



Aikamatkailu tieteellisenä ongelmana

Leena Tähtinen

Aikamatkailu ei näy mittareissa. Mikään teoria ei ennusta sen olemassaoloa, eikä mikään havaittu ilmiö kaipaa sitä selitykseksen. Aikamatkailun tieteellinen status perustuu pelkästään siihen, että teoriat sallivat ajasta aikaan siirtymisen. Sama toisin päin: kukaan ei ole toistaiseksi pystynyt osoittamaan aikamatkoja mahdottomiksi. Pelkkä luvallisuus ei kuitenkaan tee asiasta mielenkiintoista tieteellistä ongelmaa, ei varsinkaan mikäli se - kuten aikamatkailu pitkään oli - on ristidassa muun maailmankuvan kanssa. Kymmenisen vuota sitten aikamatkailun tieteellisessä asemassa tapahtui kuitenkin merkittävä muutos: ajassa kurvailu "lakkasi" aiheuttamasta epäloogisuuksia. Nyt menneisyyteen ja tulevaisuuteen pistäytyminen on siis sekä luvallista, että harmitonta, mutta aikamatkailu ei vielä ole tieteellinen ongelma esimerkiksi siinä mielessä kuin toistaiseksi tuntematon pimeä aine, jonka läsnäolo paljastuu kirkkaiden kohteiden liikkeistä. Onko aikamatkailulla edes mahdollisuuksia samantyyppiseksi tieteelliseksi kysymykseksi?

Suhteellisuusteoria, johon nykyinen käsityksemme universumista perustuu, asettaa raamit kaikelle, mitä täällä tapahtuu, myös aikamatkailulle. Albert Einsteinin kerrotaan harmitelleen oman teoriansa vapaamielisyyttä muun muassa silloin kun matemaatikko Kurt Gödel pian yleisen suhteellisuusteorian ilmestymisen jälkeen osoitti suhteellisuusteorian sallivan pyörivän universumin, joka itsessään olisi aikakone.

Se, että Einsteinin teoriat sallivat ilmiön, ei vielä tarkoita, että kyse on todellisuudesta. Suhteellisuusteorian yhtälöillä on näet lukemattomia ratkaisuja, joista vain osa kuvaa tätä kosmosa. Esimerkiksi Gödelin pyörivä kosmos ei vastaa omaamme, sillä se ei laajene kuten tämän paikan on mitattu tekevän. Sen sijaan universumin ja kaiken siinä olevan kuvaus löytyy kyseisistä yhtälöistä.



Massa vääntää aikalenkin

Suhteellisuusteorioita on kaksi. Suppea eli erikoinen julkaistiin 1905 ja yleinen kymmenisen vuotta myöhemmin. Suhteellisuusteoriat mahdollistivat teoreettiset aikamatkat kahdesta syystä. Erikoinen suhteellisuusteoria yhdisti ajan ja paikan saumattomasti toisiinsa. Ajasta tuli yksi avaruuden ulottuvuus paikkaulottuvuuksien tapaan. Yleinen suhteellisuusteoria puolestaan sanelee massan muotoilevan tätä aika-avaruutta. Massa ikään kuin venyttää aika-avaruudesta tietynlaisen maiseman mäkineen, laaksoineen ja kuoppineen.


Massa saattaa myös kiepauttaa aika-avaruuden silmukaksi, jossa menneisyys yhtyy tulevaisuuteen. Astumalla tähän lenkkiin tänään voi päästä huomisen kautta takaisin eiliseen. Tieteen sallima aikamatka perustuu siis aika-avaruuden kiertymään, joka muodostaa suljetun aikalenkin. Suhteellisuusteorian aikakone ei näin ollen ole kulkuneuvo, vaan tie, jota pitkin itse kukin matkustaa jalan tai valitsemallaan kojeella. Aikatiet valmistuvat, kuten moottoritietkin, tietynä päivänä, eikä niitä pitkin pääse valmistusmispäivää aikaisempaan ajankohtaan. (Huom.: Aikasilmukaan siirtyvä kulkee koko matkan ajan suhteen myötävirtaan. Tämä tarkoittaa sitä, ettei aikamatkailainen pysy muuta nuorempana. Matkallaan hän voi tietysti tavata nuoremman itsensä.)

Gödelin viitisenkymmentä vuotta sitten laskema pyörivä kosmos olisi sellaisenaan "aikakone", sillä siihen muodostuu suljettuja aikalenkkejä itsestään. Niitä pitkin kulkemalla voisi valita aikansa. Meidän universumimme ei tarjoa samanlaista mahdollisuutta, joten aikaretkelle haluavan on itse muotoiltava aika-avaruutta ellei luonto sitten joissakin erikoisolosuhteissa ole tehnyt sitä hänen puolestaan.







Suhteellinen aikamatka onnistuu




Aikamatkalla tarkoiton konkreettista siirtymistä omasta nykyisyydestä joko omaan menneisyyteen tai tulevaisuuteen. Tätä on syytä korostaa, sillä suhteellisuusteoria sallii myös suhteellisen aikamatkan, joka perustuu hyvin testattuun perusfysiikkaan. Einsteinin teoria nimittäin sanelee ajan kuluvan sitä hitaammin, mitä nopeammin henkilö liikkuu referenssipaikan suhteen. Tämä ajan hidastuminen ns. aikadilaatio, on konkreettinen mittauksilla varmistettu asia, joka mahdollistaa suhteellisen aikamatkan hitaammin liikkuvan tulevaisuuteen. Olemme siis kaikki toistemme suhteen suhteellisella aikamatkalla, vaikkei sitä käytännössä huomaa.




Jos oma sisko matkaisi lähes valon nopeudella Linnunradan keskustaan, aikadilaation vaikutus kasvaisi äimistytäväksi. Maan kellojen mukaan matka kestäisi esimerkiksi 60 000 vuotta. Astronautit sen sijaan vanhentuisivat matkallaan esimerkiksi vain 40 vuotta. He palaisivat siis toisten kaukaiseen tulevaisuuteen.




Todellisen ja suhteellisen aikamatkan eroa voi havainnollistaa menneisyydestä tulevaisuuteen kuohuvalla ajanvirralla, jossa veneseurue matkustaa hetken nyt kohdalla. Suhteellinen aikamatka vastaa tapausta, jossa toinen nykyisyydessä oleva vene vaihtaa kakkoselle ja porhaltaa toisen ohi. Näin se pääsee tulevaisuuteen, mutta vain sellaiseen tulevaisuuteen, jossa se ei tapaa toista versiota itsestään. Suhteellinen aikamatka onnistuu tietysti myös jarruttamalla ja jättäytymällä menneisyyteen.




Todellista aikamatkaa, jossa poiketaan esimerkiksi omassa menneisyydessä, puolestaan kuvaisi tilanne, jossa ajanvirtaan olisi kaivettu siihen takaisin palaava sivuhaara. Tätä pitkin matkaaja pääsisi omaan menneisyyteensä. Silti hän ei millään hetkellä kulkisi vastavirtaan.




Aikasilmukka sotkee loogisuuden




Suhteellinen aikamatkailu sopii mainiosti maailmankuvaamme. Todellinen aikamatkailu sen sijaan johtaa omituisiin tilanteisiin, sillä suljettua aikalenkkiä pitkin tiettyä hetkeä edeltää sekä menneisyys, että tulevaisuus! Jostakin referenssipaikasta katsottuna matkailija saattaa palata takaisin ennen lähtöään. Omassa menneisyydessään/tulevaisuudessaan touhuaminen voikin siis johtaa pahoihin ristiriitatilanteisiin, joita looginen maailmankuvamme ei siedä.




Vakavasti otettavia tutkijoita ei kiinnosta asia, joka vaarantaa meille niin kalliin kausaliteetin. Esimerkiksi kauniin vaimonsa tilapäisessä mielenhäiriössä tappaneen professorin katumustyönä rakentaman aikakoneen fysiikka ei tunnu tutkimisen arvoiselta. Sehän kuljettaa professorin menneisyyteen sotkemaan syy-seuraussuhdetta. Professori nimittäin tappaa aikamatkalla nuoremman itsensä ennen kuin tämä ehtii iskeä veitsen vaimonsa rintaan. Miten hän siis voi olla olemassa? Ja kuka rakensi aikakoneen?



Aikamatkailu pääsi tästä ongelmasta vasta 1990-luvun alussa, kun kuuluisa venäläinen musta aukko -asiantuntija Igor Novikov laski, miten aikamatkalla olevat biljardipallot käyttäytyvät. Biljardipalloja käytettiin, koska niiden matemaattinen mallintaminen on huomattavasti helpompaa kuin ihmisen, ja ne saattavat joutua aikamatkalla samanlaisiin ristiriitatilanteisiin kuin me. Aikakoneesta ilmestyvä vanhempi versio pallosta voi nimittäin törmätä nuorempaan palloon, joka ei vielä ole ehtinyt aikamatkalle, siten että nuorempi pallo ei enää osukaan aikakoneeseen. Näin päädytään tilanteeseen, että pallo ei koskaan osu koneeseen, jossa sen vanhempi versio matkustaa. Yhtä kiellettyä kuin isoäidin tappaminen ennen äidin syntymää.



Novikov ja hänen tutkijaryhmänsä laskivat erilaisilla alkunopeuksilla, mitä pallolle aikamatkalla tapahtuu. Ryhmä huomasi, että aina silloin kun matkasta ei seurannut epäloogisuuksia pallon käyttämästä energiasta ja ajasta laskettu suure oli minimissään. Tästä Novikov päätteli, että aikamatkailuun saattaa liittyä energiansäilymislain kaltainen



luonnonlaki, joka suojelee maailmaamme epäloogisuuksilta. Luonnonlaki pitäisi siis huolen siitä, ettei aikamatkalla olevan kaahailijan auto vahingoittaisi suojalettiä ylittävää isoäitiä kuolettavasti.

Novikovin laskut eivät tietenkään osoittaneet, että tällainen luonnonlaki välttämättä on olemassa, mutta ne kertovat, että sen olemassaolo on mahdollista. Näin aikamatkailua ei tarvitsisi kieltää, kuten monet tunnetut tutkijat vaativat. Esimerkiksi Stephen Hawking on esittänyt luonnonlakia "kronologisen suojelun konjekstuuriksi". Tällaiseksi kävisi Novikovin laskujen pohjalta päätelty luonnonlaki, joka rajoittaisi aikamatkaajan puuhia. Vaihtoehto on luonnonlaki, joka kieltää aikamatkat.

Kun Novikovin tutkimuksen myötä päästiin ainakin osittain irti aikamatkailuun liittyvästä perustavaa laatua olevasta filosofisesta ongelmasta, moni tunnettu tutkija alkoi miettiä ajasta aikaan siirtymisen yksityiskohtia. Miten muokata aika-avaruudesta suljettu aikalenkki? Jopa sitä on tutkittu vakavasti, miten matkata aikalenkkiä pitkin.

Nyt sukeltaan madonreikiin

Oikeastaan tieteellisen aikamatkailun tutkiminen oli alkanut puolivahingossa jo hieman ennen Novikovin biljardipallolaskuja, kun Carl Sagan pyysi tiedemiesystävänsä Kip Thornea selvittämään, miten hänen kirjansa "Ensimmäinen yhteys" sankaritar pääsisi lyhyessä ajassa 26 valovuoden päässä olevaan Vegaan.

Thorne päätyi madonreikäsi (Einsteinin-Rosenin sillaksi) nimitettyyn aika-avaruuden kiertymään, joka saattaa suhteellisuusteorian mukaan yhdistää kahta aukkoa: mustaa ja mustaa, tai mustaa ja valkoista (hypoteettinen aukko, josta voi vain poistua). Aukkoja nimitetään madon suuksi.

Madonreikä toimittaa oikopolun virkaa, sillä sen päät voivat olla 26 valovuoden päässä toisistaan (tai vaikka kosmoksen vastakkaisilla laidoilla), vaikkei itse mato olisi kilometriä pidempi. Myöhemmin Thornen opiskelija huomasi, että madonreikästä saa aikakoneen liikuttamalla sen toista päätä lähes valon nopeudella. Vauhtiin hidastaa aikaa (aikadilataatio). Näin madon päiden väliin syntyy aikaero, joka säilyy liikkeen loputtuakin: liikutetun pään aika on paikallaan pysyneen pään tulevaisuudessa. Tuomalla madon päät lähelle toisiaan muodostuu lenkki, joka toimii aikakoneena. Kun matkaaja pujahtaa siitä sisään, hän saapuu aikaeron verran menneisyyteen. Jos matkan aloittaa madon toisesta suusta, päätyy saman verran tulevaisuuteen. Kauemmas ajassa pääsee kiertämällä matolenkkiä useita kertoja.

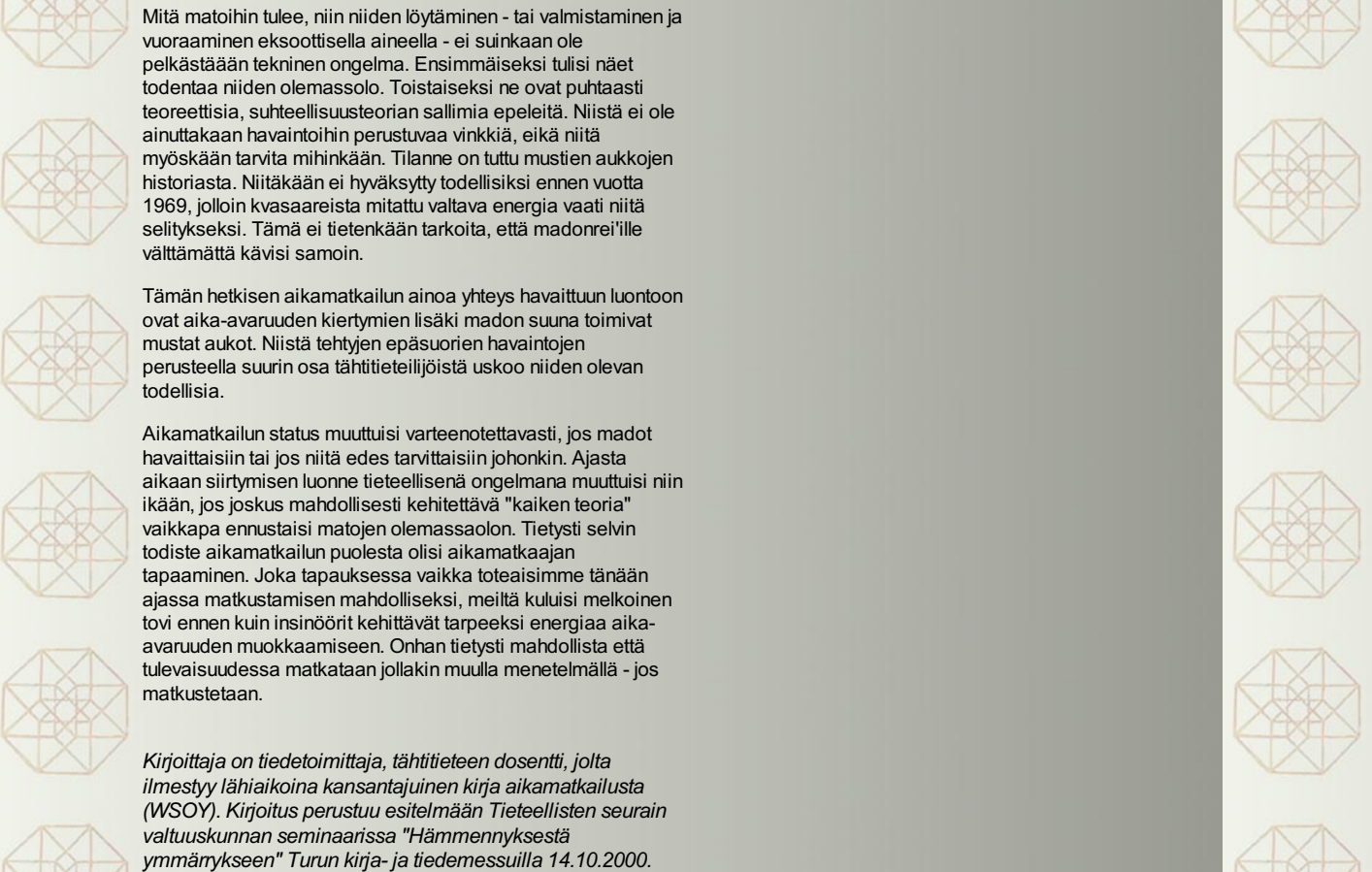
Ainoa teoreettinen ongelma on - ja oli - se, että Einsteinin yhtälöistä pullahtava mato tuhoutuu heti muodostuttuaan. Thorne ryhmineen otti käyttöön niin ikään teoreettisen eksotisen aineen, jonka luotaantyöntävä vetovoima (ts. negatiivinen paine) pitää madon auki. Samalla aine poistaa musta aukkomaisilta sulilta tapahtumahorisontit, joten matoa voitkin pääsee kahteen suuntaan ilman täysin hypoteettisia valkoisia aukkoja.

Madonreivät tekivät teoreettisesta aikamatkailusta konkreettisen.

Tuleeko aikamatkailusta totta?

Teoriassa aikamatkailu siis onnistuu - piirustukset ovat valmiit - mutta miten tiukasti mahdollisuus liittyy todellisuuteen?

Aika-avaruus on teoriassa muotoiltavissa. Sen kiertäminen mustan aukon ja neutronitähtien ympärillä on jopa alustavasti havaittu. Mutta sitä ei tiedetä, onko jossakin kosmoksen kolkassa hurjasti pyörivä neutronitähti repinyt ympärilleen suljetun aikalenkin, tai onko aika-avaruuden pyöräyttäminen suljettuun aikasilmukkaan käytännössä mahdollista. Kysymys on kuitenkin vain teknisestä ongelmasta: millä muotoilla ja mistä tarvittava energia. (Italialainen Claudio Marrone on laskenut metrin pituisen madon valmistuvan miljardi miljardi kertaa nykyistä voimakkaammilla magneettikentillä.)



Mitä matoihin tulee, niin niiden löytäminen - tai valmistaminen ja vuoraaminen eksoottisella aineella - ei suinkaan ole pelkästään tekninen ongelma. Ensimmäiseksi tulisi näet todentaa niiden olemassolo. Toistaiseksi ne ovat puhtaasti teoreettisia, suhteellisuusteorian sallimia epeleitä. Niistä ei ole ainuttakaan havaintoihin perustuva vinkkiä, eikä niitä myöskään tarvita mihinkään. Tilanne on tuttu mustien aukkojen historiasta. Niitäkään ei hyväksytty todellisiksi ennen vuotta 1969, jolloin kvasaareista mitattu valtava energia vaati niitä selitykseksi. Tämä ei tietenkään tarkoita, että madonrei'ille välttämättä kävisi samoin.

Tämän hetkisen aikamatkailun ainoa yhteys havaittuun luontoon ovat aika-avaruuden kiertymien lisäksi madon suuna toimivat mustat aukot. Niistä tehtyjen epäsuorien havaintojen perusteella suurin osa tähtitieteilijöistä uskoo niiden olevan todellisia.

Aikamatkailun status muuttuisi varteenotettavasti, jos madot havaittaisiin tai jos niitä edes tarvittaisiin johonkin. Ajasta aikaan siirtymisen luonne tieteellisenä ongelmana muuttuisi niin ikään, jos joskus mahdollisesti kehitettävä "kaiken teoria" vaikkapa ennustaisi matojen olemassaolon. Tietysti selvän todiste aikamatkailun puolesta olisi aikamatkaajan tapaaminen. Joka tapauksessa vaikka toteaisimme tänään ajassa matkustamisen mahdolliseksi, meiltä kuluisi melkoinen tovi ennen kuin insinöörit kehittävät tarpeeksi energiaa aika-avaruuden muokkaamiseen. Onhan tietysti mahdollista että tulevaisuudessa matkataan jollakin muulla menetelmällä - jos matkustetaan.

Kirjoittaja on tiedetoimittaja, tähtitieteen dosentti, jolta ilmestyy lähiaikoina kansantajuinen kirja aikamatkailusta (WSOY). Kirjoitus perustuu esitelmään Tieteellisten seurain valtuuskunnan seminaarissa "Hämmennyksestä ymmärykseen" Turun kirja- ja tiedemessuilla 14.10.2000.