



Gravitaatioaaltojen havaitseminen

Janna Levin: *Mustan aukon blues ja muita ääniä ulkoavaruudesta*. Suomentanut Markus Hotakainen. Ursa 2016.

Vuonna 2015 syyskuun 14. päivän aamuna kello 5.51 Pohjois-Amerikan itärannikon aikaa ihmiskunta vastaanotti ensimmäiset suorat todisteet mustista aukoista ja kaareutuneesta aika-avaruudessa etenevistä gravitaatioaalloista. Havainnot tehtiin kahdella Yhdysvalloissa sijaitsevalla LIGO-kollaboraation gravitaatioaaltoilmaisimella, jotka vastaanottivat toisiinsa sulautuvien mustien aukkojen lähettämän signaalin seitsemän millisekunnin viiveellä toisistaan ja näin todensivat gravitaatioaaltojen olemassaolon. Sittemmin varmistettuja havaintoja on tehty lisää, ja tulevaisuudessa niitä tehdään lähes päivittäin.

Columbian yliopiston fysiikan ja tähtitieteen professori, yhdysvaltalainen Janna Levin on kertonut tästä monumentaalisesta saavutuksesta vivahteikkaan kertomuksen, joka antaa äänen LIGO-havaintolaitteiston kehittäjille. Vaikka kirjan aiheena ovat gravitaatioaalto ja niiden kautta erilaiset astrofysiikan kohteet, kuten mustat aukot, on kysymyksessä vähemmän tavanomainen tietokirja. Kirja on kertomus suuren tutkimusyhteisön ja vuosikymmeniä kestäneen valtavan havaintolaitteiston rakentamisesta. Sen näkökulmaksi on valittu yksittäiset tutkijat ja kontekstiksi gravitaatioaalto. Kirjailija itse pukee tämän sanoiksi parhaiten:

Yhtä lailla kuin tämä kirja on kronikka gravitaatioaalloista – maailmankaikkeuden historian äänitallenteesta, mykkäelokuvaan istuvasta taustamusiikista – se on kunnianosoitus idealismille, eepiselle ja pelottavalle kokeelliselle yritykselle, kunnianosoitus hulluille haaveille.

Kirjalle on ominaista, että fyysikkää ja tieteen tekemistä yleensä lähestytään valikoitujen henkilöiden elämäntarinoiden kautta. Fysiikaalinen ilmiömaailma jää useimmiten sivuosaan, kun toisinaan riemastuttavat, mutta vielä useammin traagiset henkilökuvat valtaavat näyttämön etualan. Valinta ei ole huono, sillä kirja lienee näin paitsi helpommin lähestyttävä, myös kiinnostavampi sellaisellekin lukijalle, jota mustat aukot ja erikoisobservatoriot gravitaatioaaltojen äänirautoina eivät liiemmin sykkähdytä.

Pieneen määrään fyysikkää on lukijan kuitenkin oltava valmis perehtymään. Oleellimmat fysiikkaan liittyvät käsitteet ja ilmiöt käydään niitä käsittelevissä luvuissa riittävällä tasolla läpi, mutta joissakin kohdissa kirja olettaa lukijaltaan yllättävänkin laajoja perustietoja kosmologiasta ja yleisestä suhteellisuusteoriasta. Gravitaatioaalto kuitataan, sen enempää selittelemättä, aika-avaruuden rakenteen aaltoiluna ja maailmankaikkeutta kuvaavan kartan todetaan kevyesti ulottuvan 45 miljardin valovuoden etäisyydelle. Tämä varmasti hämmentää osaa lukijoista, jotka tietävät maailmankaikkeuden iän olevan noin 14 miljardia vuotta ja valonnopeuden vakio. Useimpien peruskäsitteiden kertaus ei siis olisi mielestäni ollut pahitteeksi.

Myös gravitaatioaaltojen merkityksen käsittely fysiikan tutkimuksen kannalta jää harmillisen vähäiseksi. Tältä osin kirja keskittyy lähinnä tunnelmoimaan toisiinsa kiertävien mustien aukkojen havaitsemisella, mutta erityisesti kosmologian ja gravitaation sy-

vemmän olemuksen tutkimuksen kannalta yksittäiset kohteet ovat epäolennaisia. Kirjan heikoin puoli onkin, ettei se aseta huikeasta saavutuksesta kertovaa tarinaa riittävän suuriin kehyksiin. Sisällön voi kuitenkin ottaa vain tiedehistoriallisena kuvauksena yhdestä maailman suurimman ja perustamisvaiheeltaan haastavimman havaintolaitteiston käynnistämisen ja rakentamisprosessista keskittymättä fysiikkaan sen tarkemmin.

Fysiikan ilmiömaailman sijaan koelaitteistoon paneudutaan huolellisemmin. LIGOn havaintoasemat koostuvat kahdesta toisiaan vastaan kohtisuorassa olevasta nelikilometrisestä putkesta, joissa risteilee valonsäteitä. Kun gravitaatioaalto pyyhkäisee maan läpi, siirtää tämä putkien päässä olevia peilejä siten, että valonsäteet eivät kohtaakaan putkien risteyskohdassa samalla tavalla kuin tilanteessa, jossa gravitaatioaalto ei ole läsnä. Aallot huojuttavat koko avaruutta tavalla, joka on "kuultavissa" valonsäteitä tarkkailemalla (kirjan nimi viittaa analogiaan mustien aukkojen lähettämien gravitaatioaaltojen ja tavallisten ääniaaltojen välillä), mutta vain jos koejärjestely on tehty huolella ja eristetty virhelähteistä.

Kirjan luonnehdinta tähän lähes mahdollittamaan tehtävään liittyvistä haasteista on osuva:

LIGO on äärimmäisen herkkä seismiselle värinälle. Se on monen muun asian ohella erinomaisen seismometri. Koje kuulee esimerkiksi sisäätuloväylillä kulkevat rekat. Jopa ilman akustiikka on ollut ongelma, ja data-analyttikot löysivät kohinasta yhteyden paikallisen lentoaseman saapuvien ja lähtevien koneiden aikataulujen kanssa.

Tällä laitteistolla on tarkoitus havaita gravitaatioaaltoja mitaamalla putkien välisen etäisyyden muutos, joka on "pienempi kuin hiuksen paksuus verrattuna 100-miljardikertaiseen Maan ympärysmittaan". Tähän pystymisen ja datan luotettava analysoin-

ti ovat uskomattomia saavutuksia, joille jaetaan lähivuosina Nobel-palkintoja.

Ennen kaikkea kirja on kuitenkin kuvaus siitä kivisestä tiedestä, jonka ihmiset LIGOn takana ovat joutuneet paljauttamaan. Kirja on tarina paitsi suurista saavutuksista ja kunniakkaista voitoista, myös massiivisista pettymyksistä, henkilökohtaisista tragedioista ja urahaaveiden romuttumisista. Havaintoja gravitaatioaaltoista jo 1960-luvulla virheellisesti julkistaneen Joe Weberin kohtalo on karu esimerkki siitä, mitä väärässä olemisesta voi pahimmillaan seurata niin henkilökohtaisella kuin tieteenalakohtaisellakin tasolla. Weberin oma ura tuhoutui ja hänen paisutellut tutkimustuloksensa olivat halvaannuttavaa koko alan kehityksen.

Kip Thorne, Rai Weiss ja Ron Drever onnistuivat kuitenkin luomaan vuosikymmenten mittaisella työllään menestyksekkään havaintolaitteiston, jolla gravitaatioaalto pystyttiin viimein kuulemaan. Kirja on osuva ja toisinaan koskettavakin kuvaus palosta työskennellä yhteisen päämäärän eteen silloinkin, kun tutkijat eivät tule toimeen keskenään.

Merkittävä käännekohta kirjan seuraamassa tarinassa on, kun rahoittajat toteavat Caltechissa ja MIT:ssä työskennelleiden yksittäisten tutkimusryhmien hankkeiden menestyvän vain, jos ne yhdistyvät ja kasvavat suureksi, satojen tutkijoiden ja insinöörien yhteisöksi. Tässä kirja on parhaimmillaan, koska on kiinnostavaa seurata, kuinka tutkimusprojekti kasvaa todelliseksi Big Science -hankkeeksi ja millaisia kiemuroita kytkeytyy rahoittajatahon, Yhdysvaltain kansallisen tiedesäätiön NSF:n, vaatimuksiin ja tukimahdollisuuksiin.

Erityisesti hankkeeseen liittyvä poliittinen lobbaus kuvataan kiinnostavasti. Kahden vuoden ankara poliittinen kampanjointi rahoituksen saamiseksi, kongressin lisämäärärahan hakeminen ja havaintoasemien sijoituspaikkoi-

hin liittyvä aluepoliittinen taistelu ovat vain esimerkkejä tieteentönnössä. Luulen, että Cernissä sijaitsevan maailman suurimman hiukkaskiihdyttimen LHC:n rakentamisen eri vaiheista irtoaisi varmasti vieläkin mehukkaampia tarinoita.

Oli kysymyksessä sitten tieteenteko tai lobbaus, on hieman surullista huomata Levinin kirjan olevan kertomus miehistä koelaitteiston takana. Nimenomaan miehistä, sillä naisia ei kirjassa juuri esiinny. Juuri ensimmäisen naispääjohtajansa saaneessa Cernissä asia lienee jo tänä päivänä toisin, mutta tästäkin olisi kiinnostavaa lukea.

Kirjoittajana Levinin kieli on sujuvaa ja ilmaisu notkeaa. Kirjailija tyyliittelee ilmaisuilla, jotka ovat useimmiten värikkäitä ja eläviä, ja teksti rullaa vaivatta eteenpäin. Lukemista rytmittävät lyhyet, tyypillisimmillään noin kymmensivuiset luvut tekevät kirjasta periaatteessa helpopolkuisen. Päähenkilöiden, paikkojen ja aikakausien vaihtuvuus on tosin koko kirjan mittaan niin tiuhaa, että havaintolaitteiston rakentamisprosessin kuvauksen punainen lanka säilyy vain vaivoin. Luvut keskittyvät yleensä kahteen pääteemaan, jotka ovat joko historiallisten tapahtumien kuvauksia erilaisten dokumenttien tai tallenteiden pohjalta sekä kertomuksia kirjailijan vierailuista joko haastattelemaan kirjan päähenkilöitä tai tutustumaan havaintolaitteiston rakentamiseen. Valittu kirjoitustyylilä saakin teoksen muistuttamaan enemmän pitkää lehtijuttua kuin tietokirjaa.

Tiedetoimittaja, tietokirjailija Markus Hotakaisen suomennos on onnistunut ja edustaa laadukkaita tämän hetkistä populaaritieteen käännösoasaamista. Yksi seikka tosin pistää silmään: vaikka collaboration kääntyy suomeksi huonosti – useimmiten vain muotoon "kollaboraatio" – ei suomentajan valitsema termi "yhteenliittymä" mielestäni kuvaa hyvin ihmisten

muodostamaa projektikokonaisuutta. Kenties ”yhteisö” olisi toimivampi suomennos. Suomentajalle ja kustantajalle menevät kuitenkin pisteet paitsi käännösprosessin yleisestä laadusta, myös nopeasta julkaisuajataulusta. Toukokuussa ilmestyneen suomennoksen ilmestymisajankohta ei voisi olla otollisempi, mikä toki lienee ollut maaliskuussa ilmestyneen alkuperäisteoksenkin ajatuksena – ilmoitettiinhan gravitaatioaaltojen havaitsemisesta ensi kertaa tämän vuoden helmikuussa.

Vasta kirjan epilogi kuvaa syyskuussa 2015 tehtyä ensimmäistä gravitaatioaaltohavaintoa. Tämä on ymmärrettävää, kun otetaan huomioon havainnon data-analyysin ja vertaisarvioinnin vaatima kesto sekä kirjan pääaihepiiri ja julkaisuajankohta. Lopetus on kuitenkin turhankin nopea, olisin mielelläni lukenut vielä tulevaisuuden gravitaatioaalto-observatorioista, joita ei ole tällä hetkellä pelkästään suunnitteilla vaan myös rakenteilla. Kirjoittaja mainitsee lyhyesti Euroopan Virgo-projektin sekä Intiaan rakennettavan uuden LIGO-observatorion, mutta ei puhu esimerkiksi avaruusteen sijoitettavasta eLISA-satelliittiaromadasta, joka saattaa kyetä havaitsemaan muun muassa alkuräjähdyksessä syntyneiden gravitaatioaaltojen jälkikaikuja.

Kirjasta jääkin puuttumaan selostus gravitaatioaalto-observatorioista kosmologisina havaintolaitteina eli siitä, millaista tietoa voimme gravitaatioaaltojen ominaisuuksia mittaamalla saada sekä alkuräjähdyksestä että koko maailmankaikkeuden myöhemmän kehityksen määräävistä syvimmistä lainalaisuuksista. Tämä on sääli, sillä selostus olisi osuvasti korostanut vuosikymmenien mittaisen pioneerityön sekä sen kruunuksi tehtyjen ensimmäisten havaintojen merkitystä.

TOMMI TENKANEN

Kirjoittaja on Helsingin yliopiston teoreettisen fysiikan alan tohtorikoulutettava.

OIKEUSTIETEEN TERMITIETOKANTA – KOKEMUKSIA JA NÄKYMIÄ

Maanantaina 24.10.2016 klo 14–17

Porthaniassa, PIII, Yliopistonkatu 3, Helsinki.

Puheenvuorot:

– Tieteen termipankki yhteistyön alustana, professori **Tiina Onikki-Rantajääskö**, Tieteen kansallisen termipankkihankkeen johtaja

– Oikeustieteen termitietokanta: asteittain täydentyvä kokonaisuus nopean tiedonhaun tarpeisiin, professori **Heikki E. S. Mattila**, tietokannan päätoimittaja

– Termejä talkoilla – miten prosessioikeuden termityö eteni? professori **Antti Jokela**, prosessioikeuden osaston toimittaja

– Millainen on hyvä määritelmä? dosentti **Kaarina Pitkänen-Heikkilä**, Tieteen termipankin johtoryhmä

– Termitietokanta tietoasiantuntijan työssä, johtava tietoasiantuntija **Erika Bergström**, Eduskunnan kirjasto

– Termitietokanta ympäristövirkamiehen työvälteenä, luonnonsuojelujohtaja **Ilkka Heikkinen**, ympäristöministeriö

– Päätössanat **Heikki E. S. Mattila**.

Ilmoittautumiset 18.10.2016 mennessä kotisivun www.lakimiesyhdistys.fi kautta. Samalla lomakkeella voi lähettää kysymyksiä ja kommentteja tilaisuudessa vastattavaksi.