

MUSTAN AUKON AJATTELU – FYSIIKAN REAALI- OBJEKTEISTA AJATTELUN IDEAALISIIN OBJEKTEIHIN

Tieto fyysikaalisesta todellisuudesta, kuten kosmologian, astrofysiikan tai hiukkasfysiikan tutkimusobjekteista, kasvaa huimaa vauhtia. Kaikki tieto on lopulta silti ajattelun tulosta. Pysähdytäänkö pohtimaan, mitä se merkitsee?

Tietoinen ajattelu on edellytys niin tieteelliselle tutkimukselle kuin ihmisten arkipäiväisille todellisuutta koskeville käsityksille. Ihmisen oma ajattelu on ensimmäinen ja välttämätön lähtökohta kaikelle ymmärrykselle. Mitä ajattelu tarkoittaa, kun se käsitetään tällä tavoin ilmenevän todellisuuden perimmäisenä alkuperänä? Mitä on fyysikaalisten objektien, kuten mustien aukkojen, ajattelu?

Fenomenologiassa jatkuu antiikista lähtevä filosofinen traditio, jossa on analysoitu keskeisesti ja syvällisesti inhimillistä ajattelua ja kokemusta.¹ Tarkastelen tässä fyysikaalisia olioita fenomenologisessa viitekehyksessä ja tutkimuksen objekteina ajattelun kaikkein perustavimmalla tasolla. Tarkastelen niitä

¹ Mainioita johdantoja fenomenologiaan eri lähtökohdista tarjoavat, vain muutamia mainiten, muun muassa Himanka, 2002; 2021; Zahavi, 2003, Backman, 2005; Moran, 2006; Sokolowski, 2008.

lähinnä filosofi **Edmund Husserlin** (1859–1938) ja joidenkin viimeaikaisten tutkimusten valossa. Pohdin, miten fyysikaaliset² objektit ymmärretään ja mitä mustan aukon ajattelusta voitaisiin silloin sanoa.

Kun fyysikko puhuu tutkimusobjekteista reaaliobjekteina, hän yleensä olettaa ne ilman muuta olemassa oleviksi. Toisin sanoen hän tulkitsee ne jonkinlaisen ontologisen realismin mielessä.³ Fenomenologian lähtökohta on toinen. Se ottaa tehtäväkseen selvittää objektien ilmenemisen tapahtumista ja ilmene-
misen mahdollisuusehtoja. Fenomenologian kielessä reaaliolio ei siten viittaa ontologisen

² Viittaamme aluksi fyysikaalisella yksinkertaisesti kaikkeen siihen, mitä fysiikka tutkii tai voisi tutkia.

³ Yleistäen ontologinen realismi olettaa tutkimusobjektit itseriittoisiksi, ihmisestä riippumattomiksi. Kriittisestä tieteellisestä realismista ja yleisemmin realismien eri muodoista, katso Niiniluoto, 1999.

The Event Horizon Telescope -ryhmä julkisti vuonna 2019 ensimmäisen kuvan mustasta aukosta.

realismin objekteihin, vaan se tarkoittaa oliota, joka ilmenee aistihavainnoissa ajallisena ja tilallisena, ajateltuna.

Kun tieteellinen tutkimus kiirehtii esittämään ”objektiivisia tosiasioita” ontologisesti itseriittoisina olettamistaan tutkimuskohteista, fenomenologisen asenteen mukaan se sivuuttaa todellisuuden ilmenemisen lähtökohdan, ajattelun ja kokemuksen. Edelleen se sivuuttaa sen alkuperäisen perustan selvitteilyn, jolle tutkimus aina viime kädessä rakentuu. Kuinka voitaisiin perin pohjin käsittää, mitä fyysiset objektit, kokeet ja teoriat todella ovat, jollei ensin ymmärrettäisi ajattelua, jossa ne alun perin ilmenevät?

Alustavasti ajatteluna pidetään tässä aktiiviteettina, joka on mielellistä ja kokemuksellista ja jossa inhimilliselle tietoisuudelle syntyy ymmärrys todellisuudesta. Kun tutkitaan ajattelua ajatteluna, sitä ei voi enää palauttaa mihinkään alkuperäisempään, kuten neurofysiologiseen tapahtumiseen aivoissa, vaan sitä on tutkittava sinä itsenään. Ei voida kuvitella mitään periaatteessakaan lähtökohtaisempaa inhimillisen kokemuksellisuuden analyysiä kuin kokemuksen tutkimuskokemuksena kokemuksessa.

VARMASTI OIKEAA

Kaikkeen tietoon sisältyy tulkintoja, ehtoja, edellytyksiä ja taustakonteksteja. Tieto fyysisen tutkimuksen objekteista syntyy moni-

mutkaisissa tutkimusprosesseissa, joissa teoria ja empiria punoutuvat yhteen.⁴ Uusien havaintojen myötä tieto lisääntyy ja täydentyä mutta saattaa joskus myös paljastua vääräksi. Teoriat ja mallit kehittyvät ja varmentuvat mutta osoittautuvat joskus puutteellisiksi. Silloin niitä korjataan ja korvataan uusilla. Joskus kehitys johtaa suuriin, koko fyysisen todellisuuskäsityksen muuttaviin mullistuksiin.

Onko ajattelussa fyysisistä objekteista kuitenkin jotakin, joka tiedetään ehdottomasti varmasti oikeaksi? Jotakin absoluuttisesti totta, joka voisi olla kaiken niitä koskevan tiedon alkuperäinen, edellytyksetön ja kiistaton lähtökohta? Vastaus on myönteinen. On kiistaton tosiasia, että ajatellessani mustaa aukkoa ajattelen mustaa aukkoa. En voi epäillä sitä, että minulla mustaa aukkoa ajatellessani on juuri tämä tietty kokemus. Samoin ajattelussani ilmenevän kokemuksen sisältö mustasta aukosta, alkuperäinen kokemukseni ”puhtaana” kokemuksena itsessään on ehdottoman varma. Sen sijaan sitä, vastaako tämä kokemus jotakin mahdollista reaalista oliota tai miten se sellaista vastaisi, en voi varmuudella tietää.⁵

Tämä absoluuttisesti tosi, alkuperäinen kokemus on fenomenologiassa kaiken tiedon

4 Katso esim. Eero Rauhala, 2013.

5 Kokemukseni lentävästä lohikäärmeestä voi olla tosi, vaikka sellaista olentoa ei reaalisenä, havaittavana oliona olisikaan olemassa.

On kiistaton tosiasia, että ajatellessani mustaa aukkoa ajattelen mustaa aukkoa.

ja sen kritiikin alkupiste. Edmund Husserl ottaa tämän lähtökohdakseen tavoitellessaan kuvausta yleisimmistä todellisuuden ilmenemisen tavoista: kaiken mahdollisen tiedon edellytysten, jopa reaalista ihmisestä riippumattoman, aivan yleisen subjektivisuuden ehtojen, toiminnan ja rakenteiden selvittämistä.⁶

MUSTA AUKKO AJANKOHTAISENA TUTKIMUSKOHTENA

Mustat aukot ovat ajankohtaisia.⁷ Viime aikoina ne ovat olleet astrofysiikan keskeisen mielenkiinnon kohteena. Vuoden 2020 fyysisen Nobelpalkinto myönnettiin⁸ mustien aukkojen tutkimuksista kolmelle tutkijalle. **Roger Penrose** (1965) osoitti ensimmäisenä teoreettisesti, että gravitaatoromahdus

6 Teos *Fenomenologian idea* (Husserl, 1995) on tiivis johdatus tiedon, sen kritiikin ja kokemuksellisuuden edellytysten analyysiin.

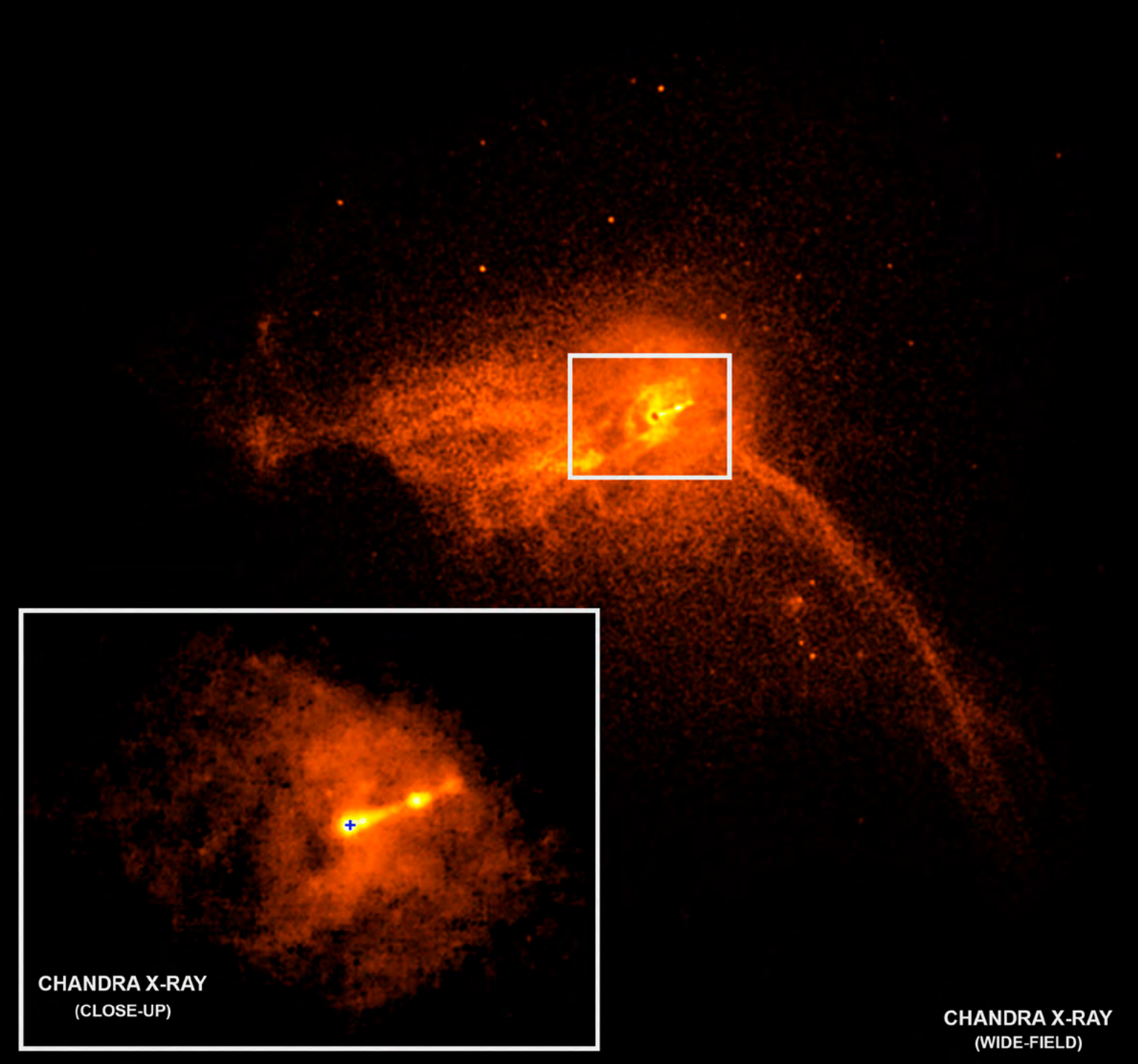
7 Viimeaikaisia yleisesityksiä mustista aukoista suomeksi ovat Tenkanen, 2021 ja Hotakainen, 2021.

8 The Nobel Prize in Physics, 2020; Gibney and Castelvecci, 2020.

ja avaruusajan singulariteetti ovat supermassiiviselle objektille mahdollinen seuraus **Einsteinin** yleisestä suhteellisuusteoriasta. Palkinnon saivat hänen lisäksi myös **Reinhard Genzel** ja **Andrea Ghez**, jotka ovat viime vuosina tutkineet teleskoopeilla oman Linnunratamme keskustassa olevaa objektia Sagittarius A. Sen uskotaan myös olevan musta aukko.

Fyysinen kuvaus mustasta aukosta alkaa teorian objektina. Yleisen suhteellisuusteorian ennusteen mukaan erittäin massiivisen astrofysiikkallisen objektin materia saattaa romahtaa gravitaation vaikutuksesta pisteeksi, avaruusajan singulariteetiksi. Mustan aukon reunan, niin sanotun tapahtumahorisontin rajapinnan sisältä edes valo ei pääse ulos, minkä vuoksi näitä objekteja on alettu kutsua juuri mustiksi aukoiksi. Materia aukon ympärillä kiertyy pudoten tapahtumahorisontin sisään, mutta tuottaa kuitenkin horisontin ympärillä kiihtyessään sähkömagneettista säteilyä, jota voidaan havaita.

Maaliskuussa 2019 mediassa herätti suurta huomiota ensimmäinen kuva mustasta aukosta galaksin M87 keskustassa. Kuva oli muo-



Mustia aukkoja on tutkittu *Event Horizon Telescope* -kollaboraation käyttämien menetelmien lisäksi röntgenaallonpituuksia hyödyntäen. Kuva esittää röntgensuihkua galaksissa M87 NASAn Chandra-röntgenteleskoopin havaitsemana.

Julkaistu kuva ei ole valokuva tavanomaisessa mielessä, vaan se on monien laskennallisten mallien avulla koostettu, teoreettisten ennusteiden mukainen muodoste radioaaltojen interferenssistä.

dostettu radioaaltojen havainnoista. Nämä monikansallisen *The Event Horizon Telescope* (EHT)-kollaboraation tutkimukset julkaistiin kuudessa tieteellisessä artikkelissa.⁹ Mustista aukkoista ja muun muassa niiden yhdistymisestä syntyneitä painovoima-aaltoja on havaittu vuodesta 2015 alkaen LIGO- ja Virgo-observatorioissa¹⁰. Mustia aukkoja on pidetty myös havaittujen neutriino- ja gammasäteilyn lähteinä. Niiden katsotaan aiheuttavan niin sanotun gravitaatiolinssi-ilmiön eli niiden takana havaittavista kohteista tulevan säteilyn taipumisen ja vääristymisen.

Musta aukko EHT-kollaboraation havainto-objektina edellyttää monimutkaista kokeellista järjestelmää. Teleskooppisysteemi koostui kahdeksasta erillisestä radioteleskooppiobservatoriosta, jotka sijaitsivat

eri puolilla maapalloa. Eri teleskooppien havaintodata useiden päivien ajalta synkronoitiin atomikellojen ja supertietokoneiden avulla vastaamaan täsmällisesti samaa aikaa. Näin oli mahdollista muodostaa vastaanotettujen radioaaltojen yhdistäminen, interferenssi. Syntyneistä interferenssikuvioista voitiin malleihin ja teoriaan nojautuen päätellä kohteen ominaisuuksia. Esimerkiksi sen massaksi saatiin 6,5 miljardin auringon massa.

Lopullinen julkaistu kuva muodostettiin käyttäen simulaatioita, suurta joukkoa matemaattisia ja tilastollisia menetelmiä¹¹. Se ei ole valokuva tavanomaisessa mielessä, vaan se on monien laskennallisten mallien avulla koostettu, teoreettisten ennusteiden mukainen muodoste radioaaltojen interferenssistä. Kuva on silmin katsottavissa vain, kun se esitetään valokuvana. Alkuperäisiä havaintojen radioaaltoja ei nähdä.

⁹ The Event Horizon Collaboration, *The Astrophysical Journal Letters*, 2019.

¹⁰ LIGO Observatory, 2021. Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory; The Virgo Collaboration, 2021. Virgo Gravitational Wave Detector.

¹¹ The Event Horizon Collaboration, 2019. Artikkelit III ja IV.

OLIO, SUBJEKTI JA OBJEKTI - FENOMENOLOGIAN PERUSKÄSITTEITÄ

Musta aukko ei tietenkään itse ole kuva mustasta aukosta. Se ei ole myöskään havainto sähkömagneettisista, gravitaatioaaltoista tai neutriinosäteilyistä. Fysiikon puheessa mustasta aukosta viitataan johonkin, josta nämä havainnot ovat, johonkin olioon havaintojen ”takana”. Jotta voitaisiin selvittää fenomenologisesti, miten ajattelu, havainnot ja oliot liittyvät toisiinsa, tarvitaan joitakin fenomenologian peruskäsitteitä.

Tässä kielessä olemassa oleva todellisuus, oleva, koostuu ja muodostuu olioista. Niiksi kutsutaan muusta olevasta erottuvaa ykseyttä, laajassa mielessä jotakin, joka ylipäänsä ”on”. Aina antiikista alkaneessa filosofian perinteessä oliota on luonnehdittu eri tavoin: muun muassa tunnusmerkkiensä ja ominaisuuksiensa kantajaksi, substanssiksi satunnaisine piirteineen, aisteissa annetun moninaisuuden sekä muodon ja materian ykseydeksi.¹²

Fysiikan materiaaliset ja konkreettiset oliot ovat esimerkiksi esineitä, kappaleita ja olentoja. Ne ovat ajallisia ja tilallisia. Toisin sanoen ne sijoittuvat aikaan ja paikkaan, ne voivat liikkua tai olla paikoillaan ja niitä havaitaan aistein tai havaintovälinein. Niitä ovat myös muun muassa eläimet, kasvit, ihmiset, oliot luonnon ja ihmisten aineelli-

sina muodosteina. Fenomenologian kielessä nämä oliot ilmenevät ajateltuina ja koettui-
na reaaliolioina.

Idealliset oliot eivät ilmene ajassa eivätkä paikassa.¹³ Ne ovat abstrakteja ja käsitteellisiä, aineettomia ja teoreettisia asioita. Fysiikassa niitä ovat luvut, symbolit ja suureet, kentät ja vuorovaikutukset sekä laajasti ymmärretynä myös esimerkiksi mallit ja teoriat, kuten gravitaatio, sähkömagnetismi, kvanttimekaniikka sekä alkeishiukkas- ja kvarkkimallit.

Oliota voitaisiin aluksi periaatteessa pitää ontologisesti neutraalina. Se voisi siis olla olemassa joko itsestään sellaisenaan, olematta minkään havainnon tai ajattelun kohteena tai toisaalta niin, että se on kohteena jollekin subjektille. Olio kohteena on objekti. Objekti on olio, joka asettuu kohtaamisessa subjektia vastapäätä. Erityisesti ajateltu olio on siten aina objekti.

Subjekti ja objekti määrittyvät suhteena toisilleen. Subjektiksi ymmärretään tässä se olio, kuten ihminen, jolle objekti kohteena ilmenee. Aikojen kuluessa tämä käsite on tarkoittanut eri asioita: esimerkiksi ”eniten olevaa” oliota, josta kaikki muu on riippuvaista, olevan itsenäistä ja riippumatonta lähtökohtaa ja perustaa. Sananmukaisesti se on viitannut johonkin ”perustana” tai ”alla” olevaan.

13 Fenomenologiassa erotetaan muitakin olioiden ilmenevyyden tasoja reaalisen ja ideaalisen lisäksi, kuten olioiden ilmenevyys ’aktuaalisina’ (saksaksi *reell*), toisin sanoen, ajallisina, mutta ei tilallisina.

Objektiivinen on sitä, mikä on peräisin objektista kohteena. Usein objektiivisella tarkoitetaan jotakin jaettua, yhteisesti hyväksyttyä, oikeaksi osoitettua ja validia, kuten puheessa ”objektiivisista tosiasioista”. Käsitteellä objektiivinen viitataan tässä ennen kaikkea kohteena olemiseen. Objektivointi on tällöin objektiksi asettamista tai asettumista. Tässä merkityksessä objekti olisi siis objektivoitu, tarkastelun, havainnon tai ajattelun kohteena oleva olio.¹⁴

AJATTELU KOKEMUKSENA JA MERKITYKSELLISYYTENÄ

Ajattelu ja sen suhde todellisuuteen on kenties suurin niin sanotuista filosofian ikuisuusongelmista. Ajattelu filosofisena ongelmana on loputtoman monitahoinen. Tässä rajoitetaan fenomenologiaan¹⁵, ja esitellään aluksi lyhyesti ajattelua osana kokemusta.

Kokemisella tarkoitetaan yleistäen kaikkea sellaista mielellistä aktiviteettiä, jossa jonkin asian merkitys ilmenee¹⁶. Merkitys puoles-

14 Objektista kohteena subjektille, katso esimerkiksi Husserl, 2011, 66–67, 128–154; Heidegger, 2018, 135–162.

15 Husserl tarkastelee yleisiä ajattelun rakenteita useissa kirjoituksissaan, laajasti etenkin varhaisteoksessaan *Loogisia tutkimuksia* (*Logical Investigations*, 2002, *Investigations V ja VI*, 77–320); Moran, 2006, 91–123; Zahavi, 2003, 7–31. Ajattelusta yleensä, katso esimerkiksi Himanka, 2002, 9–43; 2021.

16 Kokemus, kuten ajattelu, on filosofiassa myös erittäin laaja-alainen käsite. Tässä kirjoituksessa tähdentyy ajattelun ja kokemuksen merkitysluonne. Kokemuksen tutkimuksesta Suomessa, katso Kokemuksen tutkimuksen instituutti, Lapin yliopisto ja sen kirjasarja *Kokemuksen tutkimus I–VI*; Kukkola, 2018, 41–63.

taan on jonkin asian oivaltuva ymmärrys ja se kokemussisältö, jossa jokin ilmenee jonakin¹⁷.

Kokemusta ovat siten juuri ajatukset mutta laajassa mielessä myös esimerkiksi tieto, usko, tahto, tunteet ja arvot. Näissä kaikissa asia ymmärretään jonakin, joka merkitsee ja tarkoittaa meille jotakin. Kokemus ei siis ole esimerkiksi ainoastaan mieleenpainuva muisto tapahtumasta, havainto, kokeissa ja havainnoissa karttuva tai hankittu tieto tai taito. Merkityksellä ei samoin tarkoiteta ensisijaisesti vain kokemusta jostakin asiasta tärkeänä ja merkittävänä.

Tätä alustavaa yleistä luonnehdintaa yleiskäsitteestä kokemus on sitten täsmennettävä. Erotamme toisistaan kokemuksen eri ulottuvuuksia: kokemuksellisuuden, kokemisen ja kokemukset. Kokemuksellisuus eli tajunnallisuus¹⁸ on kaiken mielellisyyden perustava kokemisen kyky. Se on ihmisenä olemisen välttämätön, olemuksellisin ja syvin potentiaali, jota ilman meillä ei olisi kokemuksia. Kokeminen on mielen toimintaa ja sitä aktiviteettia, jossa kokemukset muodostuvat ja jossa tietoisuus kokemuksista herää. Kokemukset taas ovat tässä kokemisen aktiviteetissa syntyviä mielen sisältöjä. Nämä kokemus-

17 Seuraan kokemusta koskevassa käsitteistöissä lähinnä Lauri Rauhalan käyttöön ottamaa suomenkielistä terminologiaa, katso esimerkiksi Lauri Rauhala, 1992; 1995; 2009.

18 Lauri Rauhala (1995, 49) kutsuu kokemisen kokonaisuutta myös tajunnaksi, joka on ”merkitysten kehkeytymisen, niiden keskinäisiin suhteisiin asettumisen ja niiden jatkuvan muuttamisen prosessi”.

12 Husserl, 2011, 128–154; Heidegger, 1995, 17–28; 1996, 54–60; Kupiainen, 1996, 53–54.

sisällöt ovat juuri merkityksiä, ymmärrystä todellisuuden asioista ja olioista.

Kun ajattelu ymmärretään osana koke-musta, erotetaan edellisen tapaan ajattelemi-nen ja ajatussisällöt yleiskäsitteestä ajattelu. Ajattelemisen on mielen aktiviteettia, jossa ajatukset, ajatussisällöt ilmenevät.

AJATTELU INTENTIONA, TARKOITAVUUTENA

Ajattelu on aina jonkin ajattelua. Ajatusten, kokemusten tai merkitysten viittaavuutta johonkin kohteeseen kutsutaan fenomenologiassa intentioksi. Siinä kokemus kohdis-tuu johonkin muuhun kokemukseen sen itsensä ulkopuolella. Se tarkoittaa ja koskee jotakin kohdetta. Näin kohteen sanotaan ole-van intentioitu eli tarkoitettu.

Tarkoittavuus on mielen toiminnan perus-rakenne. Se kuuluu olemuksellisesti ajatte-luun ja kokemukseen. Intention tapahtumis-ta mielen jatkuvana aktiivisena toimintana ei tiedosteta, ja tarkoittaminen tapahtuu väistä-mättä, passiivisesti ja lakkaamatta. Kohdatut oliot ja asiat koostuvat ja jäsentyvät jatkuvas-ti ymmärretyiksi merkityksiksi.

Uudet merkitykset eivät kuitenkaan ilmes-ty tyhjästä. Ne syntyvät mielessä aiempien merkitysten perustalle, kun vielä jäsentymät-tömät ”merkitysaihiot” liittyvät aiemmin ym-märrettyjen merkitysten taustaan. Merkityk-siin liittyy siten sekä aktiivinen, aktuaalinen ja tiedostettu että ei-aktuaalinen ja tiedosta-

Fysikaalisessa kuvauksessa musta aukko ilmenee ajattelulle sitä kuvaavien fysiikan käsitteiden, kuten gravitaation, avaruusanjan, singulariteetin, radioaaltojen ja radiolähteen, avulla.

maton merkitysten ajallinen horisontti. Syn-tyy merkityssuhteita, joissa todellisuus tulee tiedostetuksi ja ymmärretyksi.

On tärkeä todeta, ettei kuitenkaan ole mahdollista ajatella objekteista mitä tahan-sa. Tarkoitettuina kohteina olevien objektien merkityksellisyys ei voi syntyä pelkästään yk-silöllisen subjektin mielen prosesseina. Vaikka merkityssuhteet syntyvät yksilöllisen inten-tion sisäisen mielekkyyden ohjaamina, niiden alkuperäinen perusta on yhteisöllinen. Niiden on vastattava sekä ihmisen omaa subjektiivis-ta ymmärrystä että muiden subjektien käsi-tystä todellisuudesta. Erityisesti tieteellisten objektien objektiivisuus edellyttää jatkuvaa tutkijayhteisön kontrollia ja verifikaatiota.

FYSIKAALINEN OBJEKTI KÄSITTEINÄ, MERKITYKSINÄ JA HAVAINTOINA

Fysikaaliset objektit ovat fysikaalisia kohteita vain, kun ne tulkitaan ja tematisoidaan sellaisina.¹⁹ Fysikaalisuus on eräs tarkastelun

¹⁹ Fenomenologian ja luonnontieteen suhdetta tarkastelee Himanka, 2010.

kohteena olevaan oloon liitetty laaja merki-tyksellisyyskooste: olioita ajatellaan silloin mitattavina ja laskettavina, konkreettisina ja aineellisina mutta myös aineettomina, abstrakteina ja käsitteellisinä. Käsitteellisiä fysikaalisia merkityskoosteita ovat muun muassa teoriat, laskennalliset ja matemaattiset mallit, joilla fy-sikaalisten objektien ominaisuuksia kuvataan.

Esimerkiksi tuoli on fysikaalinen objekti, kun sitä tarkastellaan kappaleena, joka voi-daan havaita tai jolla on massa, muoto, koko ja ainekoostumus. Fysikaalisena objektina tarkasteltaessa tuoli ilmenee edelleen tilallisena ja ajallisena sekä materiaalisena jossa-kin paikassa jollakin hetkellä. Ei-fysikaalisena tuolia ajatellaan vaikkapa istuimena, käyttö-esineenä, tarvekaluna tai taide-esineenä.

Fysikaalisessa kuvauksessa musta aukko ilmenee ajattelulle sitä kuvaavien fysiikan käsitteiden, kuten gravitaation, avaruusanjan, singulariteetin, radioaaltojen ja radio-lähteen, avulla. Nämä ja data-analyysiin liittyvät käsitteet, kuten Fourier-muunnos, inversio-ongelma ja dekonvoluutio²⁰, sisältä-

²⁰ The Event Horizon Collaboration, 2019, artikkeli III.

vät tutkijalle täsmällisiä ja hyvin määritelty-jä merkityksiä.

Käsitteellinen ajattelu koettuina merkityksi-nä on kuitenkin aina fysikaalistenkin tutkimus-objektien perusta. Mitään täysin mieletöntä ja käsittämätöntä ei voida edes kuvitella, tunnis-taa tai havaita. Kaiken on oltava ajateltavissa ja ymmärrettävissä. Uusienkin tieteellisten ha-vaintojen on jo ennalta oltava jollakin tasolla tunnettuja, ”esiymmärrettyjä”.²¹

Vaikka tieteiden kielten abstrakteilla muo-dosteilla on oma sisäinen käsite- ja suhde-järjestelmänsä, näidenkin käsitteiden mer-kitykset ovat ikään kuin lainassa arkiselta, ”luonnolliselta” kieleltä. Jotta voidaan käsit-tää formaalisten kielten, kuten logiikan ja matematiikan, abstrakteja ja spesifisiä lauseita, kaavoja, malleja ja teorioita, on näidenkin mielekkyysmuodosteiden lähteinä lopulta oltava esitieteellinen, jokapäiväisten käytän-töjen arkimaailma.²²

Reaaliset objektit ilmenevät alkuperäi-desti aistien välityksellä. Fysikaaliset kokeet havaintoina eivät kuitenkaan ole pelkkiä aistihavaintoja. Käytössä on suunnaton mää-rä koelaitteistoja ja -menetelmiä. Laitteisto

²¹ Heidegger muistuttaa, että kreikan *mathemata* tarkoitti alun perin antiikissa sellaista tietoa oliosta, jonka perustan jo ennalta tiedämme ja jonka voimme siksi oppia ja omaksua. Heidegger, 2011a, 189–193.

²² Husserl kutsuu tätä meille yhteisesti koettua ja itsestään selvää, jokapäiväisen elämän ja sen inhimillisten käytäntöjen arkimaailmaa *elämismaailmaksi*. Husserl, 2011, 48–53, 57, 66–67, 113–144; 1970, 379–383; Heidegger, 2011b, 302–304.

rekisteröi dataa, joka tutkijan kokemuksessa tulkitaan merkitsevä. Näin sen ymmärrettään tarkoittavan jotakin. Tämä merkityksen tarkoitavuus ilmenee jossakin teoreettisessa taustakontekstissa. Laitteisto on suunniteltu ja rakennettu johonkin tarkoitukseen, ja sillä voi tehdä vain tietynlaisia havaintoja.

Laitteistolla tehty havainto on ongelmallinen: Laitteisto ei ole yksinkertaisesti aistiemme jatke, vaan kokeet, menetelmät ja laitteistot sisältävät jo itsessään teoreettisia taustaoletuksia²³. **Bas van Fraassenin** (2001, 154–155) mukaan tekniset koelaitteet eivät avaa ikkunoita uusiin maailmoihin, vaan ne tuottavat uusia havainto-olioita, joita meidän pitäisi ymmärtää.

Muun muassa **Philipp Berghofer** (2018) ja **Harald Wiltsche** (2012) pohtivat aisteilla havaittavien ja ei-havaittavien fysikaalisten olioiden eroja fenomenologisesta näkökulmasta. Havainto-objektit eivät ilmene itsenään vaan symbolisesti ja epäsuorasti teorian ja laitteistojen välityksellä. Tässä ajattelussa kuva galaksin M87 mustasta aukosta ja havainnot niistä yleensä olisivat koemenetelmien ja -laitteistojen tuottamia artefakteja, joita voidaan ymmärtää vain päättelemällä teoreettisten taustarakenteiden pohjalta.

Kun fysiikan koejärjestelyjen tuottamat havainnot ovat ongelmallisia, mikä on kaikkien pelkistetyimpien havaintojen asema?

23 Teoriapitoisista, tiettyyn käsitteellisteoreettiseen kehyseen sitoutuneista havainnoista puhuivat 1960-luvulla Paul Feyerabend ja Thomas Kuhn. Niiniluoto, 1999, 115–116.

Miten aistihavainnosta päädytään merkitykselliseen havainnon objektiin? Entä mikä on lopulta musta aukko itse?

IDEAALINEN AJATTELUN OBJEKTI

Fenomenologisessa asenteessa maailman oliot saavat inhimillisen merkityksellisyytensä ihmisestä käsin ja objekteina ihmiselle. Inhimillisen subjektiviteetin toiminnassa jäsentyy ja koostuu – todellistuu – kokemukselle mielekäs ja merkityksellinen todellisuus. Tätä subjektiviteetin mielellistä prosessia kutsutaan konstituutioksi²⁴.

Todellisuuden konstituutio ihmiselle tapahtuu yksilöllisen subjektiviteetin, yhteistöllisyyden ja aiemmin konstituoituneen todellisuuden kehässä. Arkitodellisuuden konstituutio on yleensä suurelta osin passiivista ja tiedostamatonta, kun sitä vastoin tieteen objektien konstituutio edellyttää aktiivista, tietoista ja tavoitteellista ajattelua.

Todellisuuden oliot eivät siis ole valmiina odottamassa ihmisen havaintoa, vaan ne todellistuvat konstituutiosta ihmiselle havaittaviksi objekteiksi. Havainto suuntautuu subjektista ”ulospäin”, eivätkä objektit ”virtaa ulkoapäin” aisteille havaittaviksi. Keskeisissä

24 Konstituutio on fenomenologian peruskäsitteitä: Prosessi, jossa koostuu ja muodostuu jäsentynyt, mielekäs ja merkityksellinen käsitys todellisuudesta. Himanka kutsuu konstituutiota todellistumiseksi. Olioiden ja objektien konstituutiosta katso Husserl, 2012, 311–324; sekä muun muassa Himanka, 2002, 131–159; Sokolowski, 2008, 92–93.

Todellisuuden oliot eivät ole valmiina odottamassa ihmisen havaintoa, vaan ne todellistuvat konstituutiosta ihmiselle havaittaviksi objekteiksi.

perusteoksissaan²⁵ Husserl kuvaa havainto-olioiden objektivoitumista ideaalisiksi, käsitteellisiksi ajattelun objekteiksi.²⁶

HAVAINNON PERUSRAKENNE

Tarkastellaan aluksi näköhavaintoa. Kun katsotaan, nähdään heti jotakin. Nähty näyttäytymä ei ilmene ihmisen sisällä, hänessä itsessään, ei hänen silmissään, vaan se näkyy hänen ulkopuolellaan. Näköhavainto asettaa havaitun näkymän ihmisen ulkopuoliseen tilaan ja etäisyyteen. Näkymästä eriytyy, hahmottuu ja jäsentyy olioita. Olioiden ”aihiot” koostuvat ”aistiolioiden”, kuten näköolioiden ja tunto-olioiden, synteettisinä yhdistelminä, ilmentyminä.

25 Husserl analysoi olioita objekteina ensimmäisestä suurteoksestaan *Loogisia tutkimuksia* alkaen, jatkaen teoksissa *Ideat* (*Ideas*, 2012) ja *Kartesiolaisia mietiskelyjä* (*Cartesian Meditations*, 1999) ja *Eurooppalaisten tieteiden kriisi ja transsendentaalinen fenomenologia*, 2011, (*Crisis of the European Sciences and Transcendental Phenomenology*, 1970). Tässä viimeisessä teoksessa kiteytyvät aiemmat tutkimukset, erityisesti nyt käyttöön otettujen käsitteiden intersubjektivisuus ja elämismaailma avulla.

26 Katso etenkin Husserl, 2011, 145–174; 1970, 343–351.

Havaitut oliot objektivoituvat tiedosteiksi objekteiksi. Aistihavaintoon liittyy intentiossa tarkoitettu objekti, näköolio ilmenee jonakin. Objektit jäsentyvät itsestään ja väistämättä mitä moninaisimpina merkityksinä. Ihmiset sanovat jopa näkevänsä esimerkiksi esineitä, tavaroita, eläviä olentoja ja muita ihmisiä. Toisin sanoen he eivät näe vain puhtaita näköhavainto-olioita vaan merkityksellisiä objekteja.

Aistihavainto ja siihen välittömästi liittyvä merkityksen tarkoitavuus eivät ole erillisiä. Näitä prosesseja voidaan tällä tavoin kuvata vaiheittain vain teoreettisesti, ja havaintotapahtumassa ne ovat aina yhdessä. Havaittu jokin saa mielessä heti merkityksen jonakin.

OBJEKTI ITSESSÄÄN

Katsotaan sitten jotakin yksinkertaista kappaletta.²⁷ Jokaisessa yksittäisessä näköhavainnossa ilmenee eräs näkymä kappaleeseen. Jos katsotaan samaa kappaletta uudelleen eri

27 Husserl, 2011, 145–152

suunnista, eri etäisyyksiltä, eri valaistuksissa ja eri aikoina, näkymät ovat aina erilaisia. Katselemista voidaan jatkaa ja saada uusia näkymiä. Vaikka ilmentymät alati vaihtelevat, havainnoissa uskotaan silti piilevän jatkuvasti tämä sama kappale. Jokin havainnossa siis säilyy, mikä se on?

Koska ilmentymät eroavat, nämä ilmentymät eivät voi olla se yksi ja sama kappale itsessään. Tämä samana säilyvä jokin on juuri intention tarkoitettu objekti, kappale itse. Tämä objekti itse on ilmentymien ”lävitse” intentionaalisuuden koostama idea. Mielen tarkoittavuus ”ylittää” havaintojen ilmentymät, se objektivoi kappaleen ideana muuttuvien aisti-ilmentymien ”takana” ja suuntautuu havainnon objektiin.

Tämä on havainto-olion objektivoinnin ja idealisoinnin alkukohta. Syntyy käsitys olion ilmenemisten loputtoman jatkuvuuden ”takana” olevasta invarianssista: ajatus kokonaisesta, täydellistyneestä objektista, jossa kaikki olion ominaisuudet ovat koostuneet ehjäksi ja absoluuttiseksi ykseydeksi, objektiksi itsessään. Fysikaalinen objekti muuttuu ideaalisesti olemassa olevaksi subjektin merkityssuhteeksi. Ideaalinen merkitys syntyy syntetisoivan ja objektivoivan intention aktin sisältönä.

MUSTA AUKKO AJATELTUNA OBJEKTINA

Kaikki ajattelu on aina ideaalista ja sen objektit ideaalisia merkityskokonaisuuksia.

Näitä ovat muun muassa mallit ja teoriat. Ideaalisia ovat myös merkitykset, jotka tarkoittavat sekä havainnon ilmentymiä että objektia itseään. Kun merkitykset saavat yhä lisää havainnollista sisältöä, kohteita aletaan ajatella aikaan ja paikkaan sijoittuvina reaalina objekteina. Havaittu reaalin objekti koetaan sitä todempana, mitä vahvempi on havaintojen tarjoama ilmeisyys ja evidenssi.

Ajateltujen ideaalisten merkitysten todellistuminen reaalina edellyttää siis havaintoja. Sekä teoreettiset että havainnon ilmentymiä tarkoittavat merkitysisällöt sisältävät tulkintoja ja näkökulmia, ja ne ovat muuttuvia, osittaisia, sekä tilanne- ja aikasidonnaisia. Nämä merkitysisällöt eivät ole objektia itseään tarkoittavia merkitysisältöjä. Objekti itse on intentiossa tarkoitettu, kuviteltu, osittaiset ja muuttuvat teoriat ja havainnot ”ylittävä”, muuttumaton tarkoitteen kohde itsessään ja täydellisessä kokonaisuudessaan.

Fysikaalinen kuvaus mustasta aukosta alkaa gravitaatioteorian ennustamana teoreettisena oliona. Sitä ajatellaan jossakin paikassa tietyllä hetkellä olemassa olevana reaalina objektina, kun yhä lisääntyvät havainnot radioteleskoopeilla ja muilla havaintolaitteilla vastaavat teoreettisia ennusteita. Radiosäteily Neitsyen tähdistön galaksin M87 mustasta aukosta havaitaan täällä ja nyt, kun säteily on matkannut 54 miljoonaa vuotta avaruuden halki. Musta aukko ymmärretään reaalina objektina teorian ja empirian vastavuoroises-

Fenomenologinen kuvaus mustasta aukosta alkaa kysymällä niitä ehtoja ja edellytyksiä, jotka tekevät sen ajattelun – mustan aukon fysikaalisen kuvauksen – mahdolliseksi.

sa, kehämäisessä tutkimusprosessissa. Teoria ja empiria vaikuttavat toisiinsa molempiin suuntiin: havainnot ovat teoriapitoisia ja teoriat ”havaintopitoisia”.

Fenomenologinen kuvaus mustasta aukosta alkaa kysymällä niitä ehtoja ja edellytyksiä, jotka tekevät sen ajattelun – mustan aukon fysikaalisen kuvauksen – mahdolliseksi. Se osoittaa, että ajattelu edeltää kaikkea fysikaalista kuvausta. Se pyrkii paljastamaan niitä välttämättömiä ajattelun ja kokemuksen rakenteita, joissa käsitys mustasta aukosta todellistuu. Tieto mustista aukoista verifioituu tutkijayhteisöjen yhteisöllisissä vuorovaikutuksissa jaetuiksi ja yleisiksi käsityksiksi näistä objekteista.

Vahvin havainnollinen evidenssi mustista aukoista sisältää kaiken tällä hetkellä olemassa olevan empiirisen tiedon, havainnot mustista aukoista sähkömagneettisen säteilyn, gravitaatioaaltojen ja neutriinosäteilyn lähteenä. Havainnot tarkentuvat ja parantuvat ajan myötä, mutta ne ovat silti aina

osittaisia kaikkiin mahdollisiin havaintoihin nähden. Havainnon objektina musta aukko on reaalin. Intentiossa tarkoitettuna kohteena se on vajavaiset havainnot ylittävä, niiden ”taakse” ajateltu objekti täydellistyneenä kokonaisuutena.

TODELLISUUS AJATELTUNA

Olen kävelyllä metsässä ja istahdan kivelle. Kivi on tässä ja nyt, polun vieressä, mustikanvarpujen ja puiden keskellä. Kivestä tulee istuin, kun huomaan, että sillä voi istua. Ennen tätä huomiota kivi metsässä ei ollut istuin. Kivi istuimena ei kuitenkaan tässä tilanteessa äkkiä lennähdä paikoilleen metsään, vaan kivi saa ajattelussani uuden merkityksen istuimena.

Kivi, metsä, polku, ja muut asiat ovat kuitenkin niin ikään oliona saaneet merkityksellisyytensä aistihavainnoista lähtien tulkittuna ja koettuna ihmisen mielellisinä jäsenyyksinä. Ennen ihmistä kiveä ei ollut kivenä olemassa sellaisena objektina kuin

sen nyt kivenä ymmärretään. Oliot, kuten kivet, ovat ihmisille olemassa ja todellistuvat osaksi todellisuutta toisaalta juuri näissä merkityksellisyyksissä.

Mitä sitten oli ”kiven paikalla” ennen jäsenystä tästä oliosta kivenä? Tähän kysymykseen ei voida vastata, sillä mikä hyvänsä määre tai kuvaus – esimerkiksi jotakin hahmotonta, eriytymätöntä tai vielä ei-jäsentynyttä olemista – ilmaisisi jo jonkin inhimillisen jäsennyksen. Tämän ”jäsentymättömän” oli vain mahdollista jäsentyä kivenä ihmiselle. Yleisemmin olioksi tuleminen edellyttää jäsentävää subjektia, esimerkiksi ihmistä, sekä mahdollisuutta oliona jäsentymiseen.²⁸

Todellisuuskäsitys Husserlin fenomenologiassa tulkitaan yleensä radikaalina mutta johdonmukaisena ja tinkimättömänä: Kun kaikki todellisuuden merkityksellisyys ja mieli voi ilmetä vain kokemuksellisuuden jäsentämänä, siitä seuraa väistämättä, että jokin hypoteettinen, täysin tämän kokemuksen ulkopuolelle postuloitu todellisuus on sananmukaisesti merkityksetöntä ja mieletöntä. Miten voitaisiin olettaa olevaksi jotakin sellaista, joka aina ja ehdottomasti on

28 Tämä pohdinta kivistä metsässä on esimerkki fenomenologisesta, transsendentaalisesta asenteesta, joksi Husserl kutsuu sitä filosofista asennoitumista, jossa kysytään todellisuuden ilmenemisen edellytyksiä ja mahdollisuusehtoja. Se reflektoi arkielämän ja tieteellisen tiedon todellisuuskäsitystä, luonnollista asennetta, jossa todellisuus ymmärretään reaaliobjekteina olemassa olevana, kuten edellä fysikaalisessa kuvauksessa mustista aukoista. Transsendentaalisella Husserl tarkoittaa ”kaikkien tiedollisten muodosteiden perimmäisen lähteen” kysymistä. Husserl, 2011, 92, 66–67; Sokolowski, 2008, 42–65.

Ajatus ajatella jotakin ajateltavuuden ulkopuolella on sisäisesti ristiriitainen.

kaiken ajateltavuuden ulkopuolella? Siellä ei voida käydä katsomassa minkälainen musta aukko ”tosiasiassa”, meistä riippumattomana on, ja palata sitten takaisin tällä tiedolla valaistuneena.

Jo yritys tavoitella jotakin ajattelun takana edellyttää ja ilmentää ajattelua. Ajatus ajatella jotakin ajateltavuuden ulkopuolella on sisäisesti ristiriitainen. Ajateltua objektia ei myöskään voi pitää jonkin realistisesti ymmärretyn objektin kuvana tai representaationa subjektin mielessä.

Jos nimittäin mielikuva olisi jokin mielestä riippumattoman olion edustus subjektin mielessä, oletettava uusi oliotaso olisi alkuperäisen ideaalisen objektin ”takana”, josta edustus olisi. Tämä uusikin olio olisi jälleen objekti subjektin mielessä. Jouduttaisiin loputtomaan ketjuun, mikä on tässä ajattelussa absurdia. Olemassaolo kokemuksellisten merkityssuhteiden ulottumattomissa edustaa ”myyttisiä rakenteita”²⁹, kuten objektit jyrkän ontologisen realismin mielessä tai filosofi **Immanuel**

29 Husserl, 2011, 97–113; 1999, 84.

Kantin ”oliot sinänsä”, jos ne tulkitaan oleviksi maailmassa ajateltavuuden ulkopuolella.

Samalla tavoin kaikki luonnon prosessit, kaikki asiat, asiainlat ja tapahtumat jäsentyvät lopulta merkityksiä omaaviksi ja ymmärretyiksi tosiasioiksi vain kokemuksellisuudessa.

TIETEEN LÖYDÖSTEN OLEMASSAOLO

Entä tieteen tulevat löydökset? Ovatko ne jo jossakin valmiina meitä odottamassa? Ja kääntäen, olivatko mustat aukot olemassa, ennen kuin ne ”löydettiin”? Fenomenologisessa mielessä eivät, sillä ne todellistuvat olemassa oleviksi merkityksellisyyksiksi vasta inhimillisessä ajattelussa.³⁰

Salama taivaalla voi tulla sähköilmiönä olemassa olevaksi vasta, kun ihmiset ovat ensin keksineet sähkön. Koski joessa ei ollut energialähde ennen ymmärrystä siitä, mitä

30 Himanka (2002) tutkii kysymystä auringon olemassaolosta ennen ihmistä teoksessaan *Se ei sittenkään pyöri*. Meillassoux'n (2009) transsendentaalifilosofian ja fenomenologisen asenteen kritiikki lähtee yliajallisten, ennen ihmistä sattuneiden tapahtumien mielekkyyden tarkastelusta.

energia on. Niitä merkityksellisyyksien koosteita, joita nyt kutsutaan mustiksi aukoiksi ei ole voinut olla olemassa ennen niiden todellistumista merkityksellisyyksinä ihmisille, esimerkiksi gravitaatioteoriassa ja havainnoissa mustista aukoista. Kuten edellä kivi-esimerkissä, nytkään ei voida ilmaista, mitä oli ”mustan aukon paikalla” ennen inhimillisiä jäsennyksiä.

Ennen kokeellisia havaintoja mustat aukot olivat vain teoreettisia objekteja. Empiirisiin objekteina ne ilmenevät tutkijoiden ajattelulle, aluksi radioteleskoopeilla havaittuina tietyllä tavalla havaintohetkellä, tietyssä paikassa avaruudessa. Havaintojen ja teorian perusteella niihin liitetään sitten monia erilaisia mustia aukkojen fysikaalisia ominaisuuksia.

Fenomenologisessa asenteessa mustat aukot tulevat olemassa oleviksi merkityksellisyyksien koosteina matemaattisfysikaalisessa ja käsitteelliskielellisessä jäsennyksessä. Niitä kuvataan fysiikan käsitteillä. Ne käsitetään juuri sellaisina kuin ne nyt ilmenevät teorian ja empirian yhteispelissä, historiallisessa ja ajallisessa kontekstissa.

”Löytäminen” tarkoittaa siten ilmiön uuden merkityksellisyyden oivaltamista ajattelussa. Ennen löytämistään olevaksi oletettu, niin mennyt kuin tulevakin, saa mielekkyytensä vain projektioina ja ekstrapolaatioina nykyisestä. Todellisuutta jäsentävä subjektiivisuus, esimerkiksi inhimilliset kokemukset tilalli-

suudesta ja ajallisuudesta, ovat välttämättömiä edellytyksiä olioiden olemassaololle paikallisina ja ajallisina objekteina.

AJATTELUN JA OLEMISEN VASTAVUOROINEN OLEMISUHDE

Inhimillinen kokemuksellisuus hämmästyttävänä ihmismielen potentiaalina on kaiken kohdatun todellisuuden lähtökohtainen edellytys. Kokemuksellisuus ja siinä syntyvä ajattelu ovat järjestyneen maailman ja organisoituneen todellisuuden perusta. Todellisuuden laajin mahdollinen ulottuvuus olioiden kokonaisuutena on maailma, olevuuden kaikenkattava näköpiiri. Kokemus todellisuudesta syntyy kolmiosaisen rakenteen synteessissä: prosessissa, jossa yksilöllinen subjektiviteetti, yhteisöllisyys ja niille jäsenyvä merkityksellinen todellisuus kietoutuvat yhteen.

Fenomenologia asettuu subjektimetafysiikan, saksalaisen idealismin ja eurooppalaisen transsendentaalifilosofian perinteeseen. Husserl saa vaikutteita muun muassa **René Descartes’ilta**, Immanuel Kantilta, **G. W. F. Hegeliltä** ja **Franz Brentanolta**, mutta hän katsoo oman filosofiansa monilta osin näiden ajattelua alkuperäisemmäksi. Hän pitää fenomenologiaa transsendentaalifilosofian kehittyneimpänä muotona ja esimerkiksi dualistisia erotteluja, kuten monismi–pluralismi, idealismi–realismi ja subjekti–objekti, edeltävänä ja selittävänä.

Husserlin seuraaja **Martin Heidegger** avaa fenomenologiaan uusia näkökulmia. Hän tutkii erityisesti ihmisen olemassaoloa ja ajattelua ainutlaatuisessa ja jatkuvasti ainutkertaisessa ihmisen tilanteessa, sen äärellisessä ja ajallisessa, historiallisessa ja kulttuurisessa maailman kontekstissa. Myös hänelle ajattelu on merkityksellisyyttä mutta myös avoimuutta olemisen tapahtumille. Hän erottaa aluksi olevan – sen mikä ilmenee – ja olemisen – sen että ilmenee. Myöhemmin oleminen täsmentyy hänellä itse mielekkään todellisuuden rakentumisen prosessiksi.

Subjekti ja objekti määrittyvät suhteena toisilleen: kumpikin on jotakin jollekin. Ihmissubjektille objektit ilmenevät yhtäältä koettuina merkityksinä, ja toisaalta subjekti tulee kokevana ihmisenä olemassa olevaksi juuri koettuina merkityssuhteina todellisuuden objekteihin. Inhimillinen ajattelu subjektina ja sen objektit olevan todellisuutena vaativat siten välttämättä toisensa vastavuoroisessa todellisuuden olemissuhteessa, eikä niitä voi olla toisistaan erillisinä.

Kvanttimekaniikan tulkinnasta ja ihmissubjektin asemasta mikrofysiikan ilmiöiden havaittajana on väitelty vuosisadan ajan. Fenomenologisen katsantokannan mukaan kaikilla fysiikan alueilla tulisi luopua dualistisesta näkemyksestä, jossa havainnoivaa subjektia ja itseriittoista tutkimusobjektia ajatellaan erillisinä.

Mustat aukot todellistuvat ajateltuina objekteina teorian ja empirian moniulotteisessa tutkimusprosessissa. Havaintokohteena niitä ajatellaan reaalina, konkreettina ja materiaalisina objekteina. Ne ovat sitä todempia, mitä täydemmin niitä tarkoittavat merkityksellisyydet toteutuvat havainnoissa. Musta aukko itse on havainnot ylittävä, ajattelussa tarkoitettu kohde, tavoitteellinen ja täydellistynyt ykseys, fysikaalinen objekti ajateltuna ideana.

—
Kiitän Jussi Backmania ja Juha Himankaa valaisevista keskusteluista ja arvokkaista kommentteista.

—
Eero Rauhala on fysiikan dosentti Helsingin yliopistossa.

KIRJALLISUUS

- Backman, Jussi, 2005. *Omaisuuksia ja elämä – Heidegger ja Aristoteles kreikkalaisen ontologian rajalla*. Niin & näin -lehden filosofinen julkaisusarja.
- Berghofer, Philipp, 2018. Transcendental Phenomenology and Unobservable Entities. *Perspectives* 7(1), 1–13.
- Dimitrios, Psaltis et al., (EHT Collaboration) 2020. Gravitational Test beyond the First Post-Newtonian Order with the Shadow of the M87 Black Hole. *Physical Review Letters*. 125, 141104.
- The Event Horizon Collaboration, 2019. <https://eventhorizontelescope.org/press-release-april-10-2019-astronomers-capture-first-image-black-hole> (Luettu 11.10.2021). First M87 Event Horizon Telescope results. Artikkelit I–VI. *The Astrophysical Journal Letters*, 875, Pp. 1–6.
- Gibney, Elizabeth and Castelvecci, Davide, 2020. Physicists who unraveled mysteries of black holes win Nobel prize. *Nature* 586, 347–348. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02764-w> (11.10.2021).

- Heidegger, Martin, 1995. *Taideteoksen alkuperä*. Kustannusosakeyhtiö taide, Helsinki. Suom. Hannu Sivenius.
- Heidegger, Martin, 1996. *Olio. Niin & näin, 4/96*. Suom. Reijo Kupiainen.
- Heidegger, Martin, 2011a. Modern science, metaphysics and mathematics. Teoksessa *Basic Writings*, Routledge. London, UK and New York, USA. 187–212.
- Heidegger, Martin, 2011b. The way to language. Teoksessa *Basic Writings*, Routledge. London, UK and New York, USA. 285–306.
- Heidegger, Martin, 2018. *Perusteen periaate*. Kustannusosakeyhtiö Teos, Helsinki. Suom. Miika Luoto.
- Himanka, Juha, 2002. *Ei se sittenkään pyöri. Johdatus mannermaiseen filosofiaan*. Tammi, Helsinki.
- Himanka, Juha, 2010. Fenomenologia ja luonnontieteet. Teoksessa *Fenomenologian ydinkysymyksiä*. Gaudeamus, Helsinki. 79–96.
- Himanka, Juha, 2021. *Filosofia ja tämä elämä*. Kustannusosakeyhtiö Teos.
- Hotakainen, Markus, 2021. *Mustat aukot. Ajan ja avaruuden rajoilla*. Otava, Helsinki.
- Husserl, Edmund, 1970. *The Crisis of European Sciences and Transcendental Phenomenology*. Northwestern University Press. Evanston, USA.
- Husserl, Edmund, 1995. *Fenomenologian idea*. Loki-kirjat, Helsinki. Suom. Juha Himanka, Janita Hämäläinen, Hannu Sivenius.
- Husserl, Edmund, 1999. *Cartesian Meditations*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Husserl, Edmund, 2002a. *Logical Investigations*. Vol. 1. Routledge. London, UK, and New York, USA.
- Husserl, Edmund, 2002b. *Logical Investigations*. Vol. 2. Routledge. London, UK, and New York, USA.
- Husserl, Edmund, 2011. *Eurooppalaisten tieteiden kriisi ja transsendentaalinen fenomenologia*. Gaudeamus. Helsinki. Suom. Markku Lehtinen.
- Husserl, Edmund, 2012. *Ideas*. Routledge. New York, USA.
- Kokemuksen tutkimus I–VI, 2005–2018. Lapland University Press, Rovaniemi.
- Kukkola, Jani, 2018. Kokemuksen tutkimuksen metatiede: Kokemuksen käsitteen käytön ja kokemuksen ehtojen tutkimus. Teoksessa *Kokemuksen tutkimus IV*. Lapland University Press, Rovaniemi.
- Kupiainen, Unto, 1996. Olion anatomiaa. *Niin & näin, 4/96*. LIGO Observatory, 2021. <https://www.ligo.caltech.edu> (1.11.2021).
- Meillassoux, Quentin, 2009. *After Finitude*. Continuum. London, UK.
- Moran, Dermot, 2006. *Introduction to Phenomenology*. Routledge, Taylor & Francis Group. New York, USA.
- Niiniluoto, Ilkka, 1999. *Critical Scientific Realism*. Oxford Univ. Press. New York, USA.
- The Nobel Prize in Physics, 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/> (11.10.2021).
- Penrose, Roger, 1965. Gravitational Collapse and Space-Time Singularities. *Phys. Rev. Lett.* 14 (3), 57–59.
- Rauhala, Eero, 2013. Higgsin hiukkanen ja Husserlin

subjektiviteetti. *Tieteessä tapahtuu* 31 (4), 13–21.
<https://journal.fi/tt/article/view/8252/6259> (11.10.2021).

Rauhala, Lauri, 1992. *Henkinen ihmisessä*.

Yliopistopaino, Helsinki.

Rauhala, Lauri, 1995. *Tajunnan itsepuolustus*.

Yliopistopaino, Helsinki.

Rauhala, Lauri, 2009. *Henkinen ihminen*. Gaudeamus, Helsinki.

Sokolowski, Robert, 2008. *Introduction to Phenomenology*.

Cambridge Univ. Press. New York, USA.

Tenkanen, Tommi, 2021. *Matka mustaan aukkoon*.

Tähtitieteellinen yhdistys Ursa, Helsinki.

Van Fraassen, Bas, 2001. Constructive empiricism now.

Philosophical studies 106, 151–170.

The Virgo Collaboration, 2021. <https://www.virgo-gw.eu>

(1.11.2021).

Wiltsche, Harald, 2012. What is wrong with Husserl's scientific anti-realism. *Inquiry* 55(2), 105–130.

Zahavi, Dan, 2003. *Husserl's Phenomenology*. Stanford Univ.

Press. Stanford. New York, USA.