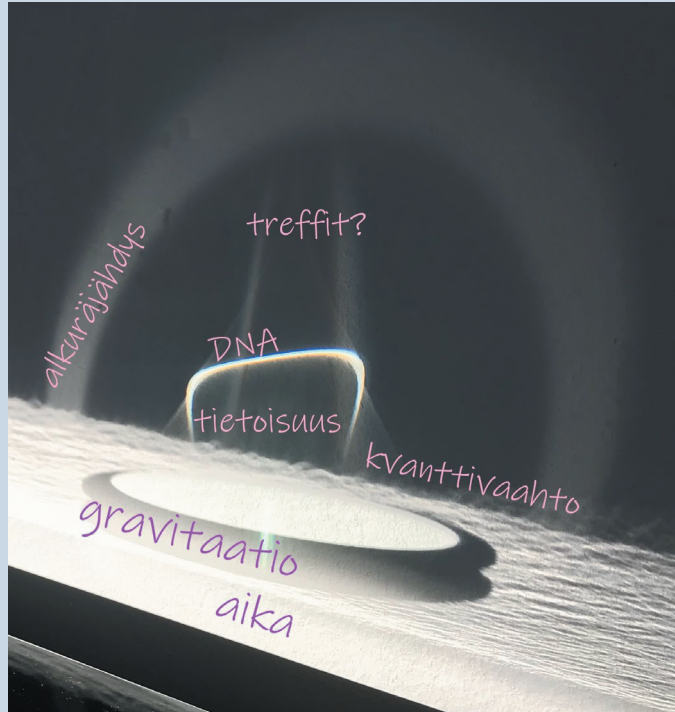


Maunu Penttinen

Fyysikon kanssa treffeille

$E=mc^2$

???



aika-avaruusmatka hiukkasmeren pyörteissä

Fyysikon kanssa treffeille

Maunu Penttinen

Fyysikon kanssa treffeille

aika-avaruusmatka hiukkasmeren pyörteissä

Kuvitus: Maunu Penttinen

Kirjan kannen valokuva: täysin muokkaamaton aito auringonvalon heijastus-
makuva lasiesineestä

Copyright © Maunu Penttinen 2019

Kustantaja: BoD™ – Books on Demand, Helsinki, Suomi

Valmistaja: BoD – Books on Demand, Nordenstedt, Saksa

ISBN 978-951-56-8476-9

ESIPUHE.....	7
JOHDANTO.....	9
Ihmisen käsitys todellisuudesta.....	9
AIKA JA AVARUUS.....	12
Mitä avaruus on?.....	13
Massa ja massa.....	19
Mitä aika on?.....	32
Alkuräjähdyksen ja avaruuden laajeneminen.....	46
Pimeä puoli.....	57
ALKEISHIUKKASTEN MAAILMA.....	65
Mistä kemia syntyy?.....	65
Hiili, suola ja vesi.....	70
Kvarkki tai kepponen.....	76
Antimateria.....	84
Aineen ja energian parisuhde.....	86
Aineen vuorovaikutukset.....	90
Outo kvanttimaailma.....	96
Pikseleitä pullollaan.....	103
Epämääräistä kaikki on vaan.....	110
Mummon mirri.....	118
Nyhjää tyhjältä.....	120
QED.....	129
Se on aallosta kiinni.....	135
Tanssii tähtien kanssa.....	138
Musta aukko.....	146
Uutta universumia pukkaa tulemaan.....	152
Suuri äänetön pamaus.....	155
Lisää universumien ituja.....	163
Voi Higgsin Higsi eli kadonneen hiukkasen metsästäjät.....	169

Faasimuutokset eli mitä voimme oppia lavuaarista.....	177
Luonnon lottonumerot.....	185
Paluu aikaan I.....	188
Ei Narniaan vaan inertiaan.....	194
Mitä virkaa koko hommalla?.....	198
Kvanttigravitaatio.....	201
ELÄMÄÄ KVANTTIMAAILMASSA.....	213
Elävä kvanttifysiikka.....	213
On se kone.....	216
Fotosoppauksesta fotosynteesiin.....	223
Aistien varassa.....	227
Kvanttigeeni.....	232
Elämän alku.....	236
Tietoisuuden lähteillä.....	250
Vapaa tahto vai pakkovalta?.....	270
TOTUUTTA VAI TIETOA?.....	274
FAKTAA VAI FIKTIOTA ELI PALUU AIKAAN II?.....	291
Aika ei ole vielä valmis paketoitavaksi.....	291
Yksinäisen hiukkasen universumi.....	292
Kahden hiukkasen universumi.....	295
Äärimmäinen yksinkertaistus.....	297
Kvanttigravitaatio vai kvanttiaika?.....	305
Tietoisuus ja vaihtoehto aika.....	315
MITÄ VÄLII.....	320
UNIVERSUMIN RUNOJA.....	321
HENKILÖHAKEMISTO.....	325
LÄHTEITÄ.....	325

ESIPUHE

On hämmästyttävää, kuinka vähän nykyään puhutaan fysiikasta, nimenomaan tarkoittaen maailmaa alkeishiukkasista avaruuden ja ajan suuriin rakenteisiin. Kävin kouluni ja opiskeluni 60-70 luvuilla, jolloin kvanttifysiikan tieto oli merkittävältä osiltaan jo olemassa. Sama pätee suhteellisuusteoriaan, jota luin 16-vuotiaana Rolf Nevanlinnan kirjasta Suhteellisuusteorian periaatteet. Innostuneina väiteltiin parin koulukaverin kanssa myös George Gamovin teoksista. Olimme nuorina Tapiolalaisina varmaan outoja lajissamme. Ainakin yksi meistä on tehnyt myös uransa fysiikan alalla.

Koulussahan ei suhteellisuusteoriasta puhuttu mitään, kuten ei kvanttifysiikastakaan, vaikka niiden perusteet olivat jo tuolloin erittäin hyvin tiedossa. Silti suhteellisuusteoria on aivan välttämätöntä huomioida, jos haluaa löytää älypuhelimella treffeille vieraaseen kahvilaan. Niille treffeille palataan myöhemmin. Elektroniset laitteet perustuvat tekniikkaan, joka on syntynyt kvanttifysiikan ymmärryksen kautta. Nykyisenkaltainen elämäntyyl ei yksinkertaisesti onnistuisi ilman kvanttifysiikan ja suhteellisuusteorian osaamista. Ainakin jonkun täytyy osata ja olisi hyvä, jos muutkin olisivat hieman hajulla siitä missä mennään. Kvanttifysiikka ja suhteellisuusteoria ovat paljon kiehtovimpia ja yllättävämpiä kuin mikään Hollywoodin tieteiselokuva.

Ilmaston kehittymistä ratkotaan matemaattisilla malleilla, jotka kuvaavat luonnon eli ilmakehän, vesistöjen, maaperän ja biosfäärin toimintaa. Työurani tein vastaavasti rakenteiden mallinnuksen parissa, vaikka aluksi lähdin tähtitiedettä opiskelemaan ja kävin Helsingin Yliopiston käytävillä tähtipölyjä haistelemassa. Leipä vaikutti kuitenkin varmemmalta maanpäällisten rakenteiden parissa ja siirryin Otaniemeen opiskelemaan. Kiinnostus tähtitieteeseen, kosmologiaan ja viimeiset vuosikymmenet myös alkeishiukkasien maailmaan on silti säilynyt. Tästä

harrastuksesta tämä kirjoitus on syntynyt. Suuri fysiikan mysteeri on siinä, että asiat eivät ole sitä miltä ne meistä tuntuvat.

Jopa ns. ”pehmopuolen” tieteisiin on syntynyt mitattavaa tiedettä. Tiedehän ei kerro totuutta, vaan sitä miltä asiat mitattuna näyttävät. Tieteeksi sitä kutsutaan siinä vaiheessa, kun mittaus tulos on varmistettu toisen tutkijaryhmän toimesta ja muut asiantuntijat ovat saaneet mittaus tuloksia kommentoida. Huuhaa kertoo siitä, miltä asiat joistain ihmisistä tuntuvat ilman, että toiset voivat sitä puolueettomasti mitata ja vahvistaa. Matematiikan rooli ja sen osaaminen heikentyivät kouluopetuksessa pitkään. Matematiikka on yksi parhaista apuneuvoista humpuukia ja virheellisiä käsityksiä vastaan. Tarvitaan siis kamppailua loogisen ajattelun puolesta. Fysiikka on loogista ajattelua. Ilmaston tulevaisuutta ei voi laskea ja oikeita ympäristöratkaisuja ei osata välttämättä tehdä ilman numeroiden apua.

Tämä ei ole puhdas jo vahvistetun tiedon tietokirja, sillä olen loppuun lukuun ”Faktaa vai fiktioita eli Paluu aikaan II” lisännyt kuvaksen siitä, mikä voisi olla mahdollista. Se liittyy ajan mysteeriin. Aika onkin kaikkein haastavin elementti, sillä ajan todellisuus on kaikkein kauimpana siitä, miltä se meistä tuntuu.

JOHDANTO

Ihmisen käsitys todellisuudesta

Tiede on osoittanut, että ihmisen ymmärrys ja kokemusmaailma on hyvin rajoittunut. Saamme tietoa ympäröivästä maailmasta muutamien aistien avulla. Emme tunne maan pyörimistä tai Maapallon kulkua aurinkon ympäri. Koemme kehossamme vain pienen osan sähkömagneettisesta säteilystä, vaikka jotkut muuta väittävät. Työssäni tuli vastaan esimerkki, jossa vanha mummo oli saanut sydänoireita maston säteilyn takia, kun läheisyyteen näkyville oli rakennettu uusi tietoliikennemasto. Hän valitti asiasta lääkärille. Asiaa selvitetessä kävi ilmi, että mastoon ei oltu vielä kytketty sähköä, eikä se myöskään siis mitään säteilyt (paitsi valotaajuisia fotoneja). Oire johtui siis mastosta, mutta ei radiosäteilystä. Aistimme voivat meitä johtaa harhaan. Itseasiassa näin pääosin tapahtuukin. Koemme aisteillamme sähkömagneettisesta säteilystä vain pienen osan eli valoa ja vähän lämpösäteilyä. Radio ja kännykkäpuhelut jäävät kuulematta ilman insinöörien apua. Soluissamme tapahtuu jokainen sekunti miljoonia biokemiallisia reaktioita, joista emme ole tietoisia. Meillä ei ole magneettista aistia, vaikka joillain linnuilla se on. Tuo magneettinen aisti perustuu muuten kvanttifysiikan ilmiöihin. Kvanttimaailmasta emme tunne mitään. Vai tunnemmeko sittenkin?

Aistimme ovat kehittyneet vuosimiljoonien aikana pitämään meidät hengissä luonnon ympäristössä. Aistien päämäärä on ollut löytää ruokaa ja lisääntymiskumppani sekä vältellä saalistajia. Kaikki tämä Darwinin oppien mukaisesti. Aistien tarkoitus ei ole ollut antaa kaikkea informaatiota, vaan ainoastaan se, joka palvelee yllä mainittuja tavoitteita. Ei ole ollut väliä syntykö meille jostain asioista väärä mielikuva, jos se ei ole vaikuttanut eloonjäämiseen. Jokainen tietää myötäsyntysisesti, että aika

on absoluuttista. Albert Einstein osoitti, että näin ei ole. Aika ja sen kulku riippuvat nopeudesta ja painovoimasta.

Me ihmiset, jotka yhtenä eläinlajina asustamme maailmankaikkeuden ihan keskimääräisessä paikassa toistaiseksi poikkeuksellisen miellyttävällä planeetalla, emme ehkä voi saavuttaa absoluuttista ymmärrystä Universumin toiminnasta. Aivojemme rakenne ei mahdollisesti ole siihen sopiva ja riittävä. Myös matematiikka, jonka nimeen fyysikot vanovat, voi johtaa meitä harhaan, vaikka tämä ei ole luultavaa. Tähän asti matematiikalla on onnistuttu kuvaamaan ja ennen kaikkea ennustamaan ilmiöitä, jotka myöhemmin on todettu mittauksilla paikkansa pitäviksi. Matematiikka on kuitenkin vain yhden eläinlajin eli ihmisen kehittämä symbolijärjestelmä.

Universumissa vallitsevat syvimät luonnonlait eivät ehkä ole niin kauniita ja ymmärrettäviä kuin fyysikot toivovat. Meillä on kuitenkin mitä ilmeisimmin kyky tehdä hyviä arvioita luonnon ilmiöistä ja fysiikan laeista. Mittaukset ovat tämän osoittaneet. Tämä kirja kertoo lähes tositarinaa, sillä tavalla kuin tositarinaa voi näinä valheiden ja huuhaan päivinä totena pitää. Kun puhutaan tieteestä ja erityisesti fysiikasta, on moniin asioihin eriäviä näkemyksiä. Esitetyt näkemykset perustuvat joidenkin fyysikoiden käsityksiin. Faktoja on tarkistettu lisäksi Wikipediasta detaljien osalta. Selkeästi olen eritellyt omat ajatukseni omaan kappaleeseensa. Uusia tuloksia fysiikan ihmeellisestä maailmasta tulee liki viikoittain. Kaikki kirjat ovat kirjoitusaijansa vankeja eli tässä suhteessa tämä teksti perustuu vuoden 2018 ja vuoden 2019 alun tietoihin, jotka myöhemmät tutkimukset voivat osoittaa joltain osin vääräksi, kuten kaikki muutkin kirjat.

Kirja on kirjoitettu ajatellen lukijaa lukiolaisesta vanhukseen. Teos ei sisällä hankalaa matematiikkaa, vain muutamia tärkeimpiä kaavoja. Toivottavasti jollain nuorella herää aiheeseen kiinnostusta. Kehyskertomus – joka on fiktiota – liittyy fysiikan tarinaa tavalliseen jokapäiväiseen elämään. Kirjoituksen ei ole lisätty viitteiden merkintää, sillä teksti on kirjoitettu kuvaamaan keskustelua. Suorat lainaukset on erikseen merkitty.

Nimeämiskäytäntönä olen kirjoittanut Universumin isolla, kun puhutaan siitä maailmankaikkeudesta, jossa nyt elämme. Se on kirjoitettu pienellä, kun puhutaan yleisesti universumeista. Maailmankaikkeus-termillä olen tässä viitannut kaikkeen mitä voisi olla. Antimaineesta olen käyttänyt antimateria nimeä.

Kiitokseni esitän Tinalle tekstin läpikäymisestä ja aiheellisista kommentteista. Lisäksi kiitän teoreettisen fysiikan professoria Erkki Thunbergia vastauksista eräisiin tekemiini kysymyksiin. Teksti ja vastuu sisällöstä on yksin vain kirjoittajan.

AIKA JA AVARUUS

- *Mitä väliä? sanoo yhdeksäntoistavuotias Etelä-Tapiolan lukion abiturientti Milla isälle, kun isä muistuttaa maanantain fysiikan kokeista ja lukemisesta niihin.*
- *Fysiikka on niin out, jatkaa Milla, joka on lähdössä isän autolla perjantai-iltana ensimmäisille treffeilleen Tapiolasta Paten luo Tikkurilaan. Tämä siitä huolimatta, että Tikkurila on jossain älyttömän kaukana Kehä kolmosen ulkopuolella. Pate, joka on identtinen kaksosen, vaikutti niin ihanalta WhatsAppissa.*
- *Eihän fysiikalla ja matematiikalla ole mitään tekemistä treffien kanssa. Somessa kukaan ei puhu fysiikasta. Se on tylsää. Aion sitä paitsi lähtä elokuva-alalle ohjaajaksi. Vai, onko muka fysiikassa jotain mielenkiintoista? kysyy Milla.*

Millan mielestä ympäristöasiat ovat paljon tärkeämpiä kuin joku kaukainen fysiikka. Milla miettii silti suorittaisiko ensikevään ylioppilaskirjoituksissa fysiikan kokeen, kun hän on kuitenkin pärjännyt hyvin matematiikassa. Fysiikasta ei mielestään ole ymmärtänyt mitään, mutta tyypitehtävillä on kokeista kyllä selvitty. Milla vilkaisee ulos ja huomaa, että ikkunaan on alkanut muodostua jääkiteitä. Niillä on yhteys Universumin alkuaikoihin, joista Milla ei vielä tiedä mitään.

- *Milla, fysiikka kertoo, millaisessa maailmassa elät, isä toteaa ja huomaa, ettei ajatus innosta tyttöä. Milla ajattelee, ettei fysiikalla ei ole mitään tekemistä hänen maailmansa kanssa.*

Isä päättää kertoa Millalle tahvisena iltapäivänä tarinaa maailmasta eli fysiikasta suuresta pienimpään ja päinvastoin. Ne ovat lopulta yhtä ja samaa ja me kaikki siinä myös mukana.

- *Oletko miettinyt missä elät? Elät toki maapallolla, mutta se kyntää tietään avaruuden halki. Avaruuden, jossa melkein kaikki on erilaista kuin miltä sinusta tuntuu.*

...

Mitä avaruus on?

Tieteiskirjailija Douglas Adams on kuvannut avaruuden suunnatonta kokoa, jota tässä vapaasti muokaten: Avaruus on suuri. Todella suuri. Et voi uskoa miten jättimäisen järjettömän mieliä räjäyttävän suuri se on. Mielestäsi matka Tapiolasta Tikkurilaan on suuri, mutta avaruus on vielä suurempi.

Kun puhun avaruudesta, tarkoitan Universumiamme, jota jotkut kutsuvat maailmankaikkeudeksi. Sana universumi pohjautuu latinan sanoihin ”unus” kaikki ja ”versus” yhteen kääntynyt. Se on kaiken ja kaikkien yhteyden ilmaisu. Tässä Universumissa olemme kaikki samojen lakien alaisia – fysiikan lakien. Jopa rikolliset joutuvat noudattamaan sen lakeja. Onko Universumi ihan ylimainostettu juttu vai huikea selviytymistarina? Siitä koitamme ottaa selvää.

En nyt kerro oikeastaan tähtitieteestä, vaan niistä asioista, jotka vaikuttavat sen olemukseen ja koostumukseen sekä tietysti meihin kaikkiin, sillä olemme merkittävä – omasta mielestämme – osa paikallista avaruutta.

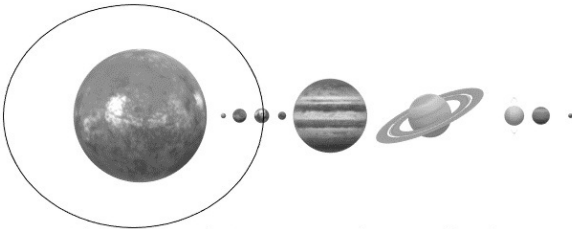
Kerron lyhyesti valtaisan avaruuden rakenteesta. Joudumme hakemaan ymmärrystä kaikkein pienimpien osasten, alkeishiukkasten, kautta suuren kuvan hahmottamiseksi. Aika puhuttaa meitä aina. Tässäkin tarinassa moneen otteeseen ja eri suunnista unohtamatta oman mielemme, subjektin kokemaa aikaa, josta fyysikot voivat olla toista mieltä. Voit lopulta hämmästyä, että tarinamme fysiikasta johtaa meidät aivan

elämän alkuun ja tietoisuuden olemukseen ja lopulta totuuden ja tiedon väliseen ristiriitaan.

...

- *Milla, millainen avaruus mielestäsi on?*
- *Joka suuntaan varmaan paljon tähtiä tasaisesti, vastaa Milla.*
- *Kuvasi avaruudesta ei ole aivan oikea. Avaruus on itse asiassa melkoisen kokkareinen. Tähtiä ei ole tasaisesti, vaan ne keskittyvät toistensa lähelle.*

...



Oma Aurinkomme on yksi paristasadasta miljardista Linnunradan tähdestä, joista monella on planeettoja kuten Maa.



Avaruudessa on sata miljardia galaksia, jollainen Linnunratammekin on.

Muistat, että Aurinkomme on tavallinen tähti planeettoineen. Aurinko on yksi tähti noin parinsadan miljardin muun tähden joukossa omassa galaksissamme, jota sanotaan Linnunradaksi. Linnunradan halkaisija on noin satatuhatta valovuotta, joten sen toiselta laidalta meille tuleva valo lähti kaukaisista tähdistä liikkeelle, silloin kun ihmiset alkoivat hiippailla Afrikasta Euroopan suuntaan ja vähän myöhemmin alkoivat tapailla neandertalilaisia treffien merkeissä. Kierrämme Linnunradan kerran 230 miljoonassa vuodessa. Linnunradan ”vuosi” sitten alkoivat ensimmäiset dinosaurukset liikkusella maan kamaralla.

Galaksit ovat avaruuden perusyksiköitä. Ne muodostavat puolestaan joukkoja. Omaan joukkoomme kuuluu viitisenkymmentä galaksia, joista me olemme toiseksi suurin heti kaverigalaksimme Andromedan jälkeen. Andromeda, joka näkyy paljain silmin sumumaisena kohteena pimeällä seudulla, on tulossa meitä kohti. Se tulee törmäämään meihin muutaman miljardin vuoden päästä, mutta se ei liene kuin tilastollinen ongelma. Sen verran harvassa tähtiä on galaksien törmätessä. Eli 70-luvun kulttielokuva ”Andromeda uhkaa” ei ole kovin akuutti ongelma. Andromedaan on matkaa 2,3 miljoonaa valovuotta, joten sieltä tuleva valo lähti, kun ihmisiä ei vielä ollut, mutta kahdella jalalla astuvia esi-isiämme kyllä. Ete-läiseltä pallonpuoliskolta näkyy paljain silmin Magellanin pilvet, jotka ovat pieniä lähigalakseja. Magellanin pilvet ovat meistä 158000 valovuoden päässä, joten sieltä silmiimme tuleva valo lähti, kun ihmiset asuttivat vasta vain Afrikkaa ja Maan valloitus ei ollut vielä alkanut. Ihmisiä oli noina hetkinä ajoittain vain kourallinen, ehkä muutamasta sadasta tuhanteen. Se oli tiukka hetki ihmisille. Tuleeko uusi?

...

Milla muistaa, että Tähtien sota elokuva perustui kaukaiseen galaksiin ja miettii, olisiko Tähtien sota Andromedasta peräisin, vaikka galaksin piti olla kaukainen. Riittääkö 2,3 miljoonaa valovuotta?

...

Galaksijoukot kokoontuvat suuremmiksi joukoiksi eli klustereiksi ja ne lopulta rihmamaisiksi superklustereiksi, jotka ovat Universumimme suurimmat rakenteet. Siinä se on pikaisesti kuvattuna: koko Universumi eli tähdet, galaksit ja galaksijoukot. Superklusterien välissä on melkoisen tyhjää tilaa. Avaruus ei siis ole tasainen, vaan klimppiytynyt kuin kahviin sekoitettu vanha maito ja nauhamainen kuin serpentiinit vappuna.



...

Tämä oli Millalle nutta. Hän oli luullut, että avaruudessa on joka suuntaan tasaisesti tähtiä. Millan ei kannata hävetä, sillä niin Einsteinkin luuli.

...

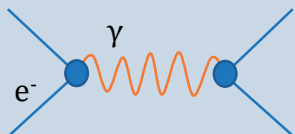
Voiko avaruutta olla olemassa ilman materiaa? Jos aine loppuu johonkin suuntaan mentäessä, niin jatkuuko avaruus sen jälkeen? Pystymme tekemään kysymyksiä, joihin on hieman hankala vastata. On luultavaa, että jos meillä ei ole ainetta, ei meillä ole avaruuttakaan. Avaruus syntyy kappaleiden välille. Et voi laskea mitään etäisyyttä, jos ei ole kappaleita. Jos ei ole etäisyyttä eli se on 0 tai määrittelemätön, ei myöskään ole avaruutta. Avaruus voidaan määritellä paikkana, joka muodostaa tapahtumakentän kappaleiden välisille suhteille – aivan kuten Love Island suosikkisarja muodostaa tilan parisuhteille.

Avaruus voi olla laakea tai käyrästynyt johonkin suuntaan. Ajattelumme ei kunnolla voi näitä käyryksiä hahmottaa, kun aistimme on viritetty tajuamaan paremmin ruoan ja kumppanin hankintaan liittyviä asioita kokemuksemme mukaisessa kolmiulotteisessa maailmassa, jossa liikumme valon nopeuteen verrattuna vähäisellä nopeudella. Kolmiulotteinen maailmankuvamme ei pidä paikkaansa, mutta sillä täytyy pärjätä, mitä on annettu. Lisää outoutta tulee avaruuteen, kun toteamme, että tyhjä avaruuskaan ei ole tyhjä. Tähän palaamme myöhemmin, sillä monet asiat selviävät pala kerrallaan.

Fysiikka tunkeutuu kaikkialle, vaikka emme sitä aina tiedosta. On tuttua, että fysiikka on mielessämme ajan, gravitaation ja kvanttifysiikan kaltaisissa ilmiöissä. Fysiikkaa on myös elämän synnyn, DNA:n rakenteen ja tietoisuuden takana – usein yllättävän syvällä. Emme pääse treffeille, jollei fysiikka auta meitä siinä. Nykyinen elämäntapamme – hyvässä ja pahassa – perustuu muutaman kymmenen fyysikon oivalluksiin. Fysiikka on tiedettä, joka ei ole sama asia kuin ”totuus”. Tiedehän ei kerro totuutta, vaan sitä miltä asiat mitattuna näyttävät. Fysiikka on loogista ajattelua.

Kirja kertoo fysiikasta isän ja abiturienttityttären keskustelun kautta. Meille tulevat tutuksi modernin fysiikan perusilmiöiden lisäksi sen rooli mm. elämän synnyssä ja tietoisuudessa. Erityisesti ajan rooli kuvataan syvällisesti eri fyysikoiden ristiriitaistenkin näkemysten sekä aivan uuden aikanäkemyksen pohjalta. Kirjan lopussa on runoja Univesumistamme.

Tekijä, Maunu Penttinen, on tieteiden aktiiviharrastaja ja Ursa ry:n jäsen yli neljänkymmen vuoden ajalta.



$$L_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$$

