

# Higgsin hiukkanen ja Husserlin subjektiviteetti

■ Ero Rauhala

Euroopan ydintutkimuskeskuksessa CERNissä julkaistiin heinäkuussa 2012 lehdistötiedote ”CERN:in kokeissa on havaittu hiukkanen, joka vastaa kauan etsittyä Higgsin bosonia”. Tiedotteessa kirjoitettiin muun muassa: ”Havaitsemme tuloksissamme selviä merkkejä uudesta hiukkasesta, 5 sigman tasolla, massa-alueella noin 126 GeV”, sekä ”Kaikella välttämättömällä varovaisuudella sanottuna, näyttää siltä, että olemme taitekohdassa: tämän uuden hiukkasen havaitseminen osoittaa meille tien tulevaisuuteen, kohti yksityiskohtaisempaa ymmärrystä siitä mitä näemme tuloksissa” (CERN, lehdistötiedote 4.7.2012).

Mitä Higgsin hiukkasen löytyminen tarkoittaa? Missä mielessä se on olemassa ja mitä sen olemassaolo edellyttää? Tarkastelen näitä kysymyksiä ja pyrin ymmärtämään Higgsin hiukkasen fysiikkaa Edmund Husserlin transsendentaalisen fenomenologian, erityisesti Husserlin subjektiviteetin käsitteen valossa.

Kerron aluksi Higgsin hiukkasesta siten kuin fysiikassa tavalliseen realistiseen tulkintaan ja kieleen perustuen on tapana. Seuraavaksi esitän lyhyesti ja yksinkertaistaen joitakin Husserlin transsendentaalisen fenomenologian (Husserl, 2011) subjektiviteettiin liittyviä käsitteitä. Yritän sitten ymmärtää Higgsin hiukkaseen liittyvää fysiikkaa tässä valossa. Tavoitteeni on esittää uudenlainen näkökulma Higgsin hiukkasen tulkintaan ja ymmärrykseen. Yleisemmin transsendentalismi–realismi–konstruktionismi-keskustelua ovat käyneet esim. Pihlström (1996; 2000) ja Karvonen (2013).

Mitkä ovat havainnon ja havaitsemisen – tai yleisemmin tiedon ja ymmärryksen – kaikkein perustavimmat ehdot, rakenteet ja piirteet? Tämän transsendentaalifilosofian perusongel-

man keskiössä on juuri Husserlin subjektiviteetin käsite. Fenomenologia on Husserlille tiedettä ilmenemisestä, siitä, miten ja minkälaisena objektit *minun* subjektiiviselle kokemukselleni ilmenevät (Rauhala, 2011). Subjektiviteetti on Husserlin myöhäisvaiheen transsendentaalisen fenomenologian moniulotteinen peruskäsite. Sitä tulkitaan monin tavoin ja sille annetaan erilaisia sisältöjä. Transsendentaalifilosofian subjektiviteetin peruslähtökohtaa yleensä voitaisiin kuitenkin ymmärtää seuraavasti: Tutkija – subjekti – ei voi maailmassa olemassa olevana asettua maailman ulkopuolelle ja saavuttaa universaalia, absoluuttista ja objektiivista ymmärrystä maailmasta, vaan näkee maailman aina vain tiettyllä tavalla, tietyistä näkökulmista, vain sellaisena kuin se tälle subjektille ilmenee.

Entä mitä tästä lähtökohdasta seuraa reaalityeteille? Realityeteessä subjektiviteetti voitaisiin aluksi ymmärtää väistämättömänä tietyn subjektiivisen näkökulman ja tutkimusasetelman omaksumisena. Tämä sisältäisi muun muassa tutkijan tietyn tutkimuksellisen lähtökohdan, tilanne- ja aikasidonnaisuuden, näkemyksen, asenteen ja intressin, esimerkiksi riippuvuuden teorioista, menetelmistä ja koelaitteistoista. Subjektiviteetti tarkoittaa perspektiviteettiä, sitä, että tutkimusta tehdään aina joltakin näkökannalta, myös tiettyssä tutkijayhteisössä, paikassa ja historiallisena hetkenä. Vielä yleisemmin, jo tieteellinen tutkimus sinänsä edellyttää tieteellistä asennoitumista. Subjektiviteetista luonnontieteessä seuraa, että tieteellinen tutkimus ei tuota yleistä ja universaalia ratkaisua todellisuuteen. Tutkimus ei edes lähesty todellisuutta kriittisen tieteellisen realismin tarkoittamalla tavalla, vaan antaa vain erityisen ja lokaalin – ihmiskeskeisen – ratkaisun.

## Higgsin hiukkasen fysiikkaa

Asetan siis subjektiviteetin ja sen mitä siitä fysiikassa seuraa problemaattiseksi. Tämän ongelman tarkastelemiseksi on aluksi kysyttävä, millä tavalla noudattamamme tutkimustapa ja tietoisesti tai tiedostamatta tutkimukselle asettamamme edellytykset ja aprioriset oletukset vaikuttavat tutkimustulokseen.

Hiukkasfysiikan ns. *hiukkasfenomenologialla* tarkoitetaan tavallisesti hiukkasfysiikan teorioiden ja laskennallisten mallien sovellusta kokeelliseen hiukkasfysiikan tutkimukseen. Hiukkasfenomenologia ei siten yleensä viittaa tässä tarkasteltavaan filosofiseen fenomenologiaan.

Kun tässä kappaleessa kerron Higgsin fysiikasta ja puhun ilmiöistä, havainnosta, malleista, teorioista jne., käytän realistiseen fysiikan tulkintaan perustuvaa tavallista fysiikan kieltä ja käsitteitä. Nämä eroavat filosofisen fenomenologian kielestä ja käsitteistä, joihin palaan myöhemmin. Realistisen käsityksen mukaan, fenomenologiasta poiketen, esimerkiksi hiukkaset, kentät ym. luonnonobjektit ovat reaali maailmassa sellaisenaan olemassa olevia, havaittajasta riippumattomia olioita. Tutkimus paljastaa niiden todellisen olemuksen. Tämän käsityksen mukaan mukaan mallit ja teoriat ovat kyllä tutkijoiden luomia käsitteellisiä kuvauksia, mutta samalla myös tosia tai todellisuutta lähestyviä esityksiä todellisuudesta.

Tässä ei ole tarpeen syventyä hiukkasfysiikan teorioihin, *standardimalliin* tai niin sanottuun *Higgsin mekanismiin*. Viitataan vain lyhyesti Higgsin teorian yleisiin perusteisiin. On kuitenkin tarkoituksenmukaista esitellä joitakin CERNissä tehtyjen Higgsin hiukkasen todennäköiseen havaitsemiseen johtaneiden kokeiden yleisiä piirteitä. (ATLAS experiment, 2012; CMS compact muon solenoid, 2012; Kortelainen, 2012.)

Fysiikan perusvuorovaikutukset ovat *gravi-taatio*, *vahva*, *sähkömagneettinen* sekä *heikko* vuorovaikutus. Kaksi viimeksi mainittua voidaan yhdistää ns. *sähköheikoksi* vuorovaikutukseksi. Vuorovaikutuksia kuvataan niihin liittyvien kenttien avulla, puhutaan esimerkiksi sähkömagneettisesta kentästä. Kenttä on abs-

trakti olio, ei sellaisenaan havaittava, mutta siitä syntyy tietyissä tilanteissa hiukkasia, ns. kentän välittäjähiukkasia, joiden vaikutuksia hiukkasfysiikassa voidaan havaita. Välittäjähiukkanen ilmenee kokeissa muun muassa vuorovaikutuksen kentän kvanttina. Esimerkiksi foton, näkyvän valon alueella eräänlainen valohiukkanen, on sähkömagneettisen kentän kvantti. Gravi-taatiokentän kvanttia, gravitonia, ei ole havaittu. Kvantilla on, kokeesta riippuen, kvanttimekaniikan aalto-hiukkas-dualismitulkinnan mukaan sekä aalto- että hiukkasluonne.

Hiukkasfysiikan standardimalli ennustaa, että vuorovaikutusten välittäjähiukkasilla ei ole massaa. Siten esimerkiksi foton on massaton. Vahvan vuorovaikutuksen välittäjähiukkasia ovat ns. Z- ja W-bosonit. Standardimallin ennusteesta poiketen Z- ja W-bosoneilla on kuitenkin havaintojen mukaan massa. Tälle ongelmalta voidaan esittää teoreettinen ratkaisu, jossa postuloidaan ns. *Higgsin kenttä*. Tämä kenttä vuorovaikuttaa voimakkaasti joidenkin siinä liikkuvien hiukkasten kanssa, ja juuri tätä vuorovaikutuksesta seuraa joillekin hiukkasille massa. Higgsin kenttä voitaisiin teorian ennusteen mukaan havaita Higgsin hiukkase-na tietyissä hiukkasfysiikan kokeissa. Viitteitä Higgsin hiukkasen kokeellisesta löytymisestä on jo aiemmin saatu Euroopan ydintutkimuskeskuksessa CERNissä ja Fermin laboratoriossa Yhdysvalloissa. Higgsin hiukkasen havainto on nyt varmistettu CERNissä suurella todennäköisyydellä (ATLAS collaboration, 2012; CMS collaboration, 2012).

CERNissä Higgsin hiukkasen tuottamiseen tarvittavaan kiihdytinlaitteistoon kuuluu noin 27 km:n pituinen, ympyränmuotoinen kiihdytinrenkas, jossa protonit – vetyatomien ytimet – kiertävät lähes valon nopeudella. Protonisuihkuja kiihdytetään ja ohjataan kiihdyttimen tyhjiöputkissa sähkö- ja magneettikentillä. Suihkuja kulkee renkaassa kaksi, ne kiertävät vastakkaisiin suuntiin ja joissakin kohdissa renkaan matkalla ne ohjataan törmäämään vastakkain toisiinsa. Törmäyskohdissa ovat koeseimat ja Higgs-kokeissa käytetyt hiukkasilmaisimet ATLAS ja CMS (ATLAS experiment, 2012;

CMS compact muon solenoid, 2012). Esimerkiksi ATLAS-ilmaisimien muodostuu neljästä pääkomponentista: sisäosasta (johon kuuluvat puolijohde-, kaasuionisaatio- ja solenoidimagneetti-ilmaisinjärjestelmät), sisäosia ympäröivistä kalorimetreistä, myonispektrometreistä sekä informaation keräämis- ja laskentajärjestelmistä.

Hiukkas- ja ydinfysiikassa hiukkasia ei sellaisenaan voida havaita. Havainto on aina epäsuora, se perustuu hiukkasten ja ilmaisimateriaalien vuorovaikutuksiin. Higgs-kokeessa pyritään ilmaisimilla löytämään jälkiä Higgsin hiukkasen hajotessa syntyneistä tai hajoamistuotteiden vielä uudestaan hajotessa syntyneistä uusista hiukkasista. Kulkiessaan ilmaisimien eri osissa nämä Higgsin hiukkasen hajoamistuotteet synnyttävät valonvälähdyksiä, sähkövarauksia ja röntgensäteilyä. Varaukset saavat ilmaisimissa aikaan sähköisiä pulsseja, joita vahvistetaan, muokataan ja rekisteröidään tietokoneeseen. Tuloksena oleva mittausdata on tietokoneiden muistissa olevia sähköisiä ja magneettisia tiloja. Kokeen eri vaiheista ja ilmaisimien eri osista saatavaa informaatiota yhdistellään ja käsitellään monenlaisilla tietokonejärjestelmillä ja -ohjelmilla. Käytännössä koko koe ja havaintoketju on automatisoitu ja tietokoneistettu. Varausten paikalliset ja ajalliset jakaumat ilmaisimateriaaleissa ja magneetikentissä – hiukkasten radat ilmaisimissa – määritetään.

Kokeiden suunnittelu, koelaitteistot, koejärjestelyt ja tulosten data-analyysi perustuvat samoihin fysikaalisiin periaatteisiin kuin Higgsin hiukkaseen liittyvät teoriat ja ennusteet sen ominaisuuksista. Koedatasta määritetään teoriaan perustuen hiukkasten varaus, liikemäärä, energia, massa jne. Tuloksia esitetään lopulta muokattuina kulloinkin haluttuun muotoon, esimerkiksi julkaisujen kuvina, taulukoina ja videoina. Törmäyksistä ja reaktioista esitettävät kuvat ja videot ovat koetuloksiin ja teoriaan perustuvia laskennallisia rekonstruktioita ja simulaatioita, eivät pelkkiä mittaustuloksia sellaisenaan.

Kokeessa ei siis havaita itse Higgsin hiukkas-ta, mutta teorian mukaan sen hajoaminen tuot-

taa hiukkaspareja, esimerkiksi kaksi fotonia, kaksi Z- tai W-bosonia, jotka edelleen hajoavat muiksi hiukkasiksi. Sen mukaan millä tavalla hiukkanen hajoaa, puhutaan eri hajoamiskanavista. Tärkeimpiä kanavia Higgsin hiukkasen etsimisessä ovat kahden fotonin kanava, jossa Higgsin hiukkanen hajoaa kahdeksi fotoniksi:  $H \rightarrow \gamma\gamma$ , neljän myonin kanava:  $H \rightarrow ZZ \rightarrow \mu+\mu\mu+\mu$ , kahden myonin, kahden elektronin kanava:  $H \rightarrow ZZ \rightarrow \mu+\mu e+e$  ja neljän elektronin kanava:  $H \rightarrow ZZ \rightarrow e+e e+e$ . Näissä hajoamiskanavissa, ilmaisimissa, havaitaan siten jälkiä fotoneista, elektroneista tai myoneista. Näitä samoja hiukkasia syntyy törmäyksissä ilman Higgsin hiukkasen hajoamista suuria määriä muutoinkin. Teorian ja kokeiden perusteella voidaan ennustaa kuinka paljon ”taustahiukkasia” tietyssä törmäyksessä syntyy. Havainto Higgsin hiukkasesta jollakin tietyllä tilastollisella todennäköisyydellä tarkoittaa siten ”ylimäärää” hiukkasia tietyillä ennalta määritetyillä koeparametrien arvoilla.

Havainnot CERNin kokeissa, jotka viittaavat Higgsin bosoniin, ovat äärimmäisen harvinaisia. Kiihdyttimen toimiessa täydellä teholla ja 14 teraelektronivoltin energialla, tapahtuu ATLAS-ilmaisimissa tyypillisesti miljardi ( $10^9$ ) protonitörmäystä sekunnissa, joista noin 200 kiinnostavaa tapausta sekunnissa tallennetaan. Todennäköisyys sellaisten hiukkasten havaitsemiselle ilmaisimissa, jotka osoittaisivat Higgsin hiukkasen hajoamista (kanavaan  $H \rightarrow ZZ$ ), on noin yksi kymmenestriljoonasosa ( $1/10^{13}$ ). Esimerkiksi CMS- kollaaboraation julkaisussa elokuussa 2012 (CMS collaboration, 2012) esitettiin 9 taustan ylittävää Higgsin hiukkaseen viittaavaa havaintoa kanavassa  $H \rightarrow ZZ$ . Vaikka havaintoja on vähän, on Higgsin hiukkasen löytymisen tilastollinen todennäköisyys korkea.

Hiukkas- ja ydinfysiikan hiukkasilla ei ole identiteettiä, vaan hiukkanen määrittyy oliona, jolla on tietyt kvanttimekaaniset ominaisuudet ja kvanttiluvut. Esimerkiksi Higgsin hiukkanen on bosoni, jos havainnot osoittavat sen spinkvanttiluvun olevan nolla. Törmäyksissä, hiukkasten välisissä vuorovaikutuksissa ja hiukkasten hajotessa pätevät fysiikan yleiset energian, liikemäärän, varauksen ja muiden kvanttilukujen

säilymislait. Useimmat alkeishiukkaset hajoavat sekunnin pienten murto-osien kuluessa. Standardimallin mukaan Higgsin bosonin keskimääräinen elinaika on sekunnin miljardisosan miljardisosan kymmenestuhannesosan suuruusluokkaa ( $10^{-22}$  s). Hiukkasen koko on suuruusluokkaa  $10^{-15}$  m tai paljon pienempi, mutta hiukkasen – aaltofunktion – koosta ei usein ole mielekästä puhua.

CERNin Higgs-koe on epäilemättä suurin ihmisen koskaan suorittama yksittäinen fysiikan koe, sen kaikki mittaluokat ovat valtavia. Koetta on suunniteltu ja laitteistoja rakennettu vuosikymmeniä, hinta-arviot ovat 10 miljardin euron suuruusluokkaa. ATLAS-kollaboraatioon osallistuu yli 3 000 tutkijaa 38 maasta, 174 yliopistosta ja laboratoriosta, CMS-kollaboraatioissa on vastaavasti yli 3 200 tutkijaa, 179 tutkimuslaitosta 41 maasta (ATLAS experiment, 2012; CMS compact muon solenoid, 2012). ATLAS-ilmaisim on kooltaan 25 m kertaa 45 m, se painaa 70 000 tonnia – 100 jumbojetin verran.

### Transsendentaalisen fenomenologian yksilöllinen ja yhteisöllinen subjektiviteetti

Husserlin fenomenologiassa maailman ja luonnon ymmärtämisen lähtökohta on inhimillisen subjektin tietoisuudessa ilmenevä kokemus. Maailma näyttäytyy kokemuksessani ymmärrettävänä, jäsenyneenä, järkevänä ja merkityksellisenä. Se ei ilmene jäsenymättömänä kaaoksena, valoina, varjoina, väreinä, liikkeinä, hahmoina vailla mitään mieltä. Tavallisesti ajattelemme, että materiaalisilla fysiikan objekteilla ei itsessään ole mieltä, niillä ei ole ideaalisia merkityksiä. Esimerkiksi tietoisuudessani tuolina ilmenevällä objektilla ei ole ”tuoliutta”, jota se sitten säteilisi ympärilleen.

Mistä tämä minulle järkevä maailma sitten on peräisin, ellei objekteista itsestään? Asiaa pohdiskellessani huomaan, että merkitykset syntyvät minussa ja minä liitän ymmärtämäni merkitykset minulle ilmeneviin objekteihin. Kaikki mitä havaitsen, niin konkreettiset objektit kuin abstraktit käsitteetkin ilmenevät minulle aina monenlaisia merkityksiä sisältävinä. Tätä

”merkityksenantoa”, asioiden ymmärtämistä jonkinlaisina, tapahtuu minussa koko ajan ilman että olen siitä tietoinen. En itse asiassa voi edes kytkeä tätä tajuntani aktiviteettia ”pois päältä”, vaan se toimii itsepintaisesti, lakkaamatta ja minun sitä tiedostamattani. Aistieni välittämistä informaatiosta ja tajunnassani olevasta aikaisemmasta merkityksperustasta tulkitsee ja muodostaa tämä minussa oleva tajuntani merkityksiä luova aktiviteetti kokemukseni siitä, minäkalaisena maailma minulle ilmenee. Ymmärrykseni luonnosta jäsenyyden siten muun muassa avaruudellisena, ajallisena, osina, kokonaisuuksina sekä syy- ja seuraussuhteina.

Yllä olen yrittänyt tiivistäen ja yksinkertaistaen kuvata jotakin siitä merkityksiä synnyttävästä tajunnallisesta aktiviteetista, jota Husserl kutsuu *transsendentaaliseksi subjektiviteetiksi*. Transsendentaalisen subjektiviteetin toimintaa Husserl kutsuu *konstituutioksi*. (Husserl 2010, 97–244; Taipale 2009, 5–25; Zahavi 2003, 80–144.) Tämä subjektiviteetti on Husserlin kielellä *transsendentaalinen* siksi, että se on tajuntamme perustava merkityksiä luova aktiviteetti. Se on myös *transsendentti*, koska emme ole sen toiminnasta tietoisia. Konstituutiossa aistien tajunnalle tarjoama informaatiokirjo hahmotuu, jäsenyyden ja muodostuu kokonaisuudeksi. Konstituutiossa syntyy ymmärrettäviä merkityssuhteita merkitysten tarkoittamiin kohteisiin. Merkityksellä tarkoitetaan fenomenologiassa sitä, että jokin minulle ilmenevä olio tarkoittaa ja merkitsee minulle jotakin, ymmärrän olion jonakin. Merkitykset ovat *intentionaalisia*, ne kohdistuvat johonkin.

Fenomenologian kielellä transsendentaalinen subjektiviteettini konstituoi maailman, joka ilmenee tietoisena kokemukseni. Tämä ei tarkoita, että tajuntani rakentaisi konstituutiossa maailman objektit reaalisiksi olioiksi, vaan että konstituutiossa merkitykset maailmasta koostuvat ja muodostuvat minulle mielekkäinä ja jäsenyneinä. Minulla ei ole mitään keinoa päästä tämän subjektiviteetin yli tai vapautua siitä, maailma näyttäytyy minulle vain sellaisena, millaisena olen sen omassa konstituutiossani luonut. Elän, koen, toimin ja olen vuorovai-

kutuksessa vain tässä oman subjektiviteettini konstituoidessa maailmassa.

Tutkiessaan yksilön subjektiviteettia Husserl joutuu tarkastelemaan sitä paljon monitasoisempana ja hienoviritteisempänä. Hän määrittelee mm. ”minän” ja ”persoonan” eritasoja ja asteita. Transsendentaalisen subjektiviteetin lisäksi hän puhuu reaalisen subjektin *inhimillisestä* ja *empiirisestä subjektiviteetista*, jotka viittaavat arkipäiväiseen maailmassa olemassa olevaan ”minään” ja sen toimintaan maailmassa. Husserlin mukaan minä transsendentaalisena subjektiviteettina konstituoin maailman, jossa minä empiirisenä subjektina, reaalisenä ihmisenä, olen olemassa. Empiirinen subjektiviteetti on inhimillinen, ajallis-tilalliseen maailmaan ”maailmallistettu” persoona. Tämän mukaan reaalinen subjekti on myös tutkija tieteessä. Tämä subjekti rakentaa kiihdyttämiä, tekee kokeita ja tulkitsee tuloksia. Se toimii kuitenkin aina transsendentaalisen subjektiviteetin ehtojen asettamissa rajoissa.

Onko siis koko minulle ilmenevä maailma vain minun konstituutiotani? Olenko yksin omassa ymmärryksessäni konstituoinut esimerkiksi Higgsin hiukkasen teorian ja kokeet, joita edellä kuvasin, olenko luonut kaiken niiden minulle ilmenevän mielen omassa tietoisuudessa? Entä kaikki muut tieteen tulokset jotka ymmärrän? En sentään! Tarvitsen muutakin. Minulle ilmenee myös muita subjekteja, toisia ihmisiä, kanssaihmiä. Näiden *toisten* lisäksi minulle ilmenee myös yhteisöllisiä rakenteita mm. tieteinä. Minun on ajateltava, että minulle ilmenevän maailman konstituutioon osallistuvat myös muut subjektit. Yksilöllinen subjektiviteettini tarvitsee rinnalleen muita subjektiviteetteja sekä yhteisöllisen *intersubjektiviteetin*. (Husserl, 2011, 154–174; Taipale, 2009, 101–179.) Muut subjektit ilmenevät minulle henkisinä olentoina mutta myös toisina kehoina. Oma kehoni aisteineen on kuitenkin muihin kehoihin nähden erikoisasemassa. Se on yhtäältä sekä transsendentaalisen subjektiviteettini konstituiva että toisaalta maailmaa konstituiva elementti. Juuri oma kehoni antaa alkuperäisen perustan, referenssin ja mittapuun fyysikaalisen maailmani

kaikessa hahmotuksessa ja jäsennyksessä.

Mutta miten askel yksilöllisestä subjektiviteetista intersubjektiviteettiin voidaan ottaa? Eikö kaikki ymmärrys aina viime kädessä palaudu minun omaan subjektiviteettiini? Miten säilytetään väistämätön yksilöllisen subjektiviteetin konstituution primaarisuus ja samalla tunnustetaan väistämätön maailmaa konstituovan intersubjektiviisen subjektiviteetin ulottuvuus? Tätä ongelmaa Husserl kutsui subjektiviteetin paradoksiksi, sen kimpussa hän ponnisteli myöhäisvaiheen tutkimuksissaan loppuun asti. Intersubjektiviteetin ongelma on edelleen keskeinen fenomenologian ydinkysymys. Husserl itse ja lukuisat muut kirjoittajat hänen jälkeensä ovat esittäneet ongelman ratkaisuksi erilaisia lähestymistapoja. (Taipale, 2009, 101–179.) Intersubjektiviteettikin alkaa aina tiedostavasta yksilöllisestä subjektiviteetista, sen merkityksiä luovasta intentionalisesta konstituutiosta. Voin yrittää eläytyä toisen ihmisen maailmaan. Tässä eläytymisessä minulle ilmenevä hänen maailmansa on kuitenkin edelleen ja lopulta minun ymmärtämäni. Emme voi vaihtaa subjektiviteettejamme hänen kanssaan. Intersubjektiviteettia ei kuitenkaan yleensä ymmärretä ”kollektiiviseksi tietoisuudeksi”, vaan yksilöllinen subjektiviteetti muuntuu intersubjektiviteetiksi minun omassa kokemuksessani. (Schnell, 2010; Taipale, 2009, 241–265.)

Husserl tarvitsee myös *transsendentaalisen intersubjektiviteetin* käsitettä (Husserl, 2011, 164–174). Kuten transsendentaalinen subjektiviteetti on yksilön tajunnan konstituiva elementti, myös transsendentaalinen intersubjektiviteetti on Husserlille maailmaa konstituivaa yhteisöllistä toimintaa. Siten esimerkiksi fyysikaalinen teoria on tiedeyhteisön synnyttämää luonnon ymmärrystä matemaattis-fyysikaalisen tematisaation sisällä, transsendentaalisen intersubjektiviisen intentionalisuuden konstituutiota. Luonnontieteessä transsendentaalisesta intersubjektiviteetista seuraavat reaaliset ehdot voitaisiin tulkita esimerkiksi tieteelliseksi lähestymistavaksi, luonnontieteelliseksi paradigmaksi ja luonnon fyysikaalis-matemaattiseksi tematisoinniksi, tieteissä ja tutkijayhteisöissä

vallitseviksi käytännöiksi ja tavoiksi. Laajimmillaan Husserl katsoo intersubjektiviteetin käsittävän koko ihmiskunnan.

Subjektiviteetin paradoksille ei ole lopullista ratkaisua. Usein ajatellaan (esim. Zahavi 2003, 76), että konstituutio toimii subjektiviteetin, intersubjektiviteetin ja maailman muodostamassa kehässä. Nämä kaikki vaikuttavat jatkuvasti toisiinsa, ovat alati muuttuvia, historiallisia ja ajallisia. Maailma on Husserlille varmasti olemassa, sitä ei koskaan epäillä. Fysikaalinenkin maailma todentuu subjektille kaiken sen myötä, mitä se on subjektille. Ilmenemisessään maailma on subjektille todellinen, ainoa maailma. Tämä ilmeneminen subjektille on myös hänelle vahvin mahdollinen evidenssi. Kaikki muu, kaikki ”objektivistien” tieteiden evidenssi, on problemaattista. Esittääkö Husserl näin vain epistemologiaa vai myös ontologiaa, vai onko koko kysymys transsendentaalisessa fenomenologiassa epärelevantti, tästä keskustellaan edelleen.

Sitä perustavaa asenteellista ajattelun käänöstä, jossa realistisen ja luonnollisen asenteen itsessään ja sellaisenaan olemassa olevaksi oletettu maailma ymmärretään transsendentaalisen subjektiviteetin konstituutiona, kutsutaan fenomenologiassa *reduktioksi*. Maailmasta ja luonnosta voidaan puhua yhtäältä luonnollisen ja realistisen asenteen maailmana ja luontona ennen reduktiota, kuten yllä Higgsin hiukkasen fysiikkaa kuvatessani, ja toisaalta fenomenologisen asenteen transsendentaalisen subjektiviteetin konstituotuna maailmana ja luontona reduktion jälkeen – tätä esitystä tavoittelen jatkossa. (Himanka, 2010; Husserl, 2011, 137–154.)

### Subjektiviteetista fysiikassa

Fysikaalinen tutkimus alkaa subjektin tutkimusintressistä. Tutkimus on hanke, sille asetetaan tavoite ja päämäärä. Halutaan tutkia juuri jotakin tiettyä ongelmaa, juuri tietyllä tavalla. Tutkimukseen liittyy teoreettisia taustaoletuksia ja hypoteeseja. Välttämättä joudutaan jo ennalta olettamaan tutkimuskohde jonkinlaiseksi – tekemään ontologinen ennakkoratkaisu kohteen oletetusta perusolemuksesta. Tutkimusaluetta

rajataan ja kontrolloidaan, ympäristöä vakioidaan ja tutkimuksen kohteena olevia muuttujia varioidaan. Valitaan menetelmä ja koelaitteisto, joilla voidaan tuottaa vain tietynlaisia haluttuja tuloksia. Samalla kun valittu tutkimusasetelma mahdollistaa tutkittavan olion tai oliokokonaisuuden ilmenemisen tietynlaisena, se myös sulkee näkyvistä jotain, jota jokin toinen asetelma voisi paljastaa. Tutkimusasetelma on siten subjektin asettama apriorinen rajausta sille, minkälaisena todellisuus voi tutkimuksessa ilmetä.

Tutkimustulos ilmenee aina menetelmästä tai laitteistosta subjektin ymmärryksen tulkitsemana, ei valmiina sellaisenaan. Koelaitteiston lukeman tai tietojärjestelmässä olevan informaation merkityksellisyys syntyy vain tutkimusta suorittavan subjektin tajunnassa, siellä konstituotuvina merkityksinä. Fysikaalinen teoria on fenomenologian kielellä matemaattis-fysikaalisen tematisaation sisällä tapahtuvaa intersubjektivisen intentionaalisuuden konstituutiota. Viime kädessä kaikkien fysiikan käsitteiden mieli kuitenkin palautuu yksilöllisen transsendentaalisen subjektiviteetin konstituutioon. Fysiikan objektit eivät ole jotakin sinänsä, ne tarkoittavat jotakin ja saavat merkityksen vain subjektille ilmevässä kokemuksessa.

Luonnonlait ovat fenomenologisessa asenteessa se ilmenemisen tapa, jolla luonto tulee käsitettäväksi subjektille ja intersubjektiviteetille. Luonnonlaki ei kuitenkaan sisällä kaikkea luonnon ilmenemistä, vaan luonto on siinä jo ennalta oletettu ja tematisoitu tieteelliseksi tutkimuskohteeksi. Luonto ilmenee luonnonlakina matemaattis-fysikaaliseksi abstrahoituna. ”Luonnontieteellinen tieto luonnosta ei tarjoa luonnosta selittävää, perimmäistä tietoa, koska se ei ylipäättään tutki luontoa absoluuttisessa viitekehäksessä, jossa luonnon todellinen ja varsinaisen olemisen paljastaa mielensä” (Husserl, 2011, 173).

Luontoa tutkiva subjekti asettaa käsitteet luontoon, siellä ei itsessään ole käsitteitä, kuten esimerkiksi luonnonlakeja. Luonto ei noudata luonnonlakeja, vaan päinvastoin, luonnonlait ilmentävät subjektin käsitteellisyden suodattamaa ymmärrystä luonnosta. Luonnon säännön-

mukaisuus, jäsenyisyys ja luonnonlait osoittavat sitä subjektin tajunnallisen aktiviteetin tuottamaa jäsenyisyyttä, merkityksellisyyttä ja käsitteellisyttä, joka puolestaan kääntäen säätää, minkälaisena luonto subjektille ilmenee.

Matemaattis-fysikaalinen teoria luonnosta voidaan myös nähdä tutkivan subjektin luontoon asettamana intersubjektiviisena käsitteellisenä projektiona. (Kockelmans, 1993, 116–126.) Teoria idealisoi, abstrahoi, matematisoi ja formalisoi maailman objekteja, näin synnyttämämme käsitteiden merkityksiä projisoimme sitten takaisin maailmaan objekteille. Matemaattinen teoria ei kuvaa todellisuutta itseään, eikä matematiikka itsessään ole luonnontiedettä. Se, että matemaattis-fysikaaliset mallit ja teorit toimivat maailman kuvauksessa, tarkoittaa, että jotakin ihmiselle ilmenevässä maailmassa ei ole mahdotonta kuvata matemaattisesti ja fysikaalisesti. Jos koetulokset vahvistavat teorian ennusteita, se osoittaa matemaattis-fysikaalisessa luonnon konstituutiosta luomamme tieteellisen menetelmän sisäistä konsistenssia.

## Higgsin hiukkasen fenomenologista tulkintaa

Minkälaisena Higgsin hiukkanen fenomenologisesta lähtökohdasta tarkastellen näyttäytyy? Edellä Higgs-koetta kuvatessani käyttämäni ideaaliset käsitteet eivät fenomenologian mukaan ole luonnossa ja reaali maailmassa. Vuorovaiikutukset, energia, liikemäärä, alkeishiukkanen, kvanttiluku, bosoni jne. ovat käsitteinä olemassa intersubjektiviisen tutkijayhteisön sopimuksina, ja niiden mieli ilmenee lopulta vain oman tietoisuuteni subjektiviisena kokemuksena. Käsitteiden merkitykset voisivat kuitenkin olla toisenlaisia, aina sen mukaan, minkälaisiksi tutkijayhteisö olisi käsitteiden sisällöt ja alat määritellyt ja valinnut.

Higgsin hiukkanen on Higgsin teorian mukainen teoreettinen olio. Transsendentaalisen fenomenologian kielellä Higgsin teoria on osa matemaattis-fysikaalisesti tematisoitua tiedon intersubjektiviista konstituutiota. Higgsin hiukkanen on tässä konstituutiosta olemassa luontoon asettamamme matemaattis-fysikaali-

sen projektion oliona. Sillä ei ole ominaisuuksia tämän projektion ulkopuolella. Tämä projektio toisaalta määrää sen, miten intersubjektiviinen tiedeyhteisö tutkii, havaitsee, tulkitsee, kokee ja ymmärtää Higgsin hiukasta.

Tämän projektion piirissä Higgsin hiukkasen tutkimus on myös merkittävää ja arvokasta. Fenomenologinen kuvaus Higgsin hiukkasen fysiikasta ei väheksy eikä mitätöi fysiikan tuloksia. Se ei kilpaile fysiikan kanssa, vaan tarjoaa uuden tason ja näkökulman sen selittämiseksi, miten fysiikassa luontoa ymmärrämme. Husserl tähdentää useassa yhteydessä, että fenomenologinen ajattelu arvostaa luonnontieteitä niiden omalla pätevyysalueella.

Higgsin hiukkanen on fenomenologisessa asenteessa olemassa vain sellaisena kuin se tutkivalle subjektiviteetille ilmenee. Higgsin hiukkanen ei ilmene meille itsestään, sellaisenaan, ilman intersubjektiviisen tutkijayhteisön tarkoituksellisia ja tavoitteellisia ponnisteluja. Tätä subjektiviisessa tietoisuudessa olemassa olevaa oliota vastaavan jonkin reaalisen olion – jota hiukkasfysiikassa kutsumme Higgsin bosoniksi – ilmeneminen edellyttää kaiken sen teoreettisen, kokeellisen ja laskennallisen ympäristön, jonka olemme rakentaneet havaintojen tuottamiseksi. Määrittelemme ennalta – teoreettisten tarkastelujen perusteella – tiettyjä ominaisuuksia, joita haluamme Higgsin hiukkasella olevan. Valitsemme tietyt fysikaaliset suuret, kuten kvanttiluvut, massa ja elinaika, Higgsin bosonin identifioimiseksi. Rakennamme kokeen juuri näiden ominaisuuksien havaitsemiseksi. Käytämme samaa fysikaalista teoreettista perustaa Higgsin hiukkasen teoriassa, sen ominaisuuksien ennustamisessa sekä tulosten analysoinnissa ja tulokinnassa.

Higgsin hiukkasen tutkimus sijoittuu myös maailman ajalliseen konstituutioon. Higgsin hiukkanen on löytynyt juuri nyt, 2000-luvun alussa, ei 1800-luvulla eikä 2100-luvulla. Luonnontiede ja fysiikka muodostavat historiallisen jatkumon ja perinteen. Menneinä aikoina ja tulevaisuudessa fysiikan teoriamme, kokeemme ja ”alkeishiukkasemme” olivat ja tulevat olemaan erilaisia. Vaikka Higgsin hiukkanen olisi-

kin (kuten on sanottu) viimeinen täydennys hiukkasfysiikan standardimalliin, ei se tarkoita, että standardimalli olisi viimeinen hiukkasfysiikan teoria.

Hermeneuttisessa fenomenologiassa korostuu tajunnan *tulkinnallinen* ulottuvuus. Kockelmans (1993, 248–252) käyttää hermeneuttisen fenomenologian käsitteitä (ks. esim. Heidegger, 2000, 51–54, 106–112) myös Higgsin hiukkasen kuvaukseen soveltuvalla tavalla. Kockelmansille ”ilmiö” (*phenomenon*) on itsenään subjektille ilmenevä merkitys jostakin oliosta. Tällä tarkoitetaan suoraan välittömässä immanentissa kokemuksessa näyttäytyvää oliota. Esimerkiksi punaisuus olisi ilmiö tässä mielessä. ”Ilmentymä” (*appearance, manifestation*) tarkoittaa jotakin, joka ei ilmene suoraan itsenään, vaan ”ilmoittaa” (*announces*) itsensä jonkin ilmiön (so. välittömästi ilmenevän ilmiön) avulla. Siten, kun esimerkiksi kuulen aaltojen loiskeen, mutta en näe itse aaltoja, välittää loiske merkityksiä rantaan lyöivistä aalloista. Aaltojen loiske – ääni – on välittömässä kokemuksessani havaitsemani ilmiö. Jos en havaitse itse aaltoja, ne eivät näyttyädy, vaan ne ovat edellisen mukaan ilmentymä, joka ilmenee kuullun äänen välityksellä.

Tämän kielen mukaisesti Higgsin hiukkanen ei ole kokemuksessani välittömästi ilmenevä ilmiö vaan ilmentymä. Se ei itse näyttyädy, vaan se ilmentyy välillisesti. Välittömästi kokemukselle näyttäytyviä ilmiöitä Higgsin kokeessa ovat vain suoraan havaintolaitteesta luettavat merkit (*signs*), esimerkiksi tietokoneen näyttölaitteella näkyvän tekstin viivat ja kuvat. Jotta nämä merkit voisivat välittää joitakin ymmärrettäviä merkityksiä Higgsin hiukkasesta, tutkivan subjektin on *tulkittava* ne symboleiksi välittäjistä, jotka ilmentävät Higgsin hiukkasesta. Näitä välittäjiä kokeessa olisivat Higgsin hiukkasen hajoamistuotteet, fotonit, elektronit, myonit ja Z-bosonit. Hajoamistuotteet ovat toisaalta itsekin ilmentymiä, jotka ilmaisevat itsensä ilmaisulaitteiden sähköisten ja magneettisten tilojen välittämänä. Muodostuu monitasoinen ketju merkkejä, välittäjiä, tulkin-toja ja ilmentymiä.

Yksityiskohtaisesti analysoiden tilanne olisi

monimutkaisempi, sillä teorian ja data-analyysin laskennallisten mallien olioita on myös tarkasteltava. Ne synnyttävät ketjuun lisää lenkkejä. Vaikka ketju on pitkä ja monitasoinen, se viittaisi kuitenkin Kockelmansin ajattelussa lopulta johonkin reaaliseen olioon, ”Higgsin hiukkaseseen”. Tämä jokin ei kuitenkaan olisi ”itse Higgsin hiukkanen sinänsä”, vaan jotakin, joka olisi olemassa vain juuri tässä monimutkaisessa teoreettisessa ja kokeellisessa järjestelmässä välillisesti ilmentyvällä tavalla. Mikään ei takaa, ettei tästä hiukkasesta myöhemmin ilmentyisi muita ominaisuuksia tai ettei se voisi ilmentyä myös toisenlaisena.

### Universaalisuus, normaalius ja subjektiviteetti

Universaalisuus on eräässä mielessä subjektiviteetin vastakohta. Kuinka universaaleja tuloksemme ja käsityksemme Higgsin hiukkasesta ovat? Usein ajatellaan fysiikan pätevän kaikkialla universumissa. Fenomenologisen asenteen pohjalta voisimme kuitenkin pohtia, miten muut olennot ymmärtäisivät maailmaa. Husserlkin puhuu intersubjektiviisen maailman konstituution yhteydessä universumista, sen oliosta ja eläimistä. Ilman muuta oletamme, että maapallolla elävien muiden olentojen, esimerkiksi ihmisapinoiden tai delfiinien käsitys maailmasta ei ole samalla tavalla jäsentynyt kuin ihmisten luonnontieteellinen maailmankuva. Husserlin mukaan eläimet ja vieraat kulttuurit eivät osallistu meille ”normaalin” maailman konstituutioon. Yhtäältä sekä oma yksilöllinen subjektiviteettini että toisaalta meille tuttujen ihmisyhteisöjen intersubjektiviteetit luovat maailman konstituution ”normin”. Meille vieraat kulttuurit eivät konstituoi tämän normin mukaista maailmaa. (Husserl, 2011, 171–172, 205–208; Taipale, 2009, 183–224, 232–241; Taipale, 2010.)

Entä minkälainen olisi mahdollisesti muilla taivaankappaleilla elävien olentojen maailma? Voisiko meidän luomamme fysiikka olla myös heidän tapansa jäsentää maailmaa? Jos matematiikkaa ei ole luonnossa, vaan se on meidän ihmisten sinne asettama projektiio, minkälais-



ta olisi heidän matematiikkansa, olisiko heillä matematiikkaa? Mahdollisen eksoplaneetalla tai vaikkapa jossakin multiuniversumien kaukaisessa kolkassa elävän toisen sivilisaation maailman konstituutio olisi meille ihmisille vieras. Voisimme kuvitella, että poikkeama meille normaalista maailman konstituutiosta olisi jopa käsittämättömän suuri. Fenomenologisesta näkökulmasta heidän fysiikkansa ja luonnontieteensä – Higgsin bosonikaan – ei voisi olla samanlaista kuin minkälaisena ne ihmiskunnan intersubjektiiivisessa matemaattis-fysikaalisessa maailman konstituutiosta meille ihmisille ilmenevät.

## Viitteet

- ATLAS collaboration (2012). Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B* 716, s. 1–29.
- ATLAS experiment (2012). <http://atlas.ch/> (10/2012).
- CERN, lehdistötiedote, 4.7.2012. <http://press.web.cern.ch/press/PressReleases/Releases2012/PR17.12E.html> (10/2012).
- CMS collaboration (2012). Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC. *Physics Letters B* 716, s. 30–61.
- CMS Compact Muon Solenoid (2012). <http://cms.web.cern.ch/> (10/2012).
- Heidegger, Martin (2000). *Oleminen ja aika*, Vastapaino, Tampere.
- Himanka, Juha (2010). The Idea of Phenomenology: Reading Husserliana as Reductions, *Dialogue* 49, s. 617–640.
- Husserl, Edmund (2011). *Eurooppalaisten tieteiden kriisi ja transsendentaalinen fenomenologia*, Gaudeamus, Helsinki.
- Karvonen, Erkki (2013). Tieto paitsi kuvaa todellisuutta myös rakentaa sitä. *Tieteessä tapahtuu* 1/2013, s. 18–24.
- Kockelmans, Joseph (1993). *Ideas for a Hermeneutic Phenomenology of the Natural Sciences*, Kluwer, Dordrecht.
- Kortelainen, Matti J. (2012). *Search for a Light Charged Higgs Boson in the CMS experiment in pp collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV*. Academic dissertation, Helsinki Institute of Physics, Internal Report Series HIP-2012-06.
- Pihlström, Sami (1996). Onko transsendentaalifilosofia naturalisoitavissa? *Ajatus*, 52.
- Pihlström, Sami (2000). Investigating the transcendental tradition. *Philosophy today*, 44, 4, s. 426–441.
- Rauhala, Eero (2011). Voisivatko fyysikotkin ymmärtää fenomenologiaa? *Tieteessä tapahtuu* 8/2011, s. 31–38.
- Schnell, Alexander (2010). Intersubjectivity in Husserl's work, *META: Res. in Herm., Phen., and Pract. Philosophy*, II (1) / 2010, s. 18–19, 28–29.
- Taipale, Joonas (2009). *Incarnate Subjectivity. The constitutive Significance of Embodiment in Husserlian Phenomenology*. Academic Dissertation, Philosophical Studies from the University of Helsinki 25.
- Taipale, Joonas (2010). Intersubjektiiivisuus ja normaalius. Teoksessa *Fenomenologian ydinkysymyksiä*, toim. Timo Miettinen, Simo Pulkkinen ja Joonas Taipale, Gaudeamus, Helsinki, s. 118–133.
- Zahavi, Dan (2003). *Husserl's Phenomenology*. Stanford University Press, Stanford, California.

**Kirjoittaja on fysiikan yliopistonlehtori ja dosentti Fysiikan laitoksella Helsingin yliopistossa.**