groupiksi; sen nimiset ihmisoikeusryhmät olivat Helsingin ETYK-kokouksen jälkimainingeissa tuohon aikaan yleisiä.

Matts opetti meille nuorille tutkijoille hyvän tutkimustyön kolme keskeisintä elementtiä: kiinnostava ja ajankohtainen tutkimusaihe, selkeästi kirjoitettu julkaisu ja tutkimuksen tehokas markkinointi konferensseissa.

Matts oli itse erinomainen kirjoittaja, ja hän osasi taikoa oppilaansa kömpelöstä luonnoksesta hämmästyttävän vähäisin mutta hyvin valituin muutoksin ensiluokkaista tieteellistä tekstiä. Hän oli myös tehokas levittämään tietoa tutkimuksistaan, sillä hän osallistui ahkerasti konferensseihin ja hänellä oli laaja ystä-

vä- ja tuttavapiiri tutkijoiden keskuudessa. Kun menimme keskustelemaan hänen kanssaan jostain eteemme tulleesta ongelmasta, hän saattoi tarttua oitis puhelimeen soittaa ”Johnille” (John Ellis) tai ”Mary K:lle” (Mary K. Gaillardille) Cerniin, molemmat hiukkas-teoreetikkojen eliittiä, ja kysyä heiltä neuvoa.

Kun osallistuin Mattsin kanssa konferenssiin, en voinut olla panematta merkille hänen iloista sosiaalisuuttaan ja kosmopoliittisuuttaan. Useita kieliä sujuvasti puhunut Matts oli niissä kuin kotonaan. Yksi esimerkki hänen mondeenista käytöksestään olivat luontevasti jaetut poskisuudelmat.

TÄHTITIEDETTÄ JA KOSMOLOGIAA

Matts seurasi tutkimuskirjallisuutta järjestelmällisellä tavalla. Hän piti erityisiä paperien-lukuviikkoja, jolloin hän keskittyi vain lukemaan uusia julkaisuja ja tekemään niistä itselleen lyhyet muistiinpanot. Näin hän piti itsensä ajan tasalla siitä, missä oli tutkimuksen eturintama. Hänelle olikin kehittynyt hyvä vaisto uusien virtausten tunnistamiseen. Lukuviikkojen jälkeen hänellä oli paljon uusia tutkimusideoita, joita hän sitten seuloi yhdessä oppilaidensa kanssa.

Helmikuun 23. päivänä 1987 havaittu supernova (SN1987A) on esimerkki Mattsin nopeasta reagoinnista uusiin tutkimustuloksiin. Supernovaräjähdyksessä neutriinot kuljettavat romahtavasta tähdestä vapautuvan energian ympäröivään avaruuteen. Näitä supernova-neutriinoja havaittiin maanalaisissa ilmaisimissa SN1987A:n yhteydessä parikymmentä. Vajaa kuukausi tulosten julkistamisen jälkeen Mattsilta ilmestyi artikkeli, jossa hän johti supernovasta saatujen optisen signaalin ja neutriinosignaalin aikaerosta rajoituksen elektronin

neutriinon massalle (massa vaikuttaa neutriinon nopeuteen). Myöhemmin samasta aiheesta ilmestyi kokonainen vyöry artikkeleita, joiden alle Mattsin varhainen julkaisu valitettavasti hautautui.

Supernovan syytä ehkä oli se, että Mattsin mielenkiinto alkoi siirtyä hiukkasfysiikasta tähtitieteen ja kosmologian suuntaan. Vuonna 1994 häneltä ilmestyi kosmologian oppikirja *Introduction to Cosmology*, jonka kustansi amerikkalainen kustannusyhtiö Wiley. Kirja vaati Mattsilta kahden vuoden täydellisen irtottautumisen kaikesta muusta. Kirjan johdannossa hän tunnusti olleensa silloin myös kotonaan omissa kosmisissa maailmoissaan, mutta luvanneen vaimolleen muuttaa tapansa. Kirja on ollut suosittu, sillä siitä ilmestyi vuonna 2015 jo 4. painos.

NEUTRIINOKOMISSIO

Mattsilla oli merkittävä osuus siinä, että heikkojen vuorovaikutuksien ja neutriinofysiikan teoreettisen tutkimus sai jalansijaa Suomessa. Aikaisempi hiukkasfysiikan tutkimuksemme oli keskittynyt vahvoihin vuorovaikutuksiin, mutta mittakenttäteorioiden ilmestymisen jälkeen opiskelijoita, Ilkka Liede ja minä etunenässä, ohjautui Mattsin myötävaikutuksella sähköheikkojen vuorovaikutuksien ja neutriinofysiikan pariin.

Hän teki tätä tutkimustamme myös tunnetuksi maailmalla. Hän oli vuosikymmeniä kansainvälisen neutriinokomission jäsenenä koordinoimassa tärkeimpiä neutriinofysiikan ja heikkojen vuorovaikutuksien kansainvälisiä kokouksia. Vuonna 1985 Matts järjesti Savonlinnassa kokouksen *10. Workshop on Weak Interactions and Neutrino Physics*. Se on jäänyt historiaan, sillä kaksi nuorta venäläistä tutkijaa Stanislav Mikheyev and Alexei Smirnov esit-

telivät siellä tärkeän neutriinon oskilaatioilmiöön liittyvän tuloksen. Muistan elävästi sen järjestelykomitean kokouksen, jossa päätimme Mattsin ehdotuksesta, että kokouksesta ei julkaista proceedings-kirjaa. Siitä huolimatta ”proceedings, edited by M. Roos” on saanut paljon viittauksia lähteenä Mikheyevin ja Smirnovin tutkimukselle.

Helsingin Katajanokalla järjestettiin vuonna 1996 Mattsin johdolla *17th International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics* -kokous, joka kuului tärkeimpään neutriinofysiikan kansainväliseen kokoussarjaan. Kunniavieraana oli neutriinon olemassaolon ensimmäisenä kokeellisesti todistanut Fred Reines, vuoden 1995 nobelisti.

Oma tutkimukseni alkoi post doc -vuosieni aikana etsiytyä uusiin suuntiin, mutta vielä 90-luvullakin kirjoitimme Mattsin kanssa joitain julkaisuja yhdessä. Mieleenpainuvien niistä on vuonna 1990 ilmestynyt artikkeli, jossa määritimme top-kvarkin massan ns. kauniiden mesonien (kaonien kaltaisia hiukkasia, joissa on kaonien s-kvarkkien paikalla b-kvarkkeja) sekoittumisesta saaduista koetuloksista. Top-kvarkki vaikuttaa näihin sekoittumisiin virtuaalisena välitila hiukkasena, ja sen massa oli vapaa parametri, kun sovitimme standardimallia mittaussaineistoon. Matts sai laittaa kaikki MINUIT-taitonsa peliin, sillä sovituksen globaali minimi osoittautui loivaksi ja hyvin vaikeaksi löytää. Saamamme tulos $154 \pm 29 \text{ GeV}/c^2$ oli yllättävän suuri sen aikaisiin odotuksiin nähden, mutta kun top-kvarkki muutama vuosi myöhemmin löydettiin, sen massaksi mitattiin $173 \text{ GeV}/c^2$. (Lehden piti julkaista artikkelimme kahdesti, sillä ensimmäisessä versiossa esimerkiksi kaavojemme kymmenet f-kirjaimet olivat muuttuneet auto-

matisoidussa julkaisuprosessissa integraalimerkeiksi!)

MATTS YHTEISKUNNALLISENA VAIKUTTAJANA

Matts ei linnoittautunut tutkijanhuoneeseensa vaan vaikutti myös sen ulkopuolella. 1970-luvulla hän muun muassa oli perustamassa ydinvoiman lisärakentamista vastustanutta Energiapoliittista yhdistystä *Vaihtoehto ydinvoimalle* ja oli sen ensimmäisenä puheenjohtajana paljon julkisuudessa. Tavoitteena oli tehdä ydinvoimasta poliittinen kysymys, jolloin myös kansalaiset saisivat sanoa siitä sanansa. Sitten hänen oma kriittinen mielipiteensä ydinvoimasta muuttui myönteiseen suuntaan, osin siksi, että ”Neuvostoliitosta ostettuihin reaktoreihin on voinut luottaa, toisin kuin uskottiin”. Hän piti kuitenkin aurinkoenergiaa ydinvoimaa parempana ratkaisuna energian tuottamiseen. [8]

Toinen asia, josta Matts sai julkisuutta, oli transsendenttinen meditaatio, TM. Hän oli tutustunut siihen konferenssimatkalla Kaliforniassa 1960-luvun alussa ja oli levittämässä sitä Suomeen 1970-luvulla. Itämainen filosofia kiinnosti häntä. Hänellä itselleen meditoiminen näytti olevan osa arkielämää, hän käytti sitä esimerkiksi luennon- ja esitelmänpitoon valmistautuessaan.

Kuvataidetta Matts alkoi harrastaa 1970-luvun alussa. Kiinnostus siihen lienee ollut kodin peruja, sillä Mattsin isä ja veli olivat arvostettuja valo- ja elokuvaajia ja sisko opiskeli arkitekhdiksi. Mattsin järjesti ensimmäisen näyttelynsä Helsingissä vuonna 1984. Useimmat näyttelyn maalauksista olivat figuratiivisia, ja jotkut niistä hieman rohkeitakin aiheiltaan. Mattsin tyyliksi vakiintui sittemmin abstrakti, useita eri tekniikoita hyödyntävä esitystapa.

Matts piti vuosien varrella parikymmentä yksityisnäyttelyä sekä koti- että ulkomailla ja oli mukana lukuisissa yhteisnäyttelyissä. Hänestä tuli vuonna 1997 Taidemaalariiliiton täysjäsen, ammattilaiseksi luokiteltu taidemaalari.

Mattsin tunnetuimpia teoksia on Helsingin yliopiston muotokuvakokoelmiin kuuluva oma-kuva, joka on esillä fysiikan laitoksessa ja tämän kirjoituksen kuvituksena. Muotokuva-maalauksen perinteen mukaisesti Matts oli sisällyttänyt teokseen toimintaansa liittyvää rekvisiittaa, kuten pöydällä auki olevan hiukkas-taulukon taskupainoksen, taideteoksen kulman ja liitutaululla neutriinon hajoamista esittävän piirroksen.

Fysiikan laitoksen uuden Kumpulan toimitalon rakentamisen yhteydessä järjestettiin kutsukilpailu ympäristötaideteoksesta. Kilpailun voitti kuvanveistäjä Antero Toikan, kiillotetusta ruostumattomasta teräksestä valmistettu iso reliefimäinen teos Valo ja Aine. Myöhemmin tuli tietoon, että Matts oli antanut Toikalle ideoita teosta varten. Teoksen muodot tyyllittelevät galaksien jakautumaa maailmankaikkeudessa.



Matts Roos (vas.) ja italialainen professori Tommaso Dorigo kuvanveistäjä Antero Toikan Valo ja Aine -teoksen edustalla Helsingin yliopiston fysiikan laitoksella vuonna 2016. Dorigo esitelmöi laitoksella virhearvioinnista ja viittasi puheessaan Mattsin lähes viisi vuosikymmentä vanhaan julkaisuun. Hänelle tuli yllätyksenä, että julkaisun kirjoittaja istui hänen edessään yleisössä. [10] (Kuva Tommaso Dorigon kokoelmista, hänen luvallaan)

Tapasin Mattsin viimeisen kerran vuonna 2016. Hän pyysi minut silloin mukaansa tutustumaan petäjävesilähtöisen taiteilijan Veikko Hirvimäen näyttelyyn. Se, joka meidän keskemme alkoi fysiikasta Siltavuorenpenkereellä Helsingissä, päättyi taiteeseen Jyväskylän taidemuseossa. Kiitän professori Kari Enqvistiä Matts-muistojensa jakamisesta ja kommentteista kirjoitukseen.

VIITTEET

- [1] M. Roos, *Sources of gamma radiation in a reactor core*, Journal of Nuclear Energy, part B: Reactor Technology 1, 98, 1959
- [2] Murray Gell-Mann, Arthur H. Rosenfeld, *Hyperons and heavy mesons (systematics and decay)*, Ann.Rev.Nucl.Part.Sci. 7 (1957), 407-478.
- [3] Matts Roos, *Tables of elementary particles and resonant states*, Rev.Mod.Phys. 35 (1963) 314-323.
- [4] Arthur H. Rosenfeld, Angela Barbaro-Galtieri, Walter H. Barkas, Pierre L. Bastien, Janos Kirz, and Matts Roos, *Data on Elementary Particles and Resonant States*, Rev.Mod.Phys. 36 (1964) 977-1004.
- [5] S. Navas et al., (Particle Data Group), Phys.Rev. D110, 030001 (2024), verkkoversio <https://pdg.lbl.gov/>.
- [6] Matts Roos, *Studies of the principle of superposition in quantum mechanics*, Helsinki, Techn. Hochsch., Diss., 1966, Commentationes physico-mathematicae / Societas Scientiarum Fennica.
- [7] William T Eadie , Daniel Drijard, Frederick James, Matts Roos, Bernard Sadoulet, *Statistical methods in experimental physics*, (North-Holland Amsterdam 1971), pp. 296.
- [8] F. James and M. Roos, *Minuit: A System for Function Minimization and Analysis of the Parameter Errors and Correlations*, Comput.Phys.Commun. 10 (1975) 343-367.
- [9] *Matts Roos maalaa ja mieltii miten tähdet pysyvät kasassa*, toim. Johanna Mannila, Helsingin Sanomat 28.10.1991. <https://www.hs.fi/ihmisia/art-2000003099401.html>
- [10] *Meeting Matts Roos*, Tommaso Dorigo, Science 2.0. https://www.science20.com/tommaso_dorigo/meeting_matts_roos-225115



Lars Ahlforsin saaman Fieldsin mitalin kopio on vitriinissä Helsingin yliopiston Kumpulan kampuksella Lars Ahlfors -luentosalin oven vieressä. (Kuva: Riitta-Leena Inki)

LARS AHLFORSIN FIELDSIN MITALI

Frank Wang¹

Professori, LaGuardia Community College

Kääntäjä: Riitta-Leena Inki, Helsingin Yliopisto

Lars Ahlforsin tytär Vanessa Gruen on kertonut Frank Wangin tuoreessa haastattelussa uusia yksityiskohtia isänsä elämästä, perheen vaiheista maailmanpolitiikan pyörteissä ja miten Fieldsin mitali päätyi tyttärien pöytälaatikosta Manhattanilta Helsingin yliopiston museoon.

¹ Kirjoituksen englanninkielinen alkuperäinen versio “Journey of Lars Ahlfors’ Fields Medal” on saatavilla arXiv sivustolla: <https://arxiv.org/abs/2506.12850>. / The original english version of the article is available as “Journey of Lars Ahlfors’ Fields Medal” on arXiv: <https://arxiv.org/abs/2506.12850>.

Lars Ahlfors syntyi Suomessa vuonna 1907. Vuonna 1936 hän sai yhdessä Jesse Douglasin kanssa toisen kahdesta kaikkien aikojen ensimmäisistä Fieldsin mitalista. Ahlfors on ainut suomalainen, joka on saanut tämän arvostetun matematiikan palkinnon.

Ahlfors toimi vierailevana professorina Harvardin yliopistossa vuosina 1935–1938, mutta palkinto myönnettiin hänen matemaattisesta työstään Helsingin yliopistossa.

MATEMATIIKAN NOBEL

Vuonna 1997 valmistuneessa elokuvassa Good Will Hunting Robin Williamsin esittämä psykologi kertoi yhteisöopiston opiskelijoilleen, että “Fieldsin mitali on matematiikan Nobel-palkinto. Mutta se jaetaan vain joka neljäs

vuosi.” Lisäksi palkinnon saajan on oltava alle 40-vuotias. Fieldsin mitalia pidetään yleisesti arvostetuimpana matemaatiikan palkintona.

Matemaattisen maailman tunnustuksen siivittämänä Ahlforsin pariskunta palasi Harvardista Suomeen vuonna 1938 ja samana vuonna syntyi heidän ensimmäisen lapsensa, Cynthian.

Seuraavana vuonna alkoi toinen maailmansota. Natsi-Saksa hyökkäsi Puolaan 1. syyskuuta 1939, ja Eurooppa vajosi kaaokseen. Talvisota alkoi Neuvostoliiton hyökkäyksellä Suomeen 30.11.1939.



Fieldsin mitalia säilytetään Helsingin yliopistomuseo Liekin varastossa. Viimeksi se on ollut yleisön nähtävänä vuonna 2007 Ahlforsin 100-vuotissyntymäpäivän kunniaksi avatussa näyttelyssä, jonka nimi oli "Matematiikka – perinnettä ja sovelluksia".

Toinen tytär, Vanessa, syntyi kuukausi toisen maailmansodan alkamisen jälkeen. Vuonna 1944 Ahlfors oli epätoivoisessa tilanteessa ja halusi lähteä Suomesta. Hänen kertomuksensa paosta on lainattu Steven Krantzin kirjoittamassa muistokirjoituksessa, joka julkaistiin Notices of the American Mathematical Society -lehdessä, ja perustuu Donald Albersin haastatteluun, joka julkaistiin College Mathematics Journal-lehdessä.

MITALI PÄÄTYI PANTTILAINAAMOON

“Voin kertoa yhden hyvin konkreettisen hyödyn [Fieldsin mitalin voittamisesta]. Kun pääsin lähtemään Suomesta Ruotsiin, minulle ei sallittu ottaa mukaan kuin 10 kruunua, ja halusin matkustaa junalla sinne, missä vaimoni odotti minua. Mitä siis tein? Salakuljetin Fieldsin mitalini ulos ja panttasin sen panttilainaamossa, ja sain tarpeeksi rahaa. Minulla ei ollut muuta keinoa, ei mitään muuta. Ja olen varma, että se on ainoa Fieldsin mitali, joka on ollut panttilainaamossa.”

Krantzin kertomus Fieldsin mitalista panttilainaamossa sisältyy hänen viihdyttävään kirjaansa Mathematical Apocrypha, Stories and Anecdotes of Mathematicians and the Mathematical.

PERHE PAKENEE SVEITSIIN

Lars Ahlforsin tytär Vanessa Gruen on pitkään asunut Long Island Cityssä New Yorkissa, lähellä LaGuardia Community Collegea. Vanessa vieraili kampukselle vuonna 2012 ja piti esitelmän matematiikan kolokviossa, jossa hän kertoi muistoja isästään Lars Ahlforsista. Vanessa mainitsi, että hän ja hänen sisarensa olivat lahjoittaneet isänsä saaman Fieldsin mitalin Helsingin yliopistolle.

“Pian talvisodan päättymisen jälkeen perheeni pystyi palaamaan kotiin ja jatkamaan näennäisesti normaalia elämää. Suomen poliittinen tilanne kuitenkin kääntyi epäedulliseksi, ja kun

Hitler hyökkäsi Neuvostoliittoon vuonna 1941, Suomi oli hänen liittolaisensa. Kun venäläiset lopulta onnistuivat torjumaan hyökkäyksen, he pystyivät myös voimistamaan sotatoimia Suomessa, mikä johti ennakoitaviin seurauksiin. Suomen ja Neuvostoliiton välinen sota päättyi erillisaselepoon syyskuussa 1944, minkä jälkeen Suomi pystyi karkottamaan alueellaan olleet saksalaiset joukot. Aseleposopimuksen ankarat ehdot jättivät Suomen hyvin vaikeaan asemaan.”

CMJ:n haastattelussa Ahlfors sanoi: *“Olin Suomen kansalainen, enkä koskaan ollut asepalveluksessa, mutta minut katsottiin silti soveltuvaksi erityistehtäviin.”* Vanessa selitti, että hänen isäänsä ei otettu sotilaaksi sydänvian vuoksi. Sen sijaan hänet sijoitettiin pommisuo- jassa olevaan huoneeseen muutaman muun matemaatikon kanssa, ja heidän oli tarkoitus koodata sotilassanomiamia. Puhelin ei kuitenkaan koskaan soinut, joten neljä matemaatikkoa pelasivat koko ajan bridgeä.

Jatkosota alkoi 25. kesäkuuta 1941 ja päättyi 19. syyskuuta 1944. Vuonna 1942 Ahlfors lähetti kaksi tyttärtään Ruotsiin asumaan vaimonsa Ernan sisaren luokse Kungsbackaan. Vuonna 1944 myös Erna ja heidän nuori poikansa Christoffer lähtivät Kungsbackaan. Saatuaan tarjouksen Zürichin yliopistosta ja Suomen tilanteen heikentyessä Ahlfors päätti lopulta muuttaa pysyvästi ulkomaille. Saatuaan viranomaisilta luvan hän lähti kotimaastaan elokuussa 1944 – Fieldsin mitali mukanaan.

“Kuten CMJ:n haastattelussa kerrottiin, Ahlfors sai viedä maasta vain kymmenen kruunua, mikä ei riittänyt junalippuun Tukholmasta (Ruotsin itärannikolta) Kungsbackaan (lähelle Göteborgia länsirannikolla). Hän panttasi Fieldsin mitalinsa saadakseen rahaa. Vanessa mukaan matemaatikko Arne Beurling tarjosi hänen isälleen paikan Uppsalan instituutista lähellä Tukholmaa, ja ‘kun hän alkoi saada palkkaa Uppsalasta, hän pystyi lunastamaan [pantatun Fieldsin mitalin] takaisin.’

Ahlfors kirjoitti: ‘Olen ikuisesti kiitollinen Arne Beurlingille, joka osoitti, mitä todellinen ystävyys voi olla.’”

Ahlforsin perhe kohtasi nyt uuden haasteen: miten päästä Ruotsista Sveitsiin. Kun Suomi solmi aselevon Neuvostoliiton kanssa lopetukseen jatkosodan, yksi ehdoista oli karkottaa saksalaiset joukot Suomen alueelta. Niinpä vuonna 1944 Suomi oli sodassa Saksan kanssa ja samanaikaisesti – ainakin muodollisesti – liittoutuneiden, mukaan lukien Yhdistyneen kuningaskunnan, kanssa. Britit olivat valmiita päästämään perheen kauttakulkumatkalle, jos tilaisuus tulisi. Ahlfors muisteli: *“Ruotsalaiset olivat järjestäneet eräänlaisia puolittain säännöllisiä ‘stratosfäärilentoja’ kuuttomina öinä Tukholmasta Prestwickiin, Skotlantiin.”* Vanessa Gruen mukaan heidän piti odottaa puhelinsoittoa, joka ilmoittaisi, milloin koneeseen voisi nousta – kaikki pidettiin salassa. Perheen odottaessa Ruotsissa tapahtui tragedia: nuori Christoffer kuoli onnettomuudessa. Se oli ymmärrettävästi hyvin tuskallinen ja traumaattinen kokemus Ahlforsin perheelle, erityisesti äidille.

Ahlforsin kertomus heidän lähdöstään Ruotsista kuuluu näin:

“Eräänä päivänä maaliskuussa 1945 meille kerrottiin, että meidän tulisi olla valmiita lähtemään [Ruotsista], jos sää sallii. Sitä lentoa on vaikea unohtaa. Kone oli kunnostettu Flying Fortress, jossa oli ehkä tusinan verran matkustajia. Se ei ollut paineistettu, ja hengittäminen tapahtui yksittäisten happimaskien avulla. Kaikilla oli yllään pelastusliivit. Lapsillamme, 5- ja 6-vuotiailla, oli täysin kyky ymmärtää vaaran merkitys.”

Vanessan mukaan hän ei ollut varma, sopiko hänen happimaskinsa kunnolla eikä uskonut sen toimivan, mutta hän oli kunnossa, kun he laskeutuivat Skotlantiin. Junamatka vei perheen Glasgow’sta Lontooseen. Ahlfors muisteli matkan jatkoa CMJ:n haastattelussa:

“Kun lopulta pääsimme Englantiin, meidän piti ylittää Englannin kanaali Ranskaan. Mutta laivajunan odottaminen kesti kauan. Veimme kaikki tavarat rautatieasemalle, missä istuimme junassa odottamassa laivaa. Lopulta joku tuli kertomaan, ettei laivaa tule sinä yönä, ja palasimme takaisin hotelliin. Tämä toistui ehkä kymmenen kertaa, kunnes lopulta eräänä päivänä laiva tuli ja juna todella lähti. Tämä tapahtui vuoden 1945 alussa. Lontoota pommitettiin tietenkin V-2-ohjuksilla, ja lapset olivat hyvin peloissaan.”

Vanessa kertoi, että saksalaiset pommikoneet ja V2-ohjukset saattoivat tulla mihin aikaan päivästä tahansa, ja he kuuluivat suuria räjähdyksiä. Mutta isä selitti tytöille, että kyse oli vain kaksikerroksisten bussien renkaiden räjähtelystä, rauhoittaakseen heitä. Sen jälkeen he jatkoivat matkaa Pariisiin ja sieltä junalla Zürichiin. Vanessa muisti, että he saapuivat hotelliin Zürichissä juuri ennen pääsiäistä. Hänen isänsä oli piilottanut sveitsiläisen kellon hotellin kattokruunuun – se oli pääsiäislahja Ernalle.

Vaikka Ahlfors sanoi, että *“Sveitsin lähetystö oli unohtumattoman avulias majoituksen järjestämisessä luksushotelliin”* heidän ollessaan Pariisissa – Vanessa tunnisti hotellin nimeltä George Cinq – Ahlfors totesi myös, ettei hän *“voinut rehellisesti sanoa olleensa onnellinen Zürichissä. Sodan jälkeinen aika ei ollut hyvä hetki ulkomaalaiselle juurtua Sveitsiin.”* Vanessa mielestä maa ei ollut kovin vieraanvarainen ulkomaalaisia kohtaan. Hänen näkökulmastaan ihmiset olivat hyvin kitsaita. Kaikki olivat säästäneet hiiltä, mutta Ahlforsin perheen asunto ei ollut kunnolla lämmitetty, koska he eivät tunteneet paikallisia tapoja. Ahlforsin nuorin tytär Caroline syntyi Zürichissä marraskuussa 1945. Hänet vietiin orpokotiin, jossa hän oli kolme tai neljä kuukautta, kunnes sää lämpeni hieman. Vanessa muisti, että kun Caroline palasi orpokodista, pieni vauva oli yhtäkkiä muuttunut isoksi.

PROFESSORIKSI HARVARDIIN

Vuonna 1946 Ahlfors hyväksyi professorin viran Harvardin yliopistossa ja pysyi siellä eläkkeelle jäämiseensä asti vuonna 1977. Kun Vanessa oli viidennellä luokalla (noin vuonna 1950), perhe muutti Winchesteriin, Massachusettsiin, Bostonin esikaupunkiin. Talo oli tilava, ja Ahlforsilla oli kotitoimisto. Vanessan muistikuvan mukaan isä katosi joka ilta päivällisen jälkeen työhuoneeseensa. Ahlfors kirjoitti tuolloin oppikirjaa *Complex Analysis*, josta tuli erittäin suosittu julkaisunsa jälkeen. Ahlfors säilytti Fieldsin mitaliaan ja monia muita mitaleita työpöytänsä laatikossa. Toisinaan hän avasi laatikon ja näytti tytöille kaikki mitalit. Jotkut niistä olivat todella suuria, mutta Fieldsin mitali oli pienempi. Ahlfors kertoi tyttärelleen: *“Tämä on se, joka on todella arvokas, koska se on puhdasta kultaa – toiset eivät ole.”* Vanessa muisti, kuinka hän selasi mitaleita laatikossa ja tunsi olonsa riemukkaaksi.

CMJ:n haastattelussa tytär sanoi: *“Kasvaessamme olimme aina ihmeissämme siitä, mitä isä teki. Meillä ei ollut aavistustakaan, mitä se oli. Eikä meillä ole vielääkään. Hän sanoo meille olevansa filosofi.”* Haastattelussamme Vanessa toisti tunteensa siitä, että hänen isänsä oli enemmän filosofi kuin matemaatikko – hän ei koskaan selittänyt matematiikkaansa. Kun Vanessa oli lukiossa ja hänellä oli matematiikan kotitehtäviä, hän meni vain isänsä työhuoneeseen. Ahlfors sanoi: *“Näin tämä tehdään, pla-pla-pla-pla,”* ja teki tehtävän. *“Sitten minulla oli kotitehtävä tehtynä. Hän ei yrittänyt opettaa sitä minulle. Hän vain teki sen kokonaan – tarkoitan, että se oli vain helpompaa niin.”*

Kun *Complex Analysis* -kirja valmistui, Ahlfors jatkoi työskentelyä jatkuvasti – paitsi sunnuntaisin. Hän vaati kaikkia menemään kirkkoon. Perhe oli luterilainen, kuten suurin osa suomalaisista, mutta Ahlfors oli kääntynyt katolilaiseksi ja uskoi vakaasti siihen. Hän oli

hyvin vaikuttanut Tuomas Akvinolaisen kirjoituksista ollessaan noin 18–19-vuotias, ja hän pysyi niiden kannattajana. Tytöt suhtautuivat uskontoon vastahakoisesti. Lopulta, kun Vanessa oli yliopistossa (New York University) ja vieraili vanhempiansa luona Massachusettsissa, eräs irlantilainen pappi Bostonissa sanoi, että jokaisen katolilaisen on velvollisuus äänestää John Kennedyä. Ahlfors loukkaantui syvästi tästä, ja he erosivat kirkosta eivätkä koskaan liittyneet uudestaan kirkkoon.

Ahlfors oli erinomainen pianisti. Vanessan mukaan hänen isänsä ja kaikki Harvardissa tunnetut matemaatikot omistivat flyygelin – ja he kaikki soittivat sitä. Ahlfors soitti ilta-päivisin tai iltaisin, erityisesti sunnuntaisin. Hän rakasti Bachia ja soitti kaikkea hänen säveltämänsä musiikkia. Hän nautti myös Beethovenin ja Mozartin soittamisesta. Elämänsä loppupuolella Schubertista tuli hänen suosikkisäveltäjänsä.

TAKAISIN SUOMEEN

Ahlfors kuoli vuonna 1996, ja hänen vaimonsa Erna vuonna 2001. Vanessa Gruen ja hänen sisarensa Caroline Mouris perivät Fieldsin mitalin (Cynthia oli jo menehtynyt). He siirtelivät mitalia kahvipöydältä toiselle, Manhattanin ja Chathamien (yläosassa New Yorkin osavaltiota) välillä. Lopulta he päättivät lahjoittaa Lars Ahlforsin voittaman ensimmäisen Fieldsin mitalin Helsingin yliopistolle. Vanessan sanoin:

“Me olimme vielä Chelseassa New Yorkissa [Manhattanin kaupunginosa]. Olimme 7th Avenuella, ja siskoni asui Chathamien alueella New Yorkissa. Ja me vain siirtelimme [Fieldsin mitalia] edestakaisin, ja päätimme, että se oli ihan naurettavaa – meidän pitäisi tehdä sillä jotain merkityksellistä. Mietimme, että hän teki kaiken Fieldsin mitalilla palkitun varhaisen matemaattisen työnsä Helsingissä, ei Harvardissa. Emme halunneet antaa mitalia Harvardille, koska heillä on jo niin paljon kaikkea. Olisi merkityksellisempää antaa se Helsingin yliopistolle. Siellä hän oppi kaiken

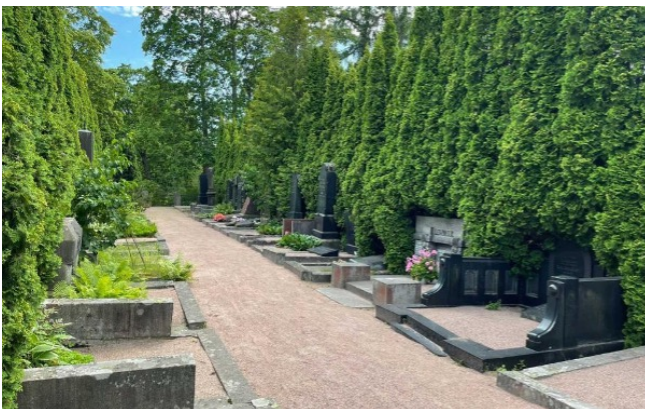
matematiikan ja siellä hän oli, kun hänelle myönnettiin Fieldsin mitali. Joten ajattelimme, että se olisi sopivaa.”

Vuonna 2004 Vanessa ja Caroline matkustivat Suomeen luovuttaakseen Ahlforsin Fieldsin mitalin Helsingin yliopiston matematiikan laitokselle.

Kuusi vuosikymmentä oli kulunut ja mitali oli vihdoinkin palannut kotiin. Ahlforsin pitkäaikaisen kollegan ja ystävän Olli Lehdon ehdotuksesta alkuperäinen mitali sijoitettiin Helsingin yliopistomuseoon. Helsingin yliopiston matematiikan laitokselle teetettiin mitalin kopio, joka on esillä vitriinissä, Lars Ahlforsin nimeä kantavan auditorion ulkopuolella.

OSCAR-VOITTAJAN APPIUKKO

Vuonna 2012 Ahlforsin nuorin tytär Caroline otti yhteyttä LaGuardian matematiikan laitokseen lahjoittaakseen edesmenneen isänsä kirjat. Hän ilahtui kuullessaan, että kirjat ovat saaneet paljon arvostusta matematiikan opettajakunnalta – paljon enemmän kuin jos ne olisivat vain istuneet hänen hyllyssään. Hän kirjoitti miehensä Frank Mourisin sähköpostiosoitteesta. Myöhemmin selvisi, että pariskunta oli ohjannut yhdessä [Frank Film](#) -nimisen lyhytanimaation, joka voitti parhaan lyhytanimaation Oscar-palkinnon vuonna 1974. Mutta vain Frank sai tunnustuksen; Caroline jäi huomiotta. Siitä huolimatta Ahlfors, joka oli tunnettu Fieldsin mitalistina ja arvos-



Ahlforsien sukuhauta Hietanimen hautausmaalla Helsingissä. Haudan tarkka sijainti löytyy hautauspalvelusta.



tetun Complex Analysis-kirjan kirjoittajana, totesi:

“Nyt olen vihdoinkin tullut kuuluisaksi. Olen Oscar-voittajan appiukko.”

DYNAAMISEN UNIVERSUMIN TEORIA, TIETEELLINEN TIETO JA TIETEN EDISTYMINEN

Ismo Koponen

Professori, Helsingin Yliopisto

Akateemisen, institutionaalisen tieteen reunaalueilla tapahtuva tieteen tai tiedettä muistuttavien teorioiden rakentelu on vanhastaan tunnettu ilmiö. Fysiikassa eräs tunnetuimmista episodeista on Einsteinin erityisen ja yleisen suhteellisuusteorian kiistämiseen pyrkinyt liike *Hundert Autoren Gegen Einstein* (Israel, Ruckhaber & Weinmann, 1931) vuosien 1920 ja 1930 välisenä aikana (Wazeck 2014). Yleisen suhteellisuusteorian vaihtoehtoisista spekulatiivisista malleista eräs tunnetuimpia on myös myöhemmin 1950–1960 Jordanin ja Diracin ajatuksiin nojautuva nollaenergia universumin (zero-energy universum) malli, jonka tueksi sen kannattajat esittivät myös geofysiikkaan (mm. laajenevan Maan hypoteesi) nojautuvia välillisiä todisteita (Kragh, 2015).

Näiden (ja muiden vastaavien) erityisen ja yleisen suhteellisuusteorian mallien historia on itsessään mielenkiintoinen fysiikan historian sivupolku. Tässä kirjoitelmassa keskityn kuitenkin viimeaikaisempaan Suomessa käytyyn keskusteluun, joka liittyy Tuomo Suntolan dynaamisen universumin (DU) teoriaan (ks. Suntola, 2018). Tällä keskustelulla on kiinnostavia yhteyksiä edellä mainittujen fysiikan teorioita muistuttavien spekulatiivisten teoreettisten mallien historiaan. Pyrin kirjoitelmasani hahmottamaan, millaisena keskustelut DU-teorian suhteesta vakiintuneisiin käsityksiin näyttävät tieteenfilosofian ja erityisesti pseudotieteen piirteitä tunnistamaan pyrkivän tieteenfilosofian näkökulmasta.

Tuomo Suntolan dynaamiseen universumin (DU) teoria ei varsinaisesti ole uusi teoreettinen rakennelma, sillä hän on kehittänyt ajatuksiaan ja ideoitaan jo kolmen vuosikymmenen ajan (ks. Suntola 2018). Aihe on nyt saanut uutta näkyvyyttä mitä ilmeisemmin Suntolan Helsingin yliopistolle 2023 tekemän tutkimusrahoitukseen suunnatun lahjoituksen myötä (Bäckgren HS 19.10.2023). Keskustelua on käyty Yliopisto-lehdessä (Merimaa, Yliopisto 5/2025; Pemberton, Yliopisto 7/2025; Kallio-Tamminen, Yliopisto 8/2025; Kakkuri-Knuuttila, Yliopisto, 10/2025). Suntolan lahjoitus on myös mahdollistanut hankkeen *Havainto ja todellisuus fysiikassa ja filosofiassa*. Hankkeeseen osallistujien mukaan siinä pyritään monipuoliseen tieteelliseen keskusteluun, etsitään ”ymmärrettä-

vää tieteellistä maailmankuvaa” ja tutkitaan, miten teorioita rakennetaan ja mitkä ovat niiden arviointikriteerit (Merimaa Yliopisto 5/2025).

Havainto ja todellisuus fysiikassa ja filosofiassa -hankkeen tavoitteen asettelu on kiinnostava. Toistaiseksi vuoden 2025 loppupuolella hankkeen saavutuksista on vielä aika niukasti tietoa saatavilla. Parhaimman koosteen tarjonnee 2025 julkaistu kooste hankkeen tiimoilta järjestetyissä tapahtumissa käydyistä keskusteluista (Styrman, 2025). Koosteesta ei kuitenkaan välity kovin selkeää näkemystä siitä, miten ja millaisista lähtökohdista hankkeessa tarkastellaan fysiikan teorioiden rakentumista ja niiden arviointia. Sen sijaan koosteesta ilmenee varsin kattava DU-teorian kannattajien näkemysten tarkastelu ja niiden vertailu va-

kiintuneempiin akateemisen tieteen näkemyksiin.

Vertailu on tosin tehty tarkastelematta lähemmin, miten vertailtavat teoriat ovat varsinaisesti rakentuneet ja millaiseen aiempaan tutkimukseen näkemykset perustuvat. Hankkeen toisen keskeisen tavoitteen osalta, teorioiden arviointikriteerien osalta, kriteeristö näyttäisi nojautuvan lähinnä Styrmanin kehittelemään kriteeristöön (Styrman, 2025, s 2-4). Kristeeristö on muodollinen ja nojautuu enemmän filosofian idealisaatioihin, kuin sellaisiin piirteisiin, jotka ovat tunnistettavissa tieteen käytännöissä ja tieteen edistysaskeleissa. Styrmanin kriteeristö kattaa piirteitä, jotka ovat sovellettavissa onnistuneisiin tieteellisiin teorioihin, mutta ohittaa sen, miten toimivilta nuo kriteerit vaikuttavat todellisten edistysaskeleiden arvioinnissa. Siksi niiden käytännön sovellettavuus tieteen arvioinnissa jää toteen näyttämättä ja näkökulma jää suppean idealisoiduksi. Styrmanin esittämää arviontiperustaa laajemmasta näkemyksestä mainittakoon esimerkkinä vaikkapa Paul Hoyningen-Hueningen (2013) *Systematicity: The Nature of Science* ja siinä esiintuotu uudempi, huomattavan laaja ja monipuolinen tieteenfilosofinen tutkimus. Siksi hankkeeseen *Havainto ja todellisuus fysiikassa ja filosofiassa* tavoite monipuolisesta tieteellisestä keskustelusta siitä, miten teorioita rakennetaan ja mitkä ovat niiden arviointikriteerit, ei tunnu toistaiseksi toteutuvan.

Styrmanin koosteessa DU vaikuttaa näyttäytyvän sen kannattajille suurena ”paradigman muutoksena”, joka perustellusti kyseenalaistaa vallitsevan fysiikan käsityksen paitsi kosmologiasta, myös monesta muusta nykyisessä fysiikassa keskeisenä, teoreettisesti ja empirisesti perusteltuna pidetystä näkemyksestä. DU-teorian kannattajat näkevät sen varteenotettavana vaihtoehtona yleiselle (ja erityiselle)

suhteellisuusteorialle ja niihin nojaaville kosmologisille malleille.

DU-teorian perusoletukset ovat kuitenkin hyvin spekulatiivisia ja on kyseenalaista, millaiseen episteemiseen oikeutukseen ne perustuvat. Ajatuksena tuntuisi olevan ”aksiomaattisen” teorian rakentaminen, mutta ajatus perusaksioomien vapaasta valittavuudesta ei ole perusteltua tieteen historian näkökulmasta: yksikään onnistunut tieteellinen teoria ei ole rakentunut sellaisen aksiomaattisuuden kautta. Tieteellisen teorian perusoletukset eivät synny irrallaan kaikesta muusta tieteellisestä toiminnasta, vaan ne ovat jatkumo dialogia, jossa aiempi tiede otetaan huomioon. Tässä DU poikkeaa täysin niistä erityisen ja yleisen suhteellisuusteorian vaihtoehtoisista teorioista, jotka kuuluvat tieteellisen keskustelun ja dialogin piiriin ja joista käydään keskustelua tieteellisen vertaisarvioidun julkaisukulttuurin piirissä. Esimerkkinä mainittakoon vaikkapa Unger & Smolin, 2014. *The Singular Universe and the Reality of Time* ja siinä käsitellyt vaihtoehtoiset yleisen suhteellisuusteorian teoriat ja kuinka ne ovat dialogissa vakiintuneempien käsitysten kanssa.

Suhteellisuusteorian lisäksi DU muotoilee uudelleen joitakin kvanttiteorian lähtökohtia ja ottaa kantaa kysymykseen, joka tunnettiin aikoinaan aaltohiukkasdualismina. DU-teorian kannattajat ovat innokkaan kritiikittömästi esittäneet myös näitä ajatuksia uutena merkittävänä tieteellisenä saavutuksena (Kallio-Tamminen, 2025). Kvanttifysiikkaan liittyvät pohdinnat eivät varsinaisesti ole DU-teorian ydinkysymyksiä. Suntola kuitenkin näkee teoriansa onnistuneesti yhdistävän kysymyksiä, jotka perinteisesti ovat liittyneet kvanttiteoriaan ja yleiseen (ja erityiseen) suhteellisuusteoriaan.

DU-teorian kannattajat esittävät sen torjunnan palautuvan monoliittiseen ja dogmaattiseen yhden vakiintuneen akateemisen käsityksen puolustamiseen (Styrman, 2025). Kuitenkin lyhytkin perehtyneisyys erityisen ja yleisen suhteellisuusteorian historiaan (tai ylipäätään tieteen historiaan) ja siitä käytävään tieteelliseen keskusteluun riittäisi osoittamaan tämän käsityksen yksipuolisuuden ja virheellisyyden. Tieteen historia osoittaa tutkijoiden – myös kosmologian ja suhteellisuusteorioiden tutkijoiden – olevan avoimia uusille ajatuksille. Näistä ajatuksista myös keskustellaan vertaisarvioituissa julkaisusarjoissa.

DU-teoria ei ole saanut osakseen juuri lainkaan huomiota tieteellisenä teoriana. Fysiikan ja teoreettisen fysiikan tutkijat eivät ole ottaneet siihen kantaa eivätkä vertaisarviointia noudattavat tieteelliset julkaisusarjat ole hyväksyneet DU-teoriaan liittyviä artikkeleita julkaistavaksi. Syyt DU-teorian jäämiseen tieteellisen keskustelun ulkopuolelle ovat toisaalla kuin tutkijoiden ahdaskatseisuudessa tai dogmaattisuudessa. Syyt löytyvät DU-teorian puutteellisesti perustelluista spekulatiivisista lähtökohdista, siitä, miten se ymmärtää teorian episteemisen oikeutuksen rakentuvan valikoiden poimituista vertailuista tunnettuihin havaintoihin ja miten se rakentaa argumentaationsa. DU:n argumentaatio on usein heikosti perusteltujen spekulatiivisten oletusten varassa, se nojautuu puutteellisesti argumentoiduille väitteille ja niiden pohjalta tehdyille hyvin yleistäville mutta huonosti perustelluille yleistyksille. Siksi argumentaatio ei useinkaan ole seurattavissa tai sen pätevyys arvioitavissa, ja silloin kun se on, sen mielivaltaisuus ja epäjohdonmukaisuus on ilmeistä (erityisesti DU:n kvanttiteoriaa koskevassa osuudessa). Teorian ja sen perusteltavuuden arviointi fysiikalle tunnusomaisin tieteellisin kriteerein ei siis ole

mahdollista. Teoriaa ei myöskään voi arvioida sellaisin kriteerein, jotka tieteenfilosofia laajemmin tunnistaa ja tunnustaa (ks. Hoyningen-Huene, 2014).

Kun DU yrittää tulla tieteelliseen diskurssiin mukaan omine uusine ”paradigmoineen” ja omine ”tieteellisyyden kriteereineen”, kyseenalaistaen vakiintuneen tieteen tavan käydä tieteellistä dialogia, se tulee jätetyksi huomiotta. Tilanne, jossa tiedeyhteisö suhtautuu välinpitämättömästi ja kiinnostumattomasti ehdotettuun vaihtoehtoiseen ja sen kannattajien käsityksen mukaan varteenotettavaan teoreettiseen rakennelmaan, on teorian kannattajille selvästikin vaikeaa hyväksyä. Välinpitämättömyyden syiden tunnistaminen näyttää myös olevan heille hankalaa. Kannattajat tuntuvat ajattelevan, että DU saavuttaisi uskottavuutta ensisijaisesti siksi, että se onnistuu tuottamaan jo tunnettujen havaintojen kanssa yhteensopivia ennusteita (ks. Styrman, 2025). Huomiotta jää, että pelkkä ”oikean” tuloksen saavuttaminen ei vielä yksin riitä, vaan myös sen tapa, jolla tulos saavutetaan, on keskeistä. Tarvitaan myös oikeelliseksi ja päteväksi arvioitavissa olevat episteemisesti oikeutetut perusoletukset (ts. sellaiset, jotka ovat tiedeyhteisön käsitettävissä ja jotka eivät näyttäydy liian spekulatiivisina tai mielivaltaisina). Tämän lisäksi päättelyn ja argumentaation on oltava riittävän yksityiskohtaista, jotta se olisi arvioitavissa ja sen oikeellisuus todennettavissa.

Lisäksi on oleellista, että keskeisiä käsitteitä käytetään normatiivisesti oikein, ei irrallaan niistä teoreettisista rakenteista, joihin ne kuuluvat (tai joiden pätevyys jopa pyritään kiistämään) ja joiden kautta ne saavat merkityksensä. Uuden näkemyksen esittäjän edellytetään tulevan mukaan tieteelliseen dialogiin yleisesti hyväksytyjen tieteellisen keskustelun ja tutkimuksen sääntöjä ja normeja noudattaen, joi-

hin kuuluvat systemaattisuus, tehtyjen oletusten episteemisen oikeutuksen perustelu, argumentaation metodisuus ja käsitteiden normatiivisesti oikeellinen käyttö ja ennen kaikkea perusteluiden sitominen aiempaan aihetta koskevaan tutkimukseen (ks. esim. Hoyningen-Huene 2013, luvut 2 ja 3). DU ja sen kannattajat eivät sopeudu näiden keskeisten tieteen perusnormien noudattamiseen, vaan haluavat sen sijaan osallistua dialogiin omien kriteereidensä ehdoilla ja vaatien niiden hyväksymistä oikeellisuuden normiksi. Esimerkkinä mainittakoon yksinkertaisuuden ja ymmärrettävyyden vaatimus. DU-teorian kannattajat esittävät DU-teorian vastaavan paremmin arkijärjen ja -ajattelun edellytyksiä, olevan helpommin ymmärrettävissä ja siksi hyväksyttävämpi kuin vakiintunut tieteellinen käsitys. Tämän näkemyksensä he perustelevat sillä, että teorian ”yksinkertaisuus” on yksi usein mainittu ja hyväksytyt paremmuuden kriteeri teorioiden vertailussa. He eivät kuitenkaan huomaa (tai halua huomata), että heidän esittämänsä ”yksinkertaisuuden” kriteeri on oleellisesti erilainen kuin tieteellisten teorioiden vertailuissa oleellinen perusoletusten ja niiden johdonmukaiseen käyttöön (argumentaation ja teorian kehittämiseen) liittyvä rakenteellisen yksinkertaisuuden ja eheyden kriteeri (ks. esim. Hoyningen-Huene, 2014).

DU-teoria asemoi itsensä tieteellisen ”paradigman” muuttajaksi ja näkee vastustuksen nousevan vakiintuneen tieteen kyvyttömydestä tunnistaa merkittävää paradigman muutosta. Tässä näkemyksessään DU-teorian kannattajat hakevat tukea Kuhnin näkemyksestä ”tieteellisen vallankumouksen” luonteesta. Tässä yhteydessä ei ole mahdollista toistaa sitä laajaa keskustelua, jota Kuhnin näkemysten perusteltavuudesta on käyty, mutta todettakoon että ”tieteellisen vallankumouksen käsite” yksittäi-

sen vaihtoehtoisen teorian paradigmaa muuttavana tekijänä ei saa tukea tieteenhistorian tutkimuksesta (ks. esim. Heilbron, 2013; Marcum, 2015; Hoyningen-Huene, 1993). Tieteelliset käsitykset muuttuvat ja kehittyvät, mutta osana tieteen omaa dynamiikka ja dialogia, ei yksittäisten vakiintuneen tieteellisen diskurssin, sen käytänteiden ja normien ulkopuolelta tulevien vaihtoehtoisten teorioiden kautta. Muutos tapahtuu pikemminkin useiden vakiintuneen teorian keskeisten osatekijöiden muuttuessa useiden tieteellisten toimijoiden työn tuloksena, jolloin tapahtuu laajempi ja useammasta toisiinsa kytkeytyneestä muutoksesta aiheutuva asteittainen käsiteverkoston muutos (ks. esim. Hoyningen-Huene, 2014; Rescher, 1979, 2005).

DU-teorian kannattajat näyttävät hakevan tiedeyhteisön haluttomuuteen arvioida DU-teoriaa myös tiedeyhteisön halusta suojella omia valtarakenteitaan ja omistajuutta ”oikeasta” tieteellisestä tiedosta (ks. Styrman, 2025 s. 28-29). Tieteen dynamiikkaan kuulu luonnollisesti omien koulukuntien ja erityisalueiden näkemysten puolustaminen ja koulukuntien erimielisyydet. Kuitenkin sellaisen tieteellisen toiminnan dynamiikan esittäminen valtarakenteiden puolustamisena on suurta liioittelua ja antaa vääristyneen kuvan tieteen sosiaalisesta dynamiikasta. Oleellista on, että erimielisyyksistä käytävä tieteellinen keskustelu käydään myös osana laajempaa tiedeyhteisöä, niiden dialogin ja diskurssin ja tieteellisyyden kriteerein, jotka kyseinen laajempi yhteisö itse muodostaa. Kokemus tiedeyhteisön ulkopuolelle jäämisestä on myös mitä ilmeisimmin syy siihen, että DU-teorian kannattajat ovat jo useampia vuosia sitten toimineet omassa, itse perustamassaan tieteellistä seuraa muistuttavassa *Foundations of Physics* -seurassa, joka on myös julkaissut DU-teoriaan liittyviä pai-

natteita. On tietenkin niin, että uudet onnistuneet tieteelliset avaukset aloittavat pienistä yhteisöistä ja ennemmin tai myöhemmin myös organisoituvat ja muodostavat omia tieteellisiä seuroja ja julkaisusarjoja. Yleensä uudet muodostuvat yhteisöt ovat kuitenkin monin sitein yhteyksissä vakiintuneimpiin tieteellisiin yhteisöihin ja sen jäseniin; uudet tieteelliset yhteisöt kasvavat tieteen instituutioiden ja rakenteiden sisältä sen sijaan että tulisivat niiden ulkopuolelta uusine paradigmoineen (ks. esim. Wang & Barabási, 2021; Herrera et al. 2010).

DU-teorian vastaanotto ja sen kannattajien näkemykset syistä, jotka ovat johtaneet sitä kohtaan osoitettuun välinpitämättömyyteen, eivät ole uusia tai yllättäviä (vrt. Wazeck, 2014). Tilanne ei myöskään tuntematonon tuttu niille tieteen filosofeille, jotka ovat keskittyneet tiedettä simuloivan näennäistieteen ja pseudotieteen tutkimukseen (Boudry, 2022; Boudry & Braeckman, 2011; Hansson, 2009). Pseudotieteen tutkimuksella on pitkä historiansa, alkaen Popperin ja Laudanin yrityksistä määrittää tieteen keskeisiä kriteereitä (ks. esim. Hoyningen-Huene 2013, luvut 4 ja 5). En halua tässä luonnehtia DU-teoriaa pseudotieteeksi, mutta totean, että sen luonteen ja siihen kohdistuvaan asennoitumisen ymmärtämiseksi pseudotieteen tieteenfilosofinen tutkimus antaa kelvollisen lähtökohdan. Parempi nimi kuvaamaan DU-teoriaa olisi varmaankin ”poikkeava tiede” (deviant science, kuten mm. Wazeck 2014 ehdottaa) tai paratiede, para-etuliite viitaten sen alkuperäiseen merkitykseen ilmiön tai asian rinnalla esiintyvistä mutta siitä poikkeavasta ilmiöstä tai asiasta. Yksinkertaisuuden vuoksi käytän kuitenkin jatkossa ilmaisua pseudotiede, kun käsittelen tiedettä muistuttavien oppijärjestelmien piirteitä yleisellä tasolla mutta ilman oletusta, että DU olisi tunnistettavissa

pseudotieteeksi, vaikka joitakin esiin nostamiani piirteitä se vaikuttaa täyttävän.

DU-teorian ja sen saaman kannatuksen osalta kiinnostavan näkökulman avaavat viimeaikaiset tieteenfilosofian näkemykset, joissa tieteen ja pseudotieteen erottamisen ongelmaa, ns. demarkaatio-ongelmaa, lähestytään pseudotieteen tunnistamisen, ei tieteen kriteereiden tunnistamisen kautta (Boudry, 2022; Boudry & Braeckman, 2011; Hansson, 2009). Keskeinen väite tässä tutkimuksessa on, että tieteen kriteereiden tunnistaminen on huomattavasti haastavampi – ehkä jopa mahdoton – tehtävä, mutta kaikelle pseudotieteelle tietyt piirteet ovat yhteisiä ja tunnistettavia. Boudryn (2022) mukaan eräs keskeisimmistä tunnuspiirteistä on pyrkimys matkia vakiintuneen tieteen toimintatapoja mm. muodostamalla omia ”tieteellisiä” seuroja ja organisaatioita ja tieteellisten kokoontumisten kaltaisia tapahtumia ja mahdollisesti myös omia ”tieteellisiä” julkaisuja. Pseudotiede pyrkii siten imitoimaan tieteen institutionaalisia rakenteita ja toimintatapoja, olematta kuitenkaan osa sitä tai olematta dialogissa vakiintuneen tiedeyhteisön kanssa.

Pseudotieteen edustajille osattomuus vakiintuneen tiedeyhteisön dialogista näyttäytyy luonnollisestikin vakiintuneen tiedeyhteisön hyljeksintänä, dogmaattisuutena tai avarakatseisuuden puutteena (vrt. Styrman, 2025, luku 5). Pseudotieteen kannattajat eivät vaikuta tunnistavan dialogin puutteen syytä: omaa haluttomuuttaan osallistua tieteelliseen dialogiin ja diskurssiin tieteenalalla hyväksytyin tavoin vaan halua osallistua siihen itsemääritellyin käsittein tai tieteellisyyden kriteerein, ikään kuin tieteellisen tradition ulkopuolelta. Pseudotiede haluaisi saada tiedeyhteisön hyväksynnän omilla ehdoillaan vaatimalla näkemystensä osoittamista vääriksi tai pätemättömiksi niillä samoilla akateemisen tieteen kriteereillä

ja metodologisilla vaatimuksilla, joiden merkityksen se on toisaalta valmis kiistämään.

Näennäis- ja pseudotiede ei Boudryn mukaan voi olla olemassa ilman vakiintunutta akateemista tiedettä, jonka se pyrkii kiistämään tai jolle se näyttäytyy vaihtoehtona. Pseudotiede peilaa itseään vakiintuneeseen akateemiseen tieteeseen, pyrkii saavuttamaan samanlaisen episteemisen oikeutuksen ja tunnustuksen, ja ennen kaikkea, pääsemään tunnustetuksi osaksi akateemista institutionaalista tieteen harjoittamista. Vakiintunut tiede vaikuttaa kuitenkin vaikeuksitta tunnistavan pseudotieteen. Tämä ilmenee tiedeyhteisön haluttomuutena julkaista sen piiristä nousevia ”tieteellisiä” kirjoitelmia ja teorioita, tiedettä rahoittavien instituutioiden kielteisinä päätöksinä rahoitushakemuksiin ja vakiintuneesta tieteestä poikkeavien tiedettä jäljittelevien saavutusten huomiotta jättämisenä akateemisia tehtäviä täytettäessä (Boudry, 2022; Hansson 2009). Pseudotieteen edustajien on nähtävästi vaikeaa hyväksyä tilanne, jossa vakiintunut tiedeyhteisö, historiansa kautta kehittyneiden arviointimenetelmiensä ja -tapojensa kautta määrittelee, mikä on hyvää ja mikä huonoa tiedettä (tai ei tiedettä lainkaan). Tilanteen juurisyyksi pseudotieteen edustajat eivät tunnista näennäistieteensä perusoletusten episteemisten oikeutusten puutteellisuutta, lähtökohdaksi valittujen perusoletusten sattumanvaraisuutta, argumentoinnin heikkouksia ja vinoumia, tai, pahimmillaan, mahdottomuutta arvioida argumentoinnin pätevyyttä puutteiden ja vinoumien vuoksi. Sen sijaan torjunnan juurisyyksi nähdään vakiintuneen tieteen edustajien dogmaattisuus, kyvyttömyys tunnistaa uusia merkittäviä ideoita, akateemisen aseman suojeleminen ja puolustautuminen uudelta ylivoimaiselta tietämykseltä. Aiemmin mainitusta Strymanin koosteesta DU-teorian kannattajat mainitsevat kaikki näistä vakiintunutta tiedettä

kohtaan ja sen edustajia esitetyistä syytteistä (ks. erityisesti Stryman, 2025, s. 28–29).

Myös tieteenhistoria avaa kiinnostavan näkökulman asiaan. Strymanin koosteesta ilmenevät keskustelut ja muu aiheesta käyty kirjoittelu (mm. Yliopisto 5/2025, 7/2025, 8/2025 ja 10/2025) sisältävät useita samoja piirteitä, joita Einsteinin erityisen ja yleisen suhteellisuusteorian vastustajat esittivät jo sata vuotta sitten pamfletissaan *Hundert Autoren Gegen Einstein* (Israel, Ruckhaber & Weinmann, 1931). Pamfletin sisältöä ja sen sijoittumista laajempaan keskusteluun, jota käytiin saksankielisessä tiede- ja kulttuuriympäristössä vuosina 1920–1930, on kartoittanut varsin laajasti Milena Wazeck (2017) teoksessaan *Einstein's Opponents: The Public Controversy about the Theory of Relativity in the 1920s*. Monet siinä kuvatut tieteensosiologiset piirteet ovat tunnistettavissa ja ovat vaivatta tunnistettavissa nykyisissä DU-teorian kannattajien kannanotoissa ja näkemyksissä. Kiinnostavana yksityiskohtana on, että myös 1920 - 1930 käydyissä keskusteluissa insinörikoulutuksen saaneet ja sen parissa tieteellisen uran tehneet tutkijat olivat keskeisiä. Einsteinin teorioita vastustaviin ryhmiin liittyi myös joitakin akateemisen tutkimuksen edustajia, mihin ilmeisesti vaikutti heidän ajautumisensa marginaaliin omissa akateemisissa yhteisöissään (Wazeck, 2017).

Hanke *Havainto ja todellisuus fysiikassa ja filosofiassa* pyrkii ilmoituksensa mukaan monipuoliseen tieteelliseen keskusteluun ja tutkimaan, miten teorioita rakennetaan ja mitkä ovat niiden arviointikriteerit. Ehkä hanke voisi löytää uuden ja hedelmällisen tavan lähestyä aihettaan ottamalla huomioon pseudotiedettä koskevan tieteenfilosofisen tutkimuksen. Kuten Boudry (2022) tutkielmassaan pseudotieteen piirteistä toteaa, pseudotiede saavuttaessaan menestystä ja kannattajia on kuitenkin

aina merkittävä älyllinen saavutus, jonka suosion syyt ansaitsevat tieteenfilosofien huomiota. Myös tieteenhistoriaan syventyminen auttaisi asettamaan nyt käydyt keskustelut pa-

remmin osaksi tieteen kehitystä ja siihen vaikuttaneita tekijöitä. Näin tulokset auttaisivat ehkä myös ymmärtämään, miten tieteelliset käsitykset ja totuudet oikeastaan muuttuvat.

VIITTEET

Boudry, M. (2022). Diagnosing Pseudoscience – by Getting Rid of the Demarcation Problem *Journal for General Philosophy of Science*, 53, 83–101 <https://doi.org/10.1007/s10838-021-09572-4>

Boudry, M., Braeckman, J. (2011). Immunizing Strategies and Epistemic Defense Mechanisms. *Philosophia*, 39, 145–161 <https://doi.org/10.1007/s11406-010-9254-9>.

Hansson, S. O. (2009). Cutting the gordian knot of demarcation. *International Studies in the Philosophy of Science*, 23, 237–243. <https://doi.org/10.1080/02698590903196007>.

Heilbron, J. L. (2013). Was there a Scientific Revolution? 7-24. Teoksessa *The Oxford Handbook of the History of Physics*, (toim.) Buchwald, J. Z ja Fox, R. Oxford University Press: Oxford, UK.

Herrera, M.; Roberts, D.C.; Gulbahce, N. Mapping the Evolution of Scientific Fields. *PLoS ONE* 2010, 5, e10355.

Hoyningen-Huene P. (2013). *Systematicity: The Nature of Science*. Oxford University Press: Oxford, UK.

Hoyningen-Huene P. (1993). *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*. University of Chicago Press: Chicago, US.

Israel, H., Ruckhaber, E., Weinmann, R. (toim.). (1931). *100 Autoren Gegen Einstein [100 Authors Against Einstein]*. Leipzig.

Kallio-Tamminen, T. (2025) Beyond wave-particle dualism: How Suntola's mass-wave concept unites physics and metaphysics *J. Phys.: Conf. Ser.* 2948, 012005.

Kragh, H. (2015). Pascual Jordan, Varying Gravity, and the Expanding Earth. *Phys. Perspect.* 17, 107–13. <https://doi.org/10.1007/s00016-015-0157-9>

Unger, M. R. & Smolin, L. (2014). *The Singular Universe and the Reality of Time: A Proposal in Natural Philosophy* Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139696487>

Marcum, J. A. (2015). *Thomas Kuhn's Revolutions: A Historical and an Evolutionary Philosophy of Science?* Bloomsbury Publishing: London, UK.

Rescher, N. (1979). *Cognitive Systematization: A Systems-Theoretic Approach to Coherentist Theory of Knowledge*. Oxford. Basil Blackwell.

Rescher, N. (2005). *Cognitive Harmony: The Role of Systemic Harmony in the Constitution of Knowledge*. Pittsburgh University Press: Pittsburgh.

Styrman, A. (2025). Evaluation of Theories and Methodologies: Relativistic Physics vs. the Dynamic Universe —With Remarks from Physics and Reality 2024 and Cosmology on Small Scales 2024 Conferences. J. Phys.: Conf. Ser. 2948 012004

Suntola, T. (2018) The Dynamic Universe: Toward a Unified Picture of Physical Reality. (4. painos). Physics Foundations Society and The Finnish Society for Natural Philosophy: Drukatava, Latvia.

Wang, D., Barabási, A.L. (2021). The Science of Science. Cambridge University Press:

Cambridge, UK. Wazeck, M. (2014). Einstein's Opponents: The Public Controversy about the Theory of Relativity in the 1920s. Cambridge University Press: Cambridge, UK.

MISSÄ TIEDE KOHTAA KESTÄVYYDEN: HELSINGIN YLIOPISTO BASUS-OHJELMASSA

Ditte Taipale,

Yliopistonlehtori ja koulutusohjelmajohtaja, Helsingin Yliopisto

Laura Karilainen,

Koulutusasiantuntija, Helsingin Yliopisto

Helsingin yliopisto on luomassa uutta eurooppalaisen korkeakoulutuksen mallia osallistumalla [Una European Joint Bachelor in Sustainability](#) (BASUS) -ohjelmaan. Helsingin yliopisto on ollut vuodesta 2019 mukana 11 eurooppalaisen yliopiston korkeakouluverkostossa, jonka yhtenä tavoitteena on edistää uudentyyppisiä koulutusaloitteita. [Una European](#) puitteissa kehitetty globaaleihin kestävyys-haasteisiin keskittyvä ohjelma edustaa innovatiivista lähestymistapaa kansainväliseen koulutukseen, jossa useat yliopistot suunnittelevat ja tarjoavat yhdessä yhden tutkinnon.

KESTÄVYYDEN EDISTÄMINEN KEMIAN JA FYSIIKAN KAUTTA

BASUS on kolmevuotinen kansainvälinen yhteistutkintokandiohjelma, joka on suunniteltu ja toteutetaan yhdessä kahdeksan Una Europa -yliopiston kesken. Opiskelijat aloittavat opintonsa Jagiellon yliopistossa Krakovassa yhteisillä monitieteisillä opinnoilla, jotka keskittyvät kestävyiden peruskäsitteisiin ja kompleksisuuteen. Ensimmäisen vuoden jälkeen opiskelijat syventyvät temaattisiin opintoihin kumppaniyliopistoissa. Opiskelijat voivat halutessaan lähteä opiskelijavaihtoon johonkin ohjelmassa mukana olevasta kahdeksasta yliopistosta vielä viimeisenä lukukautena. Yhteisen opetussuunnitelman ja yhteistyökumppaniyliopistojen välisen liikkuvuuden kautta opiskelijat pääsevät tutustumaan monipuolisiin akateemisiin perinteisiin, tutkimusaloihin ja eurooppalaisiin kulttuureihin.

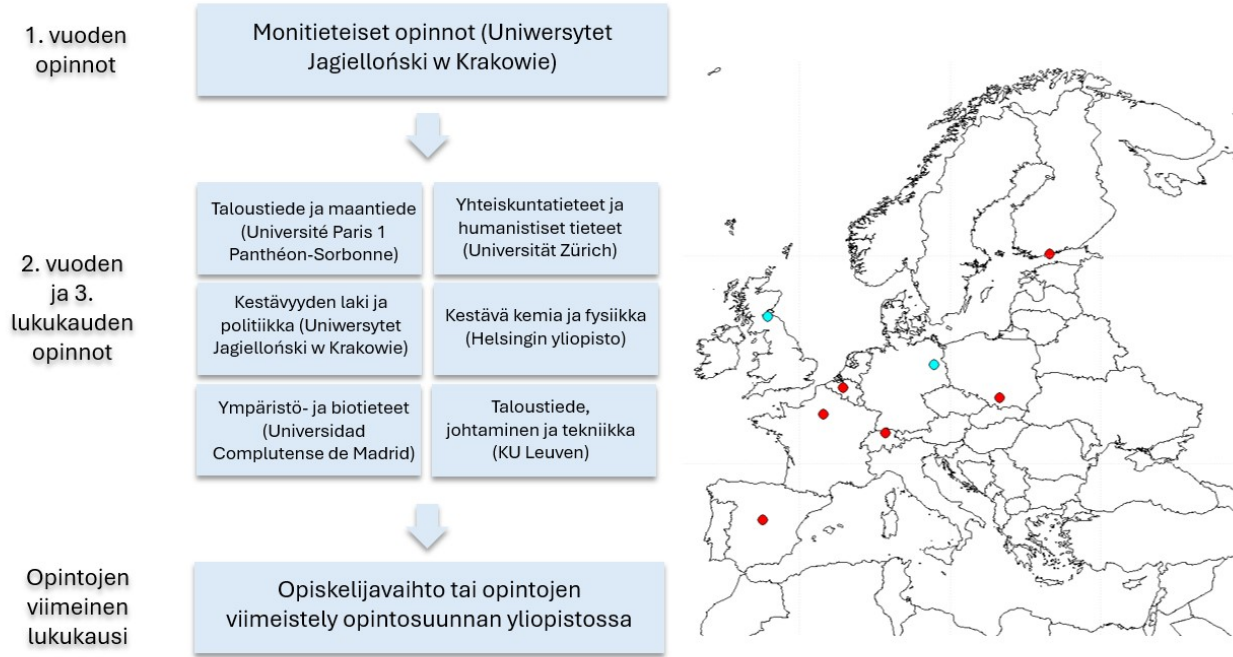
Helsingin yliopiston pitkä historia luonnontieteellisen tutkimuksen ja tutkimukseen perustuvan koulutuksen eturintamassa tukee innova-

tiivisen, uudistavan ja korkeatasoisen opintosuunnan tarjoamista kestävä kemian ja fysiikan alalla. Opintosuunta mahdollistaa opiskelijoille ympäristöhaasteiden taustalla olevien fysikaalisten ja kemiallisten prosessien paremman ymmärtämisen sekä tieteellisesti perusteltujen ratkaisujen kehittämisen kestävämpään tulevaisuuteen.

Ohjelmasta valmistuneet opiskelijat saavat kuuden yhteistyöyliopiston yhteisesti myöntämän tutkintotodistuksen, mikä heijastaa uudenlaista yhteistyön tasoa eurooppalaisessa korkeakoulutuksessa. Ohjelman tavoitteena on tarjota opiskelijalle tutkimustietoon pohjautuvaa tietoa ja taitoa, joita tarvitaan ympäristö- ja yhteiskunnallisten haasteiden ratkaisemiseen sekä työskentelyyn tieteenrajoja ylittämällä.

KESTÄVYYDEN TIETEELLISET PERUSTEET

Kestävyyshaasteet – ilmastonmuutoksesta resurssipulaan – ovat syvästi juurtuneet luonnontieteisiin. Kestävä kemian ja fysiikan opinto-



BASUSin rakenne ja yhteistyöyliopistot. Punaiset pisteet edustavat ohjelman tutkintoja myöntäviä yliopistoja, vaaleansiniset liikkuvuusyhteistyöyliopistoja.

suunnassa keskitytään ympäristöjärjestelmien ja teknologisten ratkaisujen perustana oleviin menetelmiin.

Tämän opintosuunnan opiskelijat saavat kattavan käsityksen sekä kemiasta että fysiikasta, joihin lisätään kestävän kemian ja fysiikan keskeisiä syventäviä aihealueita. Opintosuunnassa opiskelijat perehtyvät esimerkiksi vihreän kemian periaatteisiin ja niiden yhteyksiin kestävyteen ja kiertotalouteen, turvallisempien kemikaalien suunnitteluun, biopohjaisten raaka-aineiden käyttöön, kestävien materiaalien kehittämiseen sekä erilaisten uusiutuvien energialähteiden toimintaperiaatteisiin. Opiskelijat perehtyvät opintosuunnassa myös ilmastojärjestelmien vuorovaikutuksiin, ilmakehän kemiaan sekä ilmastomuutoksen fysikaalisiin perusteisiin.

MONITETEISYYS KÄYTÄNNÖSSÄ

Yksi BASUSin määrittävistä piirteistä on sen painottuminen monitieteiseen opetukseen. Kestävyyttä ei voi käsitellä yhden tieteenalan näkökulmasta, vaan se vaatii vuoropuhelua mm. luonnontieteiden, yhteiskuntatieteiden ja taloustieteiden välillä. Ohjelman rakenne tukee tätä lähestymistapaa, jossa opiskelijat opiskelevat yhdessä kestävyystieteiden keskeisiä aiheita näistä näkökulmista ennen kuin erikoistuvat eri tieteenaloihin valitsemassaan yhteistyöyliopistossa.

Ohjelma on rakennettu poikkitieteellisyys huomioiden ja erityisesti ensimmäisen vuoden poikkitieteelliset opinnot tuovat yhteen eri tieteenaloja ja opettajia opettamaan kestävyyttä eri näkökulmista. Eri yliopistojen tarjoamat opintosuunnat on suunniteltu niin, että niiden opetus toteutetaan yhteistyössä kaikkien mu-

kana olevien yhteistyöyliopistojen opettajien kesken. Esimerkiksi Helsingin yliopiston opintosuuntaa saapuu opettamaan opettajia Krakovasta, Madridista ja Leuvenista. Myös Helsingin yliopistosta on jo lähtenyt muutamia opettajia opettamaan ensimmäisen vuoden yhteisiä opintoja, ja ensi syksystä lähtien opettajia lähtee opettamaan myös muiden opintosuuntien kursseja.

Viime syksynä ohjelman alkaessa Helsingin yliopisto osallistui Basic Statistics - ja Introduction to Environmental Challenges -kurssien opetukseen. Tänä keväänä ohjelman opiskelijat ovat puolestaan päässeet tutustumaan Helsingin yliopiston opintosuuntaan Introduction to Sustainable Chemistry and Physics –kurssilla. Myös muiden yliopistojen tarjoamista opintosuunnista on vastaavanlaiset johdantokurssit ensimmäisen vuoden keväänä, jotta opiskelijat pystyvät tekemään päätöksen, mihin opintosuuntaan erikoistua toisena ja kolmantena opiskeluvuonna.

EUROOPPALAISEN YHTEISTYÖN VAHVISTAMINEN

Helsingin yliopiston osallistuminen BASUSiin vahvistaa myös sen kansainvälistä koulutusprofiilia. Una Europa -korkeakouluverkoston kautta opiskelijat ja henkilökunta tekevät yhteistyötä johtavien korkeakoulujen kanssa ympäri Eurooppaa, luoden mahdollisuuksia akateemiseen liikkuvuuteen, yhteisopetukseen ja yhteiseen tutkimusasiantuntemukseen. Kemian ja fysiikan aloilla tämä yhteistyö edistää tutkimukseen perustuvien opetusmenetelmien vaihtoa ja monitieteisten näkökulmien omaksumista kansainvälisessä verkostossa. Yhteistyö edistää eurooppalaisia yliopistoja nousemaan yhä merkittävämmäksi toimijaksi kestävyystieteiden koulutuksessa.

SEURAAVAN SUKUPOLVEN KESTÄVYYSASIAANTUNTIJOIDEN KOULUTTAMINEN

Helsingin yliopiston osallistumisen arvo BASUSissa piilee sen kyvyssä yhdistää luonnontieteet globaaleihin kestävyysaasteisiin.

Helsingin yliopisto edistää uuden sukupolven tutkijoiden ja asiantuntijoiden kouluttamista tarjoamalla kestävä kemian ja fysiikan opintosuunnan monitieteiseen eurooppalaiseen yhteistutkintoon. Valmistuneilla opiskelijoilla on vahvan tieteellinen asiantuntemus ja monitieteinen ajattelutapa, joka on välttämätöntä eri toimialojen yhteistyössä. BASUS-ohjelman kautta Kestävä kemian ja fysiikan -opintosuunta havainnollistaa konkreettisesti, miten tutkimusintensiiviset yliopistot voivat muokata kestävyystieteiden koulutuksen tulevaisuutta Euroopassa.

OFILIN JAOLLISUUSSÄÄNNÖN ELI CHIKAN TESTIN LAAJENNUS

Heikki Jämsä,

FM, Oulun Yliopisto

Petri Peltonen,

FM, Åbo Akademi

Tässä artikkelissa esitellään Chikan testin laajennus ja verrataan sitä toiseen yleiseen jaollisuussääntöön, numeroiden painotetun summan menetelmään.

LYHYT JOHDANTO JAOLLISUUSSÄÄNTÖIHIN

Yleisesti voidaan helposti todeta, että reaalityttö r on jaollinen reaalityttö s :llä eli $s \mid r$ jos ja vain jos r päättyy kokonaislukuun nolla s -järjestelmässä. Tavallisesti jaollisuussääntöillä (eli -testeillä) tarkoitetaan kuitenkin tapauksia, joissa r ja s ovat positiivisia kokonaislukuja kymmenjärjestelmässä.

Aikojen kuluessa jaollisuussääntöjä eri luvuille s on kehitetty suuri määrä ja ne perustuvat tyypillisesti esimerkiksi luvun r numeroiden summaan (kuten tapauksissa $s = 3$ ja $s = 9$), numeroiden painotettuihin summiin (esimerkiksi $s = 7$ ja $s = 11$), viimeisten numeroiden ominaisuuksiin (kuten $s = 2, 5, 10, 25$) tai näiden menetelmien yhdistelmiin.

Kaikki jaollisuudet ainakin periaatteessa kattavia menetelmiä on esimerkiksi tuo mainittu numeroiden painotettu summa, jolla tarkasteltavaa lukua saadaan iteratiivisesti pienennettyä: Alkuperäinen luku on jaollinen s :llä jos ja vain jos numeroiden painotettu summa on jaollinen s :llä. (Nolla katsotaan jaolliseksi kaikilla luvuilla s .)

Kertoimet saadaan tarkastelemalla esimerkiksi 7:n yhteydessä yhtälöjonoa

$$= \dots 143 \cdot 7d + 14 \cdot 7c + 7b - 1d + 2c + 3b + 1a.$$

Kertoimia voidaan periaatteessa löytää rajattomasti, mutta kannattaa tietysti valita ne joilla $\dots dcb a = \dots 1000d + 100c + 10b + a$ numeroiden painotettu summa on pienempi kuin alkuperäinen luku.

Taulukon 1 toiseen sarakkeeseen on koottu painotetuille summille pienimmän itseisarvon omaavat kertoimet luvuille $s = 2, 3, \dots, 23$. Kertoimet vaihtelevat välillä $[-s/2, s/2]$ ja niiden jaksollisuutta voidaan verrata vastaavien murtolukujen $1/s$ jaksollisuuksiin: Molempien jaksot ovat yhtä pitkiä (todistus on kotitehtävä 1), mutta kertoimilla voi tapahtua pelkkä merkinvaihto puolivälissä, jolloin jakson pituus on siis parillinen². Jos lopun ykkönen ei toistu kertoimissa, sitä ei tee myöskään alun nolla vastaavassa murtoluvussa (todistus on kotitehtävä 2).

Luvusta $s = 20$ alkaen löytyy valitettavasti lukuja r , joille menetelmä on hyödytön, koska se ei pienennä alkuperäistä lukua. Esimerkiksi

² Vrt. Midyn Lause.

<i>s</i>	<i>r:n numeroiden painotetut kertoimet</i>	<i>Laajennetun Chican testin kerroin</i>	
		<i>1 viim. numero</i>	<i>2 viim. numeroa</i>
2	...,0,0,0,1	Puuttuu	Puuttuu
3	...,1,1,1,1	1,-2,4,-5,7,-8,10,-11,...	1,-2,4,-5,7,-8,10,-11,...
4	...,0,0,0,2,1	Puuttuu	Puuttuu
5	...,0,0,0,1	Puuttuu	Puuttuu
6	...,2,-2,-2,+1	Puuttuu	Puuttuu
7	...,2,3,1,-2,-3,-1,2,3,1	-2,5,-9,12,-16,19,-23,26,...	-3,4,-10,11,-17,18,-24,25,...
8	...,0,0,0,4,2,1	Puuttuu	Puuttuu
9	...,1,1,1,1	1,-8,10,-17,19,-26,28,-35,...	1,-8,10,-17,19,-26,28,-35,...
10	...,0,0,0,1	Puuttuu	Puuttuu
11	...,1,-1,+1,-1,+1	-1,10,-12,21,-23,32,-34,43,...	1,-10,12,-21,23,-32,34,-43,...
12	...,4,4,4,-2,1	Puuttuu	Puuttuu
13	...,1,-4,-3,1,4,3,-1,-4,-3,1	4,-9,17,-22,30,-35,43,-48,...	3,-10,16,-23,29,-36,42,-49,...
14	...,2,-4,-6,-2,4,6,2,-4,1	Puuttuu	Puuttuu
15	...,5,-5,-5,1 (tai ...,10,10,10,1)	Puuttuu	Puuttuu
16	...,0,0,0,8,4,-6,1	Puuttuu	Puuttuu
17	...,2,7,-1,5,-8,6,4,-3,-2,-7,1	-5,12,-22,29,-39,46,-56,63,...	8,-9,25,-26,42,-43,59,-60,...
18	...,8,-8,-8,1 (tai ...,10,10,10,1)	Puuttuu	Puuttuu
19	...,5,9,-1,-2,-4,-8,3,6,-7,5,-9,1	2,-17,21,-36,40,-55,59,-74,...	4,-15,23,-34,42,-53,61,-72,...
20	...,0,0,10,1	Puuttuu	Puuttuu
21	...,10,1,-2,4,-8,-5,10,1	-2,19,-23,40,-44,61,-65,82,...	4,-17,25,-38,46,-59,67,-80,...
22	...,10,10,-10,10,1	Puuttuu	Puuttuu
23	...,8,-10,-1,-7,-3,2,-9,6,-4,-5,11,8,10,1	7,-16,30,-39,53,-62,76,-85,...	3,-20,26,-43,49,-66,72,-89,...

Taulukko 1: Numeroiden painotetun summan ja laajennetun Chican testin yhden ja kahden viimeisen numeron kertoimia tapauksille $s = 2 \dots 23$.

(Kotitehtävä 3: Mikä on pienin luku s , jolla painotettujen kertoimien menetelmä on hyödytön kaikille luvuille r ?)

$$r = 42 \rightarrow 4 \cdot 10 + 2 \cdot 1 = 42.$$

Listauksia eri jaollisuussäännöistä lukujen s suuruusjärjestyksessä löytyy esimerkiksi Wikipediasta [1]. Ahuja & Bruening ovat myös kirjoittaneet lyhyen artikkelin eri jaollisuussääntöjen historiasta [2].

NIGERIALAISPOJAN JAOLLISUUSSÄÄNTÖ VUODELTA 2019

Yhden uusimmista jaollisuussäännöistä keksi 12-vuotias nigerialainen koulupoika Chika Ofili vuonna 2019. Säännöstä käytetään usein englanninkielessä nimitystä etunimen mukaan Chika's test. Asiasta uutisoitiin maailmanlaajuisesti ja Suomessakin useissa sanomalehdissä, sekä keskusteltiin runsaasti myös some-kanavilla. Tämäkin kirjoitus sai alkunsa allekirjoittaneiden keskusteluista Rakastan matemaatiikkaa -Facebook-ryhmässä 2020. On kuitenkin myös huomautettu, että vastaavantapainen jaollisuussääntö on julkaistu aiemmin esimerkiksi intialaisessa oppikirjassa Vedic Mathematics [3].

Chikan jaollisuustesti luvulle 7 kuuluu näin: Otetaan tutkittavan kokonaisluvun viimeinen numero pois, kerrotaan se viidellä ja ynnätään saatu uusi luku alkuperäisen luvun jäljellä olevaan osaan, jolloin saadaan uusi luku. Jos ja vain jos tämä uusi luku on jaollinen 7:llä on alkuperäinenkin luku jaollinen 7:llä. Tarvittaessa toimenpide toistetaan.

Eli kyseessä on iteratiivinen sääntö, jolla alkuperäisen luvun pituutta lyhennetään joka kierroksella (yleensä) yhdellä numerolla, kunnes päästään helposti tarkistettavaan kahteen numeroon. Esimerkiksi $315 \rightarrow 31+5 \cdot 5 = 56 \rightarrow$

$5+6 \cdot 5 = 35 \rightarrow 3+5 \cdot 5 = 28 \rightarrow 2+8 \cdot 5 = 42 \rightarrow 4+2 \cdot 5 = 14 \rightarrow 1+4 \cdot 5 = 21 \rightarrow 2+1 \cdot 5 = 7$, eli alkuperäinen luku on 7:llä jaollinen. Käytännössä riittää pysähtyä kaksinumeroiseen lukuun. Kysymys siitä saavuttaako 7:llä jaollinen lukujono aina luvun 7 muistuttaa hieman Collatzin konjektuuria, mutta tässä se on helppoa todeta käymällä läpi luvut 14, 21, ..., 98. Myös jokainen 7:llä jaoton lukujono saavuttaa ennenpitkää kaksinumeroisen luvun, ja päättyy lopulta muuhun yksinumeroiseen lukuun kuin 7: Riittää käydä läpi 7:llä jaottomat luvut 100, 101, ..., 999 ja 10, 11, ..., 99; esimerkiksi $551 \rightarrow 55+1 \cdot 5=60 \rightarrow 6+0 \cdot 5=6$. (Kotitehtävä 4: Tarkista edellisen virkkeen oikeellisuus. Kotitehtävä 5: Yleisemmin, sisältyykö jokainen n -numeroisen luku johonkin yllämainittuun lukujonoon, kun lähdetään liikkeelle $n+1$ -numeroisista luvuista ja ilmeneekö näiden välillä säännönmukaisuuksia, $n = 1, 2, \dots$?).

PITKÄ JA LYHYT TODISTUS

Tälle Ofilin säännölle (eli Chikan testille) on esitetty internetissä useita todistuksia ja se voisi olla myös hyvä harjoitustehtävä lukiolaisille. Tässä toisen allekirjoittaneen (Peltosen) esittämä todistus, josta Facebook-ryhmän keskustelu sai alkunsa:

Alkuperäinen kokonaisluku voidaan aina kirjoittaa muotoon $a = 10(7m + n) + p$, missä m, n ja p ovat positiivisia kokonaislukuja. Jako 7:llä antaa $a/7 = 10m + (10n + p)/7$. Vastaavasti uusi luku on täten

$$b = 7m + n + 5p.$$

Jako 7:llä antaa $b/7 = m + (n + 5p)/7$, missä $m \in \mathbb{N}, n \in \{0, 1, \dots, 6\}$ ja $p \in 0, 1, \dots, 9$. Alkuperäinen luku a ja uusi luku b ovat siis samaan aikaan 7:llä jaollisia jos ja vain jos luvut $10n + p$ ja $n + 5p$ ovat samaan aikaan 7:llä jaollisia. Oletetaan ensin, että $10n + p$ on 7:llä jaollinen. Tiedetään, että $0 \leq 10n + p \leq 69$,

joten riittää tarkastella seuraavat 10 tapausta $10n + p = 0, 7, \dots, 63$.

Esimerkiksi $10n + p = 21$ antaa $n = 2$ ja $p = 1$, josta $n + 5p = 2 + 5 = 7$, eli $n + 5p$ on 7:llä jaollinen. Vastaavasti muut 9 tapausta. Oletetaan sitten toisin päin, että $n + 5p$ on 7:llä jaollinen. Tiedetään, että $0 \leq n + 5p \leq 51$, joten riittää tarkastella 8 tapausta. Esimerkiksi $n + 5p = 35$ antaa $(n, p) = (0, 7), (5, 6)$, jolloin $10n + p$ on vastaavasti 7 tai 56, molemmat 7:llä jaollisia. Vastaavasti muut 7 tapausta (kotitehtävä 6). Joten $10n + p$ on 7:llä jaollinen jos ja vain jos $n + 5p$ on 7:llä jaollinen. Joten alkuperäinen luku a on 7:llä jaollinen jos ja vain jos uusi luku b on 7:llä jaollinen. M.o.t.

Tähän todistukseen toinen allekirjoittaneista (Jämsä) esitti kommenttina lyhyemmän todistuksen: Jaollisuussääntö perustuu yksinkertaisesti siihen, että kun kokonaislukuun a lisätään $49n$ (n on kokonaisluku), niin summan $b = a + 49n = a + 50n - n$ jaollisuus (tai jaottomuus) 7:lla säilyy. Kun n on luvun a viimeinen numero, luvun b viimeiseksi numeroksi tulee nolla. Voidaan siis jakaa kymmenellä. Seuraavassa kommentissa Peltonen totesi, että Jämsän todistuksen voi esittää muodollisesti näin:

Alkuperäinen luku $a = 10p + q$ on 7:llä jaollinen jos ja vain jos

$$a + 7 \cdot 7q = 10p + q + 49q = 10p + 50q$$

on 7:llä jaollinen. Tämä jaollisuus on yhtäpitävää sen kanssa, että uusi luku $b = p + 5q$ on 7:llä jaollinen. M.o.t.

LYHYEN TODISTUKSEN LAAJENNUS

Seuraavaksi Peltonen totesi, että Jämsän todistuksen voi helposti muokata muillekin luvuille kuin 7, kuten luvulle $s = 11$:

Luku $a = 10p + q$ on 11:lla jaollinen
 $\Leftrightarrow a - 11q = 10p - 10q$ on 11:lla jaollinen
 $\Leftrightarrow b = p - q$ on 11:lla jaollinen.

Tässä sääntö on siis (lyhennettynä) "vähennetään jäljellä olevasta luvusta viimeinen luku".

Tai: Luku $a = 10p + q$ on 11:llä jaollinen
 $\Leftrightarrow a + 99q = 10p + 100q$ on 11:llä jaollinen
 $\Leftrightarrow b = p + 10q$ on 11:llä jaollinen.

Tässä siis "lisätään jäljellä olevaan lukuun 10 kertaa viimeinen luku".

Siten myös tapaukselle $s = 7$ saadaan helppompi jaollisuussääntö negatiivisella kertoimella:

Luku $a = 10p + q$ on 7:lla jaollinen
 $\Leftrightarrow a - 21q = 10p - 20q$ on 7:lla jaollinen
 $\Leftrightarrow b = p - 2q$ on 7:llä jaollinen.

Eli 7:n muunneltu jaollisuussääntö kuuluisi: "Otetaan tutkittavan kokonaisluvun viimeinen numero, kerrotaan se kahdella ja vähennetään saatu uusi luku alkuperäisen luvun jäljellä olevasta osasta, jolloin saadaan uusi luku. Tämä uusi luku on jaollinen 7:llä jos ja vain jos alkuperäinenkin luku on jaollinen 7:llä."

Vastaavasti voidaan tarkastella myös kahta viimeistä numeroa, esimerkiksi tapauksessa $s = 11$:

Luku $a = 100p + q$ on 11:llä jaollinen
 $\Leftrightarrow a + 11 \cdot 9q = 100p + 100q$ on 11:llä jaollinen
 $\Leftrightarrow b = p + q$ on 11:llä jaollinen.

Tässä alkuperäisen luvun pituutta on lyhennetty kahdella numerolla ja luvun 11 säännöksi muodostuu "lisätään jäljellä olevaan lukuun lopusta poistettu kaksinumeroinen luku".

Samoin tapauksessa $s = 7$:

Luku $a = 100p + q$ on 7:llä jaollinen
 $\Leftrightarrow a + 7 \cdot 57q = 100p + 400q$ on 7:llä jaollinen
 $\Leftrightarrow b = p + 4q$ on 7:llä jaollinen.

Eli luvun 7 säännöksi muodostuu “lisätään jäljellä olevaan lukuun lopusta poistettu kaksinumeroisen luku kerrottuna neljällä”.

Taulukon 1 kolmanteen sarakkeeseen on koottu yhden ja kahden viimeisen numeron joitakin itseisarvoltaan pienimpiä vaihtoehtoisia kertoimia luvuille $s = 2, 3, \dots, 23$. Esimerkiksi, jos halutaan testata onko 5311 jaollinen 17:llä, valitaan taulukosta ensin vaikka -22 ja sitten vaikka -5, jolloin saadaan lukujono $5311 \rightarrow 531 - 22 \cdot 1 = 509 \rightarrow 50 - 5 \cdot 9 = 5$, joten 5311 ei ole 17:llä jaollinen. Kullakin askeleella käytetään siis Chican laajennetussa testissä yhtä kerrointa, mutta numeroiden painotetussa summassa montaa kerrointa.

Todistusten ja niistä saatavien kertoimien yleistämiseen voi käyttää näitä ohjeita:

1. Yhden viimeisen luvun poistamisessa todistuksen toisella rivillä alkuperäiseen lukuun a lisätään q kertaa jokin seuraavista luvuista: $\dots, -101, -91, \dots, -21, -11, 9, 19, \dots, 99, 109, \dots$. Luku valitaan niin, että se on s :llä jaollinen. Näitä löytyy yleensä rajaton määrä. Esimerkiksi tapauksessa $s = 3$ itseisarvoltaan enintään 10 olevia kertoimiakin löytyy jo 7 kpl. (Kotitehtävä 7: Todista, että pienimmän positiivisen ja ja negatiivisen kerroinparin itseisarvojen summa on aina s . Mitä sääntöä sitä seuraavat kerroinparit noudattavat?)

2. Yleisesti luvun s iteratiivinen jaollisuussäännön todistussapluuna näyttäisi siis tältä:

Luku $a = 10p + q$ on s :llä jaollinen

$$\Leftrightarrow a \pm ksq = 10p \pm n10q \text{ on } s\text{:llä jaollinen.}$$

$$\Leftrightarrow b = p \pm nq \text{ on } s\text{:llä jaollinen}$$

3. Tällä tavoin voidaan siis luoda iteratiivisia jaollisuussäntöjä mille tahansa luvulle $s \neq k2^i5^j (i, j, k \in \mathbb{Z}_+)$ siten, että alkuperäinen luku lyhenee loppupäästä halutulla määrällä numeroita. Kannattaa yleensä valita pienin positiivinen tai suurehko negatiivinen kerroin siten, että $|b| < |a|$.

KONGRUENSSIARITMEETTISIA HUOMAUTUKSIA

Käyttämällä modulo-työkalua yllä kuvatut johtamiset voidaan suorittaa hieman lyhyemmin. Yleisesti luvun s laajennettu Ofilin iteratiivinen jaollisuussääntö näyttäisi siis tältä:

Luku $a = 10p + q$ on s :llä jaollinen

$$\Leftrightarrow a + ksq = 10p + q \pm ksq = 10p + 10nq,$$

jollain kokonaisluvulla n , on luvulla s jaollinen.

Tutkimme luvun $a = 10p + q$ jaollisuutta erityisesti luvulla $s = 10u + v; v \in 1, 3, 7, 9$. Aina voidaan muodostaa kymmenellä jaollinen luku $(a \pm ksq) = 10nq = 10b$ sopivalla luvun k valinnalla, jolloin uuden luvun b numeromäärä on yleensä pienempi kuin luvun a . Tarkasteleva luku lyhenee näin iteratiivisesti joka kerta, kunnes lisättävä tai vähennettävä luku ksq on samaa suuruusluokkaa kuin jo lyhennetty luku. Lisättävässä tai vähennettävässä luvussa ksq on kertoimena jakaja s , eli jaollisuus tai jaottomuus luvulla s ei muutu luvun a lyhentyessä luvuksi b .

Käsitlemme asiaa kokonaislukuavaruudessa, joka sisältää myös negatiiviset luvut.

Kongruenssi $x \equiv y \pmod{10}$ tarkoittaa, että luku $x - y$ on jaollinen luvulla kymmenen. Luvut x ja y kuuluvat tällöin keskenään samaan jäännösluokkaan kymmenellä jakamiseen suhteen. Merkinnässämme, kuten $9 \equiv -1 \pmod{10}$, otamme kuitenkin huomioon myös negatiiviset luvut.

Jakajaluku $s = 10u + v$ määrittelee luvulla v luvun $k = k(v)$ mahdollisia arvoja. Luku k voi olla myös negatiivinen. Tarkastelemme tulojen ks jakojäännöksiä kymmenellä jakamisen suhteen. Luvut k muodostetaan kaavoilla

$$k = v, k = -v, k = 10 - v \text{ tai } k = v - 10.$$

Jos v kuuluu joukkoon $\{1,3,7,9\}$ ja k kuuluu joukkoon $\{v, -v, 10 - v, v - 10\}$, niin aina jompikumpi kongruenssi, $kv \equiv 1$ tai $kv \equiv 9$, pätee. Tämä todetaan seuraavan lauseen todistuksessa. Allaolevaan taulukkoon 2 on laitettu k :n arvot väliltä $-5 < k < 5$, jolloin ku on itseisarvoltaan yleensä pienempi, ja taulukkoon 3 k :n arvot väliltä $5 < |k| < 10$.

Taulukossa on myös laskettuna luvut $ks = 10ku + kv$ ja sen jäännösluokka. Kullakin v ovat molemmat jäännösluokat $ks \equiv 1 \pmod{10}$ ja $ks \equiv 9 \pmod{10}$ saatavil-

la ja tämä riittää hyvin luvun a numeromäärän lyhentämiseen.

Taulukoissa 2 ja 3 ovat valittuina kertoimet $k = v, k = -v, k = 10 - v$ ja $k = v - 10$. Havaitaan, että olkoonpa v mikä tahansa joukon $\{1,3,7,9\}$ luku, niin kullakin luvun k valinnalla on kumpi tahansa jakojäännös, $ks = 1$ tai $ks = 9$, saatavilla. Jakojäännös määrää sen, onko luku ksq lisättävä vai vähennettävä luvusta a . Edelläkäyty asia on alla lauseen muodossa.

v	k	kv	$ks = 10ku + kv \pmod{10}$
1	1	1	1
1	-1	-1	9
3	3	9	9
3	-3	-9	1
7	3	21	1
7	-3	-21	9
9	-1	-1	9
9	1	1	1

Taulukko 2

v	k	kv	$ks = 10ku + kv \pmod{10}$
1	9	9	9
1	-9	-9	1
3	7	21	1
3	-7	-21	9
7	7	49	9
7	-7	-49	1
9	9	81	9
9	-9	-81	1

Taulukko 3

Lause Olkoon jaettava luku $a = 10p + q$. Olkoon $s = 10u + v$, missä $v = 1, 3, 7$, tai 9 .

Olkoon $k \in \{v, -v, 10 - v, v - 10\}$. Näillä oletuksilla $kv \equiv ks \equiv \pm 1 \pmod{10}$.

Tällöin pätevät väitteet:

a) Jos $kv \equiv ks \equiv 1 \pmod{10}$, niin $a = 10p + q$ on luvulla s jaollinen silloin ja vain silloin kun $a - ksq$ on s :llä jaollinen.

b) Jos kongruenssi $kv \equiv ks \equiv -1 \pmod{10}$ on voimassa, niin $a = 10p + q$ on luvulla s jaollinen silloin ja vain silloin kun $a + ksq$ on s :llä jaollinen.

Todistus:

Koska on $ks = k(10u + v) = 10ku + kv$, niin on $kv \equiv ks \pmod{10}$.

Koska luku $k \in \{v, -v, 10 - v, v - 10\}$, niin $kv \in \{v^2, -v^2, 10v - v^2, v^2 - 10v\}$. Koska $v^2 = 1, 9, 49$ tai 81 , on $v^2 \equiv \pm 1 \pmod{10}$, ja näin ollen on $kv \equiv \pm 1 \pmod{10}$.

Osoitetaan oikeaksi vielä väitteet a) ja b)

a) Luku $q(1 - ks)$ on kymmenellä jaollinen ehdon a) kongruenssin $ks \equiv 1$ perusteella. Siksi myös

$a - ksq = 10p + q - ksq = 10p + q(1 - ks)$ on jaollinen kymmenellä.

b) Luku $q(1 + ks)$ on kymmenellä jaollinen ehdon b) kongruenssin $ks \equiv -1$ perusteella. Siksi myös

$a + ksq = 10p + q + ksq = 10p + q(1 + ks)$ on jaollinen kymmenellä.

Molemmissa tapauksissa, a) ja b) siis lause pätee $k = v, -v, 10 - v, v - 10$. M.o.t.

LOPPUKOMMENTTI

Aika näyttää onko Chican testistä ja tässä kuvatasta sen laajennuksesta hyötyä esimerkiksi alkulukujen testaamisessa ja löytämisessä nopeampien algoritmien muodossa, lukuteorian kehittämisessä yleisemmin tai matematiikan pedagogiikassa. Vai onko kyseessä vain pieni marginaalihuomautus lukuteoriaan. Jos menetelmää verrataan luvun r numeroiden painotetuihin summiin, Chican laajennetun testin etuna on toimivuus myös isoilla kokonaisluvuilla s , vaikka onkin pienillä s hitaammin iteroitava menetelmä. Kuten useimmat jaollisuustestit, molemmat menetelmät ovat kuitenkin käyttökelpoisia käsinlaskennassa.

VIITTEET

[1] Wikipedian artikkeli jaollosuudesta: https://en.wikipedia.org/wiki/Divisibility_rule (3.9.2024)

[2] Ahuja & Bruening, *A Survey of Divisibility Tests with a Historical Perspective*. Bull. Malaysian Math. Soc. (Second Series) 22 (1999) 35-43.

[3] Tirtha, Swami Bharati Krishna, and Vasudeva Sharana Agrawala. *Vedic mathematics*. Vol. 10. Motilal Banarsidass Publishing House, 1992.

MATEMATIIKAN PÄIVÄT 2026

Eleferios Soultanis

Akatemiatutkija, Jyväskylän Yliopisto

Matematiikan päivät järjestettiin 8. ja 9. tammikuuta (torstai ja perjantai) 2026 Jyväskylän yliopistossa (JYU). Tämä Suomen matemaattisen yhdistyksen (SMY) joka toinen vuosi järjestämän tapahtuman tarkoituksena on kerätä yhteen matematiikan piirissä toimivia ihmisiä kattavasti kaikilta niiltä aloilta, jotka suomessa ovat edustettuina — sekä puhtailta, sovelletuilta, kaupallisilta, että pedagogisilta.

YLEISTÄ

Tapahtumapaikkana oli Alvar Aallon suunnittelema Jyväskylän yliopiston päärakennus, jonka kauniissa puitteissa nautittiin tapahtuman pääesitelmät, kahvitauot, ja osa paralleelisessioista. Jälkimmäisiä oli lisäksi viereisessä Seminariumissa, joka on yksi seminaarinmäen kampuksen vanhimmista rakennuksista.

Tapahtuma oli edellisvuosien tapaan hyvähenkinen ja onnistunut. Osanottajia oli lähes 200, joukossa sekä nuoria että varttuneempia, ja edustettujen alojen kirjo oli suuri. Pääesitelmää oli kuusi, paralleelisessioita 13, ja kahvitaukoja neljä. Lisäksi tänä vuonna SMY järjesti paneelikeskustelun teemalla *teknologia ja matematiikka*. Erityistä kiitosta osallistujilta tuli väljästä aikataulusta ja hyvästä aulatilasta, jotka mahdollistivat vapaan keskustelun ja tutkimustapaamiset.

Vierailla oli torstaina myös mahdollisuus osallistua illalliselle Jyväsjärven rannalla sijaitsevassa ravintola *Viiussa*, johon ilahduttavan moni ottikin osaa, luoden näin lämpimän yhteisöllisen ilmapiirin.

Tapahtuman loppuhuipeuksiensa jaettiin SMY:n *matematiikkapalkinto* erityisen ansioituneesta suomalaisen matematiikan opetuksen, tutkimuksen, tai kansantajuistamisen edistämisestä.

Seuraavat matematiikan päivät on tarkoitus järjestää 2028 Lappeenrannassa.

PÄÄESITELMÄT JA PANEELIKESKUSTELU

Pääesitelmää oli yllä mainitun mukaisesti kuusi. Esiintymisjärjestyksessä puhujat olivat

8.1: **Toni Annala** (Motives),

8.1: **Susanna Heikkilä** (Quasiregular ellipticity and topological obstructions),

8.1: **Timo Hänninen** (Sparse versus packable sets),

9.1: **Toni Karvonen** (Trapezoidal rule),

9.1: **Maryam Samavaki** (From Mathematics to Neuroscience: Modelling Fluid Dynamics and Neurovascular Coupling in Epilepsy), sekä

9.1: **Joni Teräväinen** (Patterns in prime factors).

Näiden erinomaisten esitelmien lisäksi yleisö sai nauttia — ja osallistua — paneelikeskusteluun teknologian matematiikalle tuomista haasteista ja mahdollisuuksista. Keskustelu keskittyi erityisesti AI:n (Artificial Intelligence) rooliin matematiikassa nyt ja tulevaisuudessa. Panelisteina olivat (aakkosjärjestyksessä) **Aleksis Koski** (Aalto), **Tuomo Kuusi** (HY), **Riikka Schroderus** (RELEX Solutions), ja **Heli Virtanen** (HY). Keskustelua moderoi SMY:n puheenjohtaja **Pekka Pankka** (HY).

PARALLEELISESSIOT

Tämänkertaisilla matematiikan päivillä oli yhteensä 13 paralleelisessiota, joissa oli kaiken kaikkiaan 60 esitelmää ja kaksi “*ongelmasessiota*”. Puhujisto koostui sekä kokeneista että nuorista, uransa alkuvaiheessa olevista matemaatikoista. Paralleelisessioiden teemat olivat

8.1: *Nuorten tutkijoiden sessio, Lukuteoria, Integraaligeometria, ODYt, Algebrallinen & kombinatorinen koodausteoria;*

9.1: *Logiikka, Geometrinen analyysi, Inversio-ongelmat,, Fraktaaligeometria, Matemaattinen fysiikka, Funktionaalianalyysi & operaattoriteoria, Matematiikan opetus, sekä Miksi matematiikka ei kiinnosta?*

Mainittakoon se erityisen rohkaiseva seikka, että nuoria tutkijoita oli paljon muuallakin kuin

vain nuorten tutkijoiden sessiossa — sekä puhujina, että sessiojärjestäjinä. Lisäksi monia tuntui kiinnostavan miksi matematiikka ei kiinnosta, jopa niin paljon, että sessiolle varattu huone uhkasi käydä liian pieneksi.

SMY:N MATEMATIIKKAPALKINTO

Vuoden 2026 SMY:n matematiikkapalkinnon sai **Ville Tilvis** (Maunulan matematiikkalukion linjanjohtaja), joka osana opetus- ja kulttuuriministeriön myöntämää matematiikan opetuksen valtakunnallista kehittämistehtävää *Harp-pia* johti useita matematiikan valtakunnallista näkyvyyttä lisänneitä hankkeita. Erityisesti palkinto myönnettiin *Pitkän matematiikan lisävuista*, Tilviksen työryhmineen kirjoittamasta kuuden kirjan sarjasta, joka syventää lukion pitkän matematiikan oppimäärää. Kirjat ovat avoimessa jakelussa ja antavat lukiolaisille täten oivan tilaisuuden nähdä vilaus lukiomatematiikan tuolle puolen, matematiikan modernin tutkimuksen perusteisiin ja korkeamman matematiikan ihmeelliseen maailmaan.

JÄRJESTÄJÄT JA RAHOITUS

Jyväskylän matematiikan päivien paikallisina järjestäjinä toimivat **Tapio Rajala**, **Katrin Fässler**, **Elefterios Soultanis**, **Kai Rajala**, sekä **Joonas Ilmavirta**. Tapahtuman rahoitukseen osallistuivat JYU sekä *Matematiikan rahasto*, joita haluamme lämpimästi kiittää.

AKATEMIAN JALKAVÄKI: KÄRSIMYSBLOGI: OPETUKSIA RAKKAUDESTA LA- JIIN

Juha Tiihonen³

Tutkijatohtori, Tampereen Yliopisto

Kuulin itse asiasta ensimmäisen kerran pari kuukautta sitten yliopisto-opettajien kahvihuoneessa tutkijakollegani tokaistessa Akatemian Jalkaväestä: *Kärsimysblogi*.

Hämmennyin. Mitäs tämä nyt oikein tarkoitti? Kommentoiko hän jotain tiettyä kirjoitusta, omia kirjoituksiani, vaiko aihetta niin sanotusti yleisellä tasolla? Kaipa täällä joku joskus on jostain valittanut. Kuin ajatukseni lukien hän täsmensi: jos kaikki on pelkkää kärsimystä, niin onkohan silloin oikeassa työssä?

Meinasin alunperin kirjoittaa tekstin, jossa kysymys jää pyörimään päähän, loukkaannun ajan hengessä melko tahattomasta vihjauksesta, pyörittelen ammatinvalintaani joka kulmasta ja väännän kokonaisuuden ylevään loppuratkaisuun, jossa kärsimys on väärinkäsitys ja oikeasti rakastan työtäni tutkijana.

Jospa palataan sittenkin ajassa takaisin syksyyn ja siihen, miksi oikeastaan olin opettajien kahvihuoneessa sinä kohtalon iltapäivänä. Olin kesällä ilmoittautunut assariksi fysiikan peruskurssille, koska se kuuluu asiaan. Tampereen yliopistossa (ja kaiketi muuallakin) tutkijatohtorin työsopimukseen ja -suunnitelmaan kuu-

luu virallisesti 5% eli noin 80 tuntia *opetus-taakkaa* vuodessa. Tämä merkitsee suurin piirtein 6 tuntia viikossa laskareiden pitämistä yhden periodin ajan, jos sopiva kurssi löytyy.

Ja minullehan löytyy, sillä kuulun Fotoniikan tutkijakunnassa sorrettuun vähemmistöön eli suomea puhuviin fyysikoihin.

Itse toki pidän opetuksesta, koska saan päteä ja muiden on pakko kuunnella. Tein jo nuorena väitöskirjatutkijana paljon assarointia, koska silloin siitä sai vielä enemmän rahaa kuin rahoittajilta.

Silti edellisestä kerrasta oli kohtalainen kuuden vuoden tauko ja meinasi vähän jännittääkin: osaanko enää puhua fukseille? Tai *yappaa*, mitä lie. Mitä jos ne vaan häröilee koko laskarien ajan tai pitää tylsänä? Ja mikä dokumenttikamera?

Se oli oikeasti positiivista, energisoivaa jännitystä. Samaan tapaan kuin konferensseissa täytyy välillä ulostautua omasta siilosta ja altistua kansalaisille, tarkistuttaa osaaminen ja ideat, tuntea olevansa osa jotain suurempaa.

Perustutukimuksen rinnalla opetus on välitöntä ja konkreettista: opiskelijat kyselevät, äimiste-

³ Kirjoitus on julkaistu ensimmäistä kertaa osana Akatemian jalkaväki blogia: <https://akatemianjalkavaki.fi/2025/11/30/karsimysblogi-opetuksia-rakkaudesta-lajiin/>. Kirjoitusta on editoitu uudelleen.

levät, nauravat ja oppivat. Jos polkuintegraalien tuhkista ei nousekaan feeniksin lailla uutta Nokiana, niin ainakin joku fuksi muistaa sen sateisen syyspäivän, kun assari myöntyi runnomaan kaikki tehtävät kerralla taululle, jotta ehdittäisiin ajoissa Approon.

Ihan hyvin se siis käynnistyi, ja parin viikon jälkeen sujui kuin vettä vain.

Normaali arkeni pyörii etätöiden merkeissä, joka on pienten lasten taloudessa välitöntä ja konkreettista ilman opetuksiakin. Opetusten vuoksi aloin kuitenkin reissata Tampereelle viikottain ja yöpymäänkin välissä. Kärsimysbloggaaja huomauttaisi tässä kohtaa maksavansa ekstraa siitä, että saa tehdä työtänsä ja vielä epäinhimillisissä oloissa: Jyväskylästä Tampereelle on kahdeksan tunnelia. Ah ja voi!

Rikkautta on kuitenkin tietää mitä itse tarvitsee. Opetusten varjolla pääsin näkemään vanhoja Tampereen kavereitani: yökylässä Juha Tiuhonen. Syksyn aikana ehdin käydä mm. Veisun päiväkodilla, Spiikkarin siivillä, Tohlopin tynnyrisaunalla, Pyhäjärven aamu-uinnilla ja Pispalanharjun maisemareitillä. Milloin heräsin vinttikomerosta ja milloin leikkimökistä, mutta aamupalaa, nahkahousuja ja laaturomia oli aina sopivasti tarjolla. Kiitos kaikille vieraanvaraisuudesta! Nääs.

Taakka kääntyi siten hyväksi seikkailuksi (jonka lasku lankesi vaimolleni, mutta sellaista elämä on). Harmi, että viikot loppuivat kesken. Ja kuinka sattuikaan: Tampereen Fysiikan laitokselle aukesi haku yliopisto-opettajan pestiin. Vakituinen pesti, tuo tutkijan märkä päiväni.

Laitoin paperit sisään – ja sain kutsun haastattelukierrokselle! Se oli yllättävä saavutus jo

sikäli, ettei minulla ole pätevyyttä eikä assarointia kummempaa kokemusta tai meriittejä opetuksen saralla. Tämä taas johtuu siitä, etten ole ikinä harkinnutkaan päätoimista opetusta vaan tutkimusta, aina tutkimusta.

Nyt se muuttui ja syksyn opetushuuma sai pääni pyörälle. Muutaman viikon ajan ennen haastattelua makustelin vaihtoehtoja: Monenako päivänä viikossa kävisin Pyhäjärven aamu-uinnilla? Mitä laitan päälleni isoon luentosaliin? Ei enää takkuja, ei enää pakonomaisia rahoitushakuja, ei enää kärsimystä! Mitä maksaa yksiö Pohjois-Hervannasta?

Näissä mietteissä törmäsin opettajien kahvihuoneelle, sillä halusin jututtaa kollegoitani yliopisto-opettajan työstä. ”Jos kaikki on pelkkää kärsimystä, niin onkohan silloin oikeassa työssä?”. No niinpä hei!

Ote nykyisistä projekteista, tutkimussuunnitelmista ja yhteistyökumppaneista alkoi kirvoita. Mitä minä enää julkaisuilla, jos minusta tulee opettaja? Mutta tuleeko?

Haastattelu tuli ja meni. Myös pesti meni jollekulle toiselle. No hei, eihän minulla ollut edes pätevyyttä.

Tunsin helpotusta. Ei sittenkään kahdeksaa tunnelia. Saisin sittenkin pitää oman tutkimukseni, jonka eteen olen tehnyt työtä ja kärsinyt. Haastattelusta sain kermat päältä: vapautuksen jossittelusta, opetusnäytteen dosentuuria varten, ja uuden mehukkaan Kärsimystarinan.

Mihinkäs tiikeri raidoistaan?

PIKKU-PINKKU © P. Karanko

Valitettavasti kaikki muuttin kryptografiset työkalut nojaavat oletuksiin, joita kukaan tuskin onnistuu todistamaan lähitulevaisuudessa.

mm. näennäissatunnaisluku generattori, tiiviste ...

Aika paljon oletuksia...

Aivan!

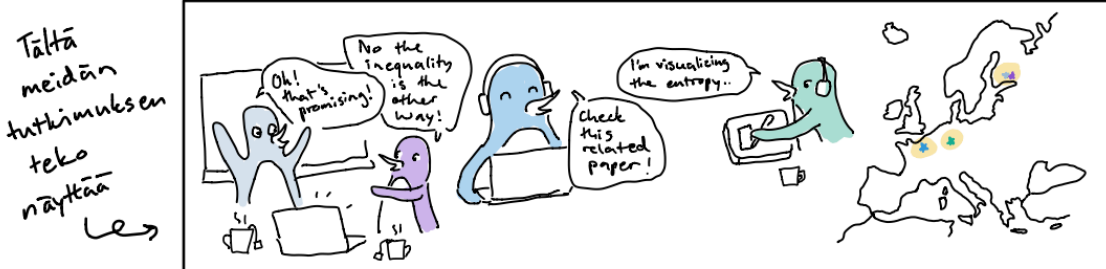
Ja siksi me teoretikot tutkimme mitkä oletukset ovat välttämättömiä. Osan työkaluista voi onneksi rakentaa toisista työkaluista, jolloin yhdestä oletuksesta saadaan useita hyödyllisiä työkaluja!

Mistä pääsemmekin ensimmäiseen artikkeliini!

Hihi.. Nyt aletaan kai lähestyä sitä väitettä..

On Derandomizing Yao's Weak-to-Strong OWF Construction
 Chris Brzuska, Geoffroy Couteau, Pihla Karanko, Felix Rohrbach

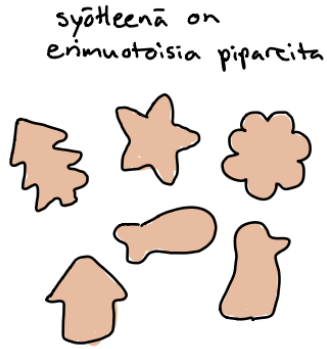
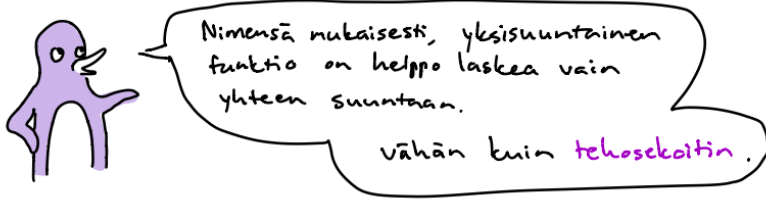
kirjoittajat ilmoitetaan kryptografiassa aina aakkosjärjestyksessä



Tältä meidän tutkimuksen teko näyttää

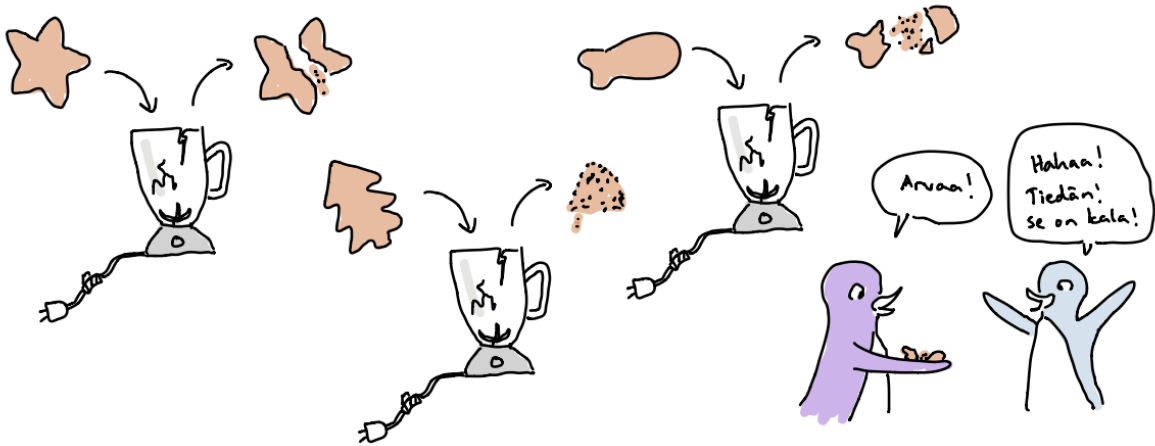
yksi-suuntainen funktio = one-way function (owf) on yksi yksinkertaisimmista kryptografian työkaluista.

Ja kuitenkin se on riittävä oletus tosi monen muun työkalun (mm. salaus, näennäissatunnaisluvut...)!



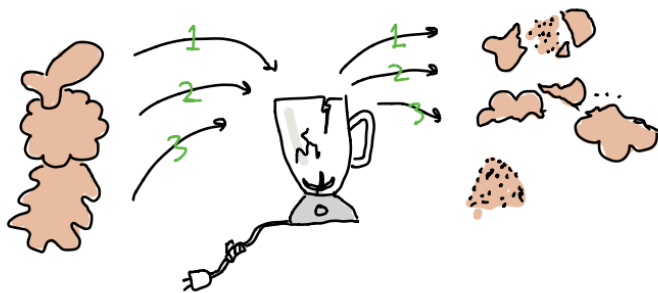
Heikko yksisuuntainen funktio on vaikea laskea takaisinpäin vain osalle syötteistä

Vähän kuin **rikkinäinen tehosekoitin**



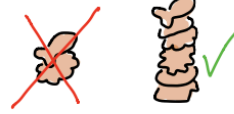
Yhön idea:

jos yksittäisten piparien sijaan otetaan piparipinoja, niin sitten oikea pino on vaikea päätellä, vaikka käytettäisiin rikkinäistä tehosekoitinta



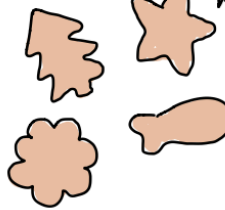


Pinojen täytyy olla riittävän korkeita, jotta ainakin yksi pipari murskaantuu kunnolla suurella todennäköisyydellä.



Artikkelissa me tutkimme paljon eri muotoja tarvitaan ja kuinka korkeita pinojen täytyy olla. (vähän yksintertaista)

Jos kaikissa pinoissa on vain muutamaa muotoa...



.. arvaaminen on helpompaa

Tämä oli päälinäinen, sitten tämä ja pohjalla tämä. Arvaa!



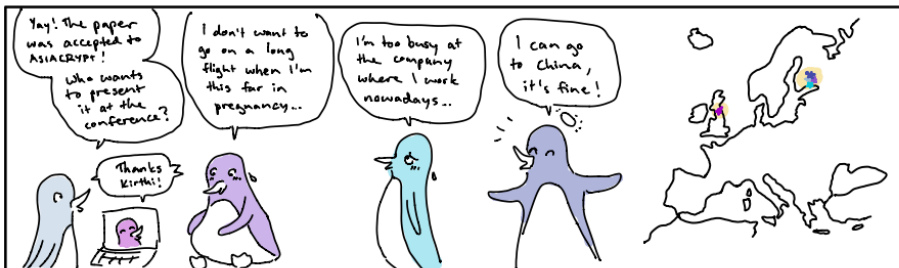
Kala, pitsi, ... hmmm...
... tuon on ottava kuusi tai tähti, vaikakaan kuusi!



Ja sitten seuraavaan artikkeliin!

Adaptive Distributional Security for Garbling Schemes with $\Theta(|x|)$ Online Complexity

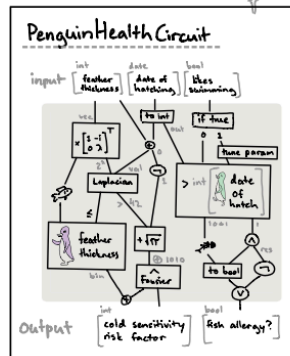
Estuardo Alpirez Bock, Chris Brzuska, Pihla Karanko, Sabine Oechsner, Kirthivaasan Puniyamurthy



Yleensä tietokoneohjelman koodia katsomalla voi päätellä jotain siitä, mitä ohjelma tekee.

Esim.

Tein tällaisen hienon ohjelman, joka kertoo, mitä terveysriskejä sinulla on, kun annat ohjelmalle syötteenä terveys tietojasi.



KIRJOITAJASTA

Olen Pihla Karanko, tohtorikoulutettava kryptografiasta Aalto-yliopistosta. Kryptografia on tietojenkäsittelytieteen ja matematiikan välimaastoon kuuluva tiede, joka tutkii kaikenlaisiin salauksiin liittyvää matematiikkaa. Olen lapsesta asti piirtänyt pinkku-sarjakuvia ja nyt olen päätenyt käyttämään sarjakuvaa välineenä selittää kryptografisia konsepteja, alkuun vain hvin vuoksi henkilökohtaisessa blogissani (pikku-pinkku.blogspot.com) ja myöhemmin pinkkuni ovat esiintyneet myös Aallon kryptografian peruskurssilla ja seminaariesitelmissäni.

Tämä julkisen avaimen salaus -sarjakuva on toiminut johdantona yhdellä luennolla kurssilla Cryptography D.