Kari Enqvist

Suhteellisuusteoriaa runoilijoille

WS
OY

Kari Enqvist

Suhteellisuusteoriaa runoilijoille

Werner Söderström Osakeyhtiö
Helsinki

© KARI ENQVIST ja WSOY 2005, 2014
ISBN 978-951-0-40264-1
PAINETTU EU:SSA

Sisällys

Esipuhe 10
Kaksi suhteellisuusteoriaa 12
Savanniapinalla on ongelmia 14
Kuka Einstein? 16
Mutta mitä liike on? 18
Absoluuttinen ja suhteellinen 20
Mikä ihmeen eetteri? 22
Entä miten valo liikkuu? 24
Otetaan valonsäde kiinni 26
Einstein joutuu tekemään
huiman loikan 28
Mutta onko valon nopeus
varmasti vakio? 30
Suhteellisuusteorian viralliset syntysanat 32

$E = mc^2$ 34
Massa muuttuu energiaksi ja päinvastoin, atomipommissakin 36
Mitä on oikea aika? 38
Liikkuva kello jätättää 40
Kenen kello tässä jätättää? 42
Ja jätättääkö muka ihan oikeasti? 44
Miksi juuri Anssi? 46
Ken koordinaatistoa vaihtaa… 48
Insinöörien nuortumisesta 50
Miksei jo lähdetä? 52
Missä kaikkialla aika hidastuu? 54
Alkeishiukkaset todistavat 56
Hetkinen... jokin tässä nyt mättää! 58
Lepomassa kieltää valon nopeuden 60
Kuka voisi kellot seisauttaa… 62
Lepokoordinaatistossa kaikki hyvin 64
Raketista näkymät ovat kapeat 66
”Liikemassa” on huono ja hyödytön ilmaisu 68
Suurin mahdollinen nopeus 70
Neliulotteinen aika-avaruus kuulostaa hienolta 72
Mutta entä se ylivalonnopeus? 74
Suunnatkin menisivät sekaisin 76
Mutta jos sittenkin… 78

Entä lasertykki? 80
Virtuaaliset fotonit ja muut kvanttimerkillisyydet 82
Valo hidastuu väliaineessa, tavallaan 84
Kollektivisointi tappaa valon 86
Ei sisäisiä ristiriitoja 88
Perusvirhe on kuvitelma absoluuttisesta avaruudesta 90
Mutta jos kaksi junaa tulee toisiaan vastaan… 92
Loikataan sitten junan kyytiin 94
Hätäsignaali konduktöörille 96
Kaiken lisäksi juna lyhenee 98
Entä jos havaitsija on kiihtyvässä liikkeessä? 100
Gravitaatio vai painovoima? 102
Einstein kapuaa arvostuksen tikkaita 104
Einstein savustetaan Saksasta 106
Einsteinin elämän onnellisin ajatus 108
Painava massa, hidas massa 110
Alati muuttuva avaruus 112
Avaruus käyristyy – miten ihmeessä? 114
Kun valo putoaa 116
Mutta oikeasti tapahtui seuraavaa 118
Valo taipuu ilman Eddingtoniakin 120
Viilataan gravitaatiolinssiin 122

Suhteellisuusteoriasta on myös käytännön hyötyä 124
Ja kaikki tämä saadaan Einsteinin yhtälöistä 126
Avaruus aaltoilee 128
Kuinka gravitaatiokuopasta noustaan 130
Äärettömyyden määritelmä ja miten kellot käyvät matkalaukuissa 132
Tule pois sieltä kuopasta, arkeologi… 134
Tapahtumahorisontin tuolla puolen jossakin on maa… 136
Miten keskikokoisen matkalaukun voi puristaa pisteeksi? 138
Musta aukko syntyy 140
Avaruus kiertyy pyörimisen mukana 142
Nasta lautaan ja mustaksi aukoksi? 144
Miksi mustat aukot eivät syö koko Linnunrataa? 146
Tapahtumahorisonttia ylittäessä 148
Tapahtumahorisontin pintaan jäätyneet kuvat 150
Entä miten painovoima pääsee ulos mustasta aukosta? 152
Mutta se Hawkingin säteily… 154
Miniaukkojen kohtalo 156
Maailmankaikkeus ei ole musta aukko 158
Mutta maailmankaikkeus laajenee 160

Avaruudessa on paljon tavaraa 162
Ja se venyy kuin kumimatto 164
Laajeneminen tapahtuu etanan vauhtia 166
Minne avaruus laajenee? 168
Ihmiset tohvelieläiminä 170
Aikakoneen puolesta ei kannata veikata 172
Ajalla on kuitenkin alkupiste 174
Kerrankin järki on oikeassa…
ainakin melkein 176
Mikä räjähti? Missä? 178
Tuoko ääretön puristus ajan takaisin? 180
Miksi uskoa alkuräjähdykseen? 182
Sykkivä kosmos on niin 70-lukua,
niin 70-lukua 184
Pimeä aine ja pimeä energia 186
Eetteriäkö tässä nyt ollaan taas
tuputtamassa? 188
Mitä maailmankaikkeuden
ulkopuolella? 190
Kuinka kauas voi nähdä? 192
Alussa avaruus venyi valoa nopeammin 194
Nyt lipsuu tieteiskirjallisuuden puolelle 196
Jos suhteellisuusteoria onkin pielessä? 198
Einsteinin perintö 200
Viimeistä sanaa ei vielä ole sanottu 202
Hakemisto 204

Esipuhe

Mikään luonnontieteiden teoreettinen rakennelma ei maallikoissa herätä yhtä suuria intohimoja kuin suhteellisuusteoria. Se kiinnostaa ja kiihottaa. Sen tiimoilta käydään jatkuvia väittelyitä internetin keskustelupalstoilla. Sitä käsitetään väärin ja väitetään kumotuksi. Sitä pidetään pelottavan vaikeana.

Suhteellisuusteoria ei kuitenkaan ole niin vaikea, ettei tavallinen ihminen kykenisi ym-

märtämään, mistä siinä on kysymys. Se ainakin on tämän kirjan tavoite: avata suhteellisuusteoria niille runoilijoille, jotka ikänsä ovat karsastaneet kaikkea matemaattista mutta joita silti kiinnostaa tietää, millaisessa maailmassa me elämme. Niille, jotka kyselevät, millainen on maailmankaikkeus ja mitä oikeastaan on aika.

Fysiikkaa runoilijoille on ilmestynyt juhlistamaan suhteellisuusteorian synnyn 100-vuotisjuhlaa. Kesäkuun 30. päivänä vuonna 1905 *Annalen der Physik* -aikakauslehteen saapui artikkeli, jonka kirjoittajaa toimittaja ei silloin tuntenut mutta jonka nimi sittemmin muodostui ei vain fysiikan vaan ylipäätään ihmismielen nerouden symboliksi. Niinpä haluan kiittää Albert Einsteinia sekä suhteellisuusteoriasta että esimerkistä, jota tulevien vuosisatojen tutkijapolvet varmasti pyrkivät nöyrinä jäljittelemään. Kiitän myös vaimoani Maija Enqvistiä sekä Markus Hotakaista kirjan esitystä selventävistä huomautuksista. Waldemar von Frenckells Stiftelse ja Suomen tietokirjailijat ry ovat apurahoin tukeneet kirjan kirjoittamista, mistä esitän kiitollisuuteni.

Kaksi suhteellisuusteoriaa

Suhteellisuusteoria ja kvanttifysiikka ovat tieteellisesti kiihkeän 1900-luvun kirkkaimpia helmiä. Suhteellisuusteoria muutti käsitykset ajasta ja avaruudesta, kvanttifysiikka aineen olemuksesta.

Siinä missä kvanttifysiikka oli monen tutkijan yhteinen ponnistus, suhteellisuusteorias-

ta oli vastuussa vain yksi mies, Albert Einstein. Siksi se on älyllisenä rakennelmana saanut myyttiset mittasuhteet, ja Einsteinista on muodostunut kaikkien tunnistama tieteen ikoni.

Suhteellisuusteorioita on itse asiassa kaksi. Ensimmäinen, *suppea suhteellisuusteoria*, syntyi vuonna 1905 kun vastaleivottu tohtori Einstein työskenteli Bernin patenttitoimistossa. Toinen, *yleinen suhteellisuusteoria*, sai lopullisen muotonsa vuonna 1916.

Suomessa on käytetty myös nimityksiä *suppeampi suhteellisuusteoria* ja *erityinen suhteellisuusteoria*. Mutta kuten eroosio hioo kallioista pois turhat särmät säilyttäen samalla oleellisen, sulavin muoto on tässäkin paras: siksi *suppea suhteellisuusteoria*.

Joskus silmiin voi sattua myös huono *erikoinen suhteellisuusteoria*. Einsteinin saavutukset ovat toki erikoisia, mutta ei ole olemassa merkillistä ja tavallista suhteellisuusteoriaa; on suppea, sovellusalueeltaan rajoitettu suhteellisuusteoria ja sen yleistys.

Suppea suhteellisuusteoria kertoo, mitä tapahtuu kun liikutaan lähes valon nopeudella. Yleinen suhteellisuusteoria puolestaan on teoria painovoimasta.

Savanniapinalla on ongelmia

Suhteellisuusteoria kiehtoo ihmisiä, mutta sitä pidetään vaikeana. Kaikki nämä valon nopeudet ja merkilliset paradoksit… on kuin suhteellisuusteoria olisi vinksallaan jo perusteissaan.

Taitaa olla niin, että sukupolvi toisensa jälkeen on paininut aina samojen suhteellisuusongelmien kanssa ilman, että selvää ymmär-

rystä on herännyt. Kaiken tämän äheltämisen seurauksena on syntynyt vain suuri joukko nyrjähtäneitä ajatteluelimiä ja solmuun menneitä aivoja.

Perusongelma on, että suhteellisuusteoria kuvaa luonnon ominaisuuksia, jotka eivät taivu arkijärjen käsitettäviksi. Mielikuvituksemme suorituskyky yksinkertaisesti pettää sen kohdalla. Mutta sellainen luonto kuitenkin on, ihmisen henkisistä kyvyistä piittaamaton.

Matka suhteellisuusteoriaan alkaakin luopumisella: sitä tarkasteltaessa on hetkeksi tunnustettava vajavaisuutensa. Mielemme hahmottama arkitodellisuus on rakentunut savannilla asustavan apinan tarpeisiin eikä piittaa ajan ja avaruuden syvimmästä olemuksesta. Siksi tajuntamme haluaa kapinoida: eihän se voi olla näin! Miten tämän muka voi ymmärtää! Ei, ei ja taas kerran ei!

Täyttä ymmärrystä ei ehkä ole saavutettavissa, ei sen arkisessa mielessä, ei kuten ymmärrämme lauseen ”Jokerit ja TPS pelasivat tasan 1–1”. Mutta avoin mieli pystyy kuitenkin kurkistamaan luonnon sisimpään, sen piilotettuun olemukseen, jonne Einstein antoi valonsa paistaa.

Kuka Einstein?

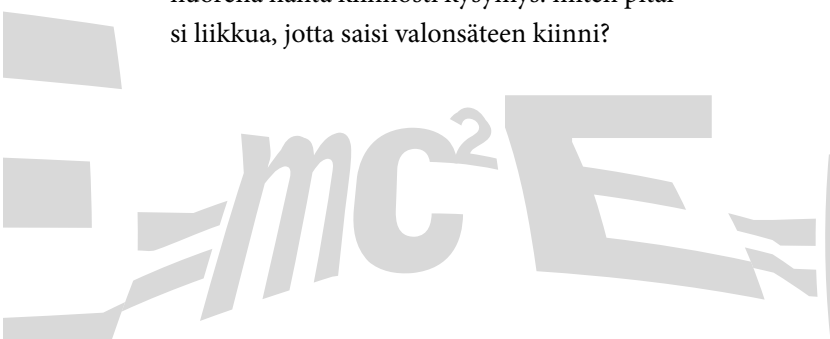
Albert Einstein syntyi 14. maaliskuuta vuonna 1879 eteläsaksalaisessa Ulmissa maallistuneen juutalaisperheen esikoisena. Hänestä kerrotaan monia tarinoita, useimmat niistä liioiteltuja: koulussa hän ei ollut huono oppilas, hänen ensimmäinen vaimonsa Mileva ei keksinyt suhteellisuusteoriaa eikä fyysikkoyhteisö pyrkinyt estämään sen leviämistä.

Vanhemmat toivoivat Albertista sähköinsinööriä, ja siksi hänet lähetettiin Sveitsiin ensin Aarauhun ja sitten Zürichin Tekniseen korkeakouluun. Einstein sai diplominsa vuonna

1900, ja vuotta myöhemmin hänestä tuli Sveitsin kansalainen. Vuodesta 1902 aina vuoteen 1909 hän työskenteli Bernin patenttitoimiston virkailijana; vuonna 1903 hän meni naimisiin serbialaisen opiskelijatoverinsa Mileva Maricin kanssa. Poika Hans Albert syntyi toukokuussa 1904.

Patenttitoimisto-Einstein tutki fysiikkaa iltatöinä. Huhtikuussa 1905 hän sai valmiiksi molekyylifysiikkaa koskevan kehnonlaisen väitöskirjansa. Mikään ei vielä viitannut miehen loistavaan tulevaisuuteen.

Kouluaikoina Einsteinilla oli tiettyjä sopeutumisvaikeuksia sillä hän ei kunnioittanut auktoriteetteja. Hänen omapäisyyteensä ja rehellisyytensä aiheuttivat hänelle harmeja. Koulussa vaaditun ulkoaoppimisen sijaan Einstein unelmoi syvällisemmästä ymmärryksestä. Jo nuorena häntä kiinnosti kysymys: miten pitäisi liikkua, jotta saisi valonsäteen kiinni?



Mutta mitä liike on?

Jo Aristoteleen ajoista tätä oli pohdittu ankarasti. ”Mitä on liike?” kreikkalaiset filosofit kyselivät toogat hulmuten. Joskus vastasivatkin, tosin väärin. Vielä keskiajalla arveltiin, että esimerkiksi keihäs kuluttaa lentäessään latausta, joka siihen on heittohetkellä viritetty, ja putoaa maahan kun tämä ajoaine loppuu.

Hurskaat kristityt ajattelijat esittivät, että taivaankappaleiden ja tähtien liike kuului jumalalliseen maailmaan ja oli siksi puhdasta ja korruptoitumatonta. Ihmisten eli kuunalinen maailma noudatti heidän mukaansa toisenlaisia liikelakeja.

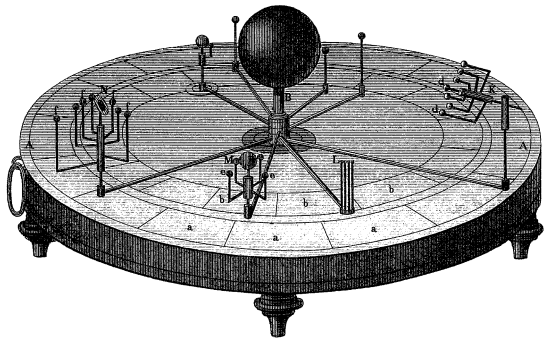
Kiitos tähtitieteellisten tarkkuushavaintojen, englantilainen Isaac Newton saattoi kuitenkin todeta, että kuunylisessä ja -alisessa maailmassa vallitsevat samat luonnonlait. Newton muovasi Teorian Kaikesta Liikkeestä. Keihäs putoaa maan pinnalla samasta syystä kuin Maa kiertää Aurinkoa: molemmat kokevat saman universaalin painovoiman.

Vuonna 1687 Newton esitti, että liike on kappaleiden luontainen tila, joka jatkuu suoraviivaisena loputtomiin, ellei esimerkiksi paino-

voima puutu peliin. Mutta vielä jäi avoimeksi se, milloin kappale itse asiassa liikkuu.

Tämä onkin jo filosofinen pähkinä. Se on myös ongelma, joka on suhteellisuusteorian ytimessä. Liike on muutosta: se tapahtuu avaruudessa, ja sitä mittaa kellojen käynti. Näin liikkeen olemus liittyy syvällisesti kysymykseen siitä, mitä aika ja avaruus ovat.

Absoluuttinen ja suhteellinen



Suomenlahtea kyntävän eestinlaivan kannella hoippuva päiväturisti liikkuu laivan suhteen samalla kun laiva liikkuu Helsingin suhteen. Mutta myös Helsinki liikkuu Maan mukana sen kiertäessä Aurinkoa. Jopa Aurinko liikkuu, sillä Linnunratamme erään kierteishaaran asukkina se osallistuu galaksimme pyörimiseen. Ja

vaikka Newton ei galakseista ollut kuullutkaan, myös galaksit liikkuvat toistensa suhteen.

Tämä loputtomalta kuulostava sisäkkäisten liikkeiden luettelo saisi kenen tahansa pään pyörälle. Äreä Newton oli kuitenkin selväjärkinen mies. Ehkä oli myös hyväksi, että hän oli huumorintajuton: Newtonin kerrotaan nauraneen eläissään vain kerran, silloin kun joku kysyi, mitä hyötyä antiikin kreikkalaisen Euklideen kuulusta *Geometria*-teoksesta voisi olla.

Newton ehdotti, että on olemassa oikeaa liikettä, joka ei riipu siitä, miten laivat seilaavat meriä tai planeetat avaruuksia. Kappaleet liikkuvat suhteessa toisiinsa, mutta Newtonin katsannossa niillä voidaan sanoa olevan myös oikeaa, *absoluuttista* liikettä. Tämä on liikkeen parasta A-ryhmää, suhteellisuuksista karsittua ehtaa liikettä.

Absoluuttinen liike tapahtuu suhteessa johonkin pysyvään. Sellaiseen, joka koko maailmankaikkeudessa on levossa eikä milloinkaan muutu. Tämä kaiken olevaisen peruskallio oli Newtonin mukaan *eetteri*. Se on salaperäinen levossa oleva aines, jonka uskottiin täyttävän koko avaruuden.

Mikä ihmeen eetteri?

Eetterin tuli olla läpinäkyvää. Se ei ole kuumaa eikä kylmää. Se ei saanut vaikuttaa kappaleiden liikkeeseen. Siksi kukaan ei tiennyt, millaista ainesta se oikein olisi. Newton itse ajatteli, että

Einstein keksi suhteellisuusteorian, mutta Enqvist saa meidät ymmärtämään sen.

Kutkuttavan anarkistinen selitys tieteen mullistaneesta teoriasta ja sen vaikutuksesta maailmaan, jossa elämme. Erityisesti runoilijoille ja humanisteille!

Suhteellisuusteoria on kuin seksi: ihmisen elämässä alati läsnä mutta puheenaiheena ahkerasti vältelty. Se on hämmästyttävää, sillä kyseessä on viime vuosisadan merkittävin tieteellinen teoria, joka mullisti käsityksemme maailmankaikkeudesta. Tunnustettu fyysikko ja tietokirjailija Kari Enqvist lupaa raottaa verhoa kaikille kiinnostuneille. Saamme vastaukset moniin kysymyksiin, joita runoilijat ja muut maallikot ovat aina pohtineet mutta jättäneet kysymättä. Millainen näkymä avautuu valon nopeudella kiitävän raketin ohjaamosta? Mikä ihme on neljäs ulottuvuus? Millä keinolla matkalaukun voisi puristaa pieneksi pisteeksi? Mitä kello näyttää mustassa aukossa? Entä mikä on totuus aikamatkailusta?

53.11 978-951-0-40264-1

Päällyksen kuva Veikko Somerpuro
Päällys Martti Ruokonen

9 789510 402641