

Sisällys

Alkusanat	7
I Kukkia Albert Einsteinin haudalle	9
II Eetterin aikakausi	19
III Maailman parhaat yhtälöt	33
IV Einsteinin tie fyysikoksi	49
V Suppea suhteellisuusteoria	61
VI Aika hidastuu, matka lyhenee	77
VII Yhtälö	89
VIII Avaruus ja painovoima	105
IX Valon kvantit	131
X Kvanttiaine	143
XI Mustat aukot	157
XII Aaltoileva avaruus	175
XIII Einstein ja maailmankaikkeus	183
XIV Viimeinen unelma	197
Kirjallisuutta	213
Hakemisto	215

I

Kukkia Albert Einsteinin haudalle

Albert Einstein kuoli huhtikuussa 1955 Princetonissa, Yhdysvalloissa. Hän odotti loppuaan kuin kiinnostavaa luonnonilmiötä. Einsteinin toivomus oli, että hänen ruumiinsa poltettaisiin ja tuhka ripoteltaisiin tuntemattomaan paikkaan. Niin tehtiinkin. Hänessä vuosikymmeniä hyvässä järjestyksessä olleet happi-, hiili-, vety- ja muut atomit vapautuivat nopeasti luonnon kiertoon ja saivat pian uuden käyttötarkoituksen itselleen.

Einsteinilla ei siis ole hautaa, eikä edes hautajaisia järjestetty. Ei ole paikkaa, jonne voisi käydä laskemassa kukkia merkkipäivinä. Ei silloinkaan, kun vuonna 2005 Einsteinin kuolemasta oli kulunut viisi vuosikymmentä ja sata vuotta hänen suurimmista tieteellisistä keksinnöistään. Einstein myös kielsi työhuoneensa ja Princetonin asuintalonsa museoinnin. Moni tekisi pyhiinvaellusmatkan näille paikoille kokeakseen niitä yleviä tunteita, joita historian merkkihenkilöiden muistomerkkien äärelle seisahtuminen ihmisessä herättää, tässä tapauksessa suuren nerouden jälkivärähtelyjä. Einstein ei kuitenkaan halunnut, että ihmiset palvoisivat häntä sillä tavalla.

Einstein oli julkisuuden hahmo, jonka jokainen kadunmieskin tunsi. Julkisuus alkoi, kun vuonna 1919 auringonpimenyksen aikana tehdyt tähtitieteelliset mittaukset osoittivat hänen keksimänsä yleisen suhteellisuusteorian oikeaksi. Lehdet kirjoittivat nerosta, joka kumosi vuosisatoja erehtymättöminä pidetyt Isaac Newtonin teoriat ja loi maailmaan uuden järjestyksen. Sodan kauhujen jälkeisessä henkisessä tyhjyydessä ihmiset tarttuivat hanakasti tällaisiin juttuihin. Kun Einstein vuonna 1933 muutti Berliinistä Yhdysvaltoihin, hän oli suuri kuuluisuus, paljon suurempi kuin kukaan tiedemies hänen jälkeensä. Hänelle sateli kunnianosoituksia ja häntä revittiin joka paikkaan. Presidentti Rooseveltkin kutsui hänet Valkoiseen

taloon. Einsteinin jokaisesta lausunnosta tehtiin näyttäviä ot-sikoita, ja hänen tieteellisten artikkeliansa julkaisemiset olivat suuria mediatapahtumia.

Näinä vuosina Einsteinista muodostui se tieteen korkeim-missa sfääreissä asustelevan ylivertaisen neron stereotyyppi, jona hän edelleen elää ihmisten mielikuvissa. Hän on viisau-den vertauskuva, jonka arvon mainosmiehetkin hyvin tietä-vät. Einsteinin ulkoisen olemuksen tunnusmerkit, kaikkiin ilmansuuntiin harottava hiuspehko, tuuheat viikset ja unelias katse, vauhdittavat mitä moninaisimpien ”älykkäiden” tuotteiden myyntiä. Paras tapa kannustaa koululuokkien valopäitä ja mielistellä tieteen pikkukuuluisuuksia on kutsua heitä einstei-neiksi. Vaikka se kuulostaakin vitsiltä, rinnastuksen voi ottaa aina myös aitona kehuna.

Einstein antoi erikoisella olemuksellaan aineksia legendansa paisumiseen käsittämättömiin mittasuhteisiin. Amerikan vuo-sina boheemiset taipumukset saivat yhä suuremman otteen hä-nen elämäntavoistaan ja ulkomuodostaan. Pyrkimys kaiken epä-oleellisen karsimiseen vei sukat hänen jaloistaan ja henkselit hä-nen housuistaan ja teki pyjamoista, kauluspaidoista, kravateista ja parturissa käynneistä turhaa ylellisyyttä. Piittaamattomuus ulkomaailmasta yhdistettynä koko ajan pahentuneeseen ha-jamielisyyteen antoi aiheen lukemattomille huvittaville tari-noille. Toisaalta Einsteinin itsenäinen, ketään kumartelematon suhtautuminen asioihin antoi poikkeuksellista painoa hänen yhteiskunnalliselle aktiivisuudelleen. Hänen sodanvastaisia ja yleismaailmallista epäoikeudenmukaisuutta ruotivia kannan-ottojaan kuunneltiin ja kunnioitettiin. Hän oli rauhan mies, vaikka monet pitivät häntä atomipommin isänä, olihan hän keksinyt yhtälön $E=mc^2$.

Kun Einstein muutti Yhdysvaltoihin, hänen luovin kautensa tiedemiehenä oli auttamattomasti takanapäin. Elämänsä vii-meisen kahdenkymmenen vuoden aikana häneltä ei syntynyt mitään, joka olisi jäänyt tieteen historiaan. Hänen tähtensä laski vääjäämättä kohti taivaanranta. Ikä alkoi vaatia veronsa; aika on

armoton tiedemiehen kyvyille luoda uutta. Einstein yritti saada valmiiksi luonnonilmiöitä laajasti selittävän yhtenäisteorian, viimeisen sinfoniansa, mutta hän oli valinnut sille väärän sävellajin, eikä hänen vuosien uurastuksensa sen parissa johtanut muuhun kuin sarjaan epäonnistuneita teemoja ja niiden muunnelmia. Nuorempi tutkijapolvi alkoi jo heittää hänestä pikkuvallisia kommentteja; papparainen oli ajautunut yhä selvemmin sivuraiteelle. Yhtenäisteorian rakentamisen sijaan Einstein olisi voinut vaikka istua purjeveneessään ja soittaa viulua, ne olivat hänen mieliharrastuksiaan, eikä hänen tiedemiehen maineensa jälkipolvien silmissä olisi kärsinyt siitä vähääkään.

NUORET AIVOT

Einstein oli suuri tiedemies, mutta hän ei ollut älylliseltä kapasiteetiltaan erityisen poikkeuksellinen, ja aikalaisten kertoman mukaan hän ajatteli suhteellisen hitaasti. Fyysikkona hän oli kuitenkin ilmiömäinen. Hänellä oli voimakas fyysikaalinen intuitio, jota ilman nerokkainkin matemaatikko on surkea fyysikko, mutta joka toisaalta voi tehdä keskinkertaisesta matematiikan taitajasta – jollainen Einsteinkin oli moniin kollegoihinsa verrattuna – loistavan fyysikon. Hänellä oli vilkas mielikuvitus, ja hän osasi kysyä itseltään oikeita kysymyksiä. ”Tärkeämpää kuin tieto on mielikuvitus”, hän sanoi, ”eikä kyselemistä saa lopettaa koskaan”. Einstein kuuluu aikaansaannostensa perusteella fysiikan tutkijoiden korkeimpaan aateliin. Hänen edelleen on vaikea asettaa muita kuin Galileo Galilei ja Isaac Newton, ja rinnalleen muita kuin James Clerk Maxwell.

Einsteinin suurimmat aikaansaannokset eivät siis liittyneet hänen hapsotukka- ja resupekkakauteensa Amerikassa vaan aikaan, jolloin hän oli siististi pukeutunut ja säntillinen patenttitoimiston virkamies Bernissä ja nuori professori Zürichissä, Prahassa ja Berliinissä. Hänen nuorissa aivoissaan syntyi silloin ennakkoluulottomia ajatuksia, jotka johtivat kahteen fysiikan suursaavutukseen, suhteellisuusteoriaan ja kvanttiteoriaan. Ne

ovat nykyfysiikan kivijalkoja.

Einstein alkoi jättää pysyviä jälkiä fysiikan historiaan vuonna 1905. Ne eivät olleet aloittelevan tutkijan haparoivia noviisin- askeleita vaan itsevarmat jäljet, jotka ilmestyivät kuin tyhjästä suoraan tieteen eturintamaan. Vuosi 1905 oli ihmeellinen. Einstein julkaisi silloin neljä tutkimusta, jotka kaikki jäivät tieteen historiaan – ja lisäksi väitöskirjansa. Jokainen näistä töistä erikseenkin olisi tehnyt hänestä maailmankuulun, kokonaisuus teki hänestä kuolemattoman.

Ensimmäisessä tutkimuksessa hän esitti, että valo koostuu pienistä hiukkasmaisista osista, valokvanteista, ja selitti näiden valokvanttien avulla muun muassa valosähköilmiön eli sen, miten valo ja muu sähkömagneettinen säteily irrottaa elektroneja metallin pinnasta. Tämä tutkimus vahvisti Max Planckin viisi vuotta aiemmin esittämän teorian sähkömagneettisen säteilyn energian kvantittumisesta, mutta meni paljon sitä pitemmälle. Se sai muutkin tutkijat pikku hiljaa huomaamaan, että kvantit ovat osa todellista luontoa. Aineen mikrorakenne oli terra incognita, johon Einstein tunkeutui ensimmäisten joukossa rohkeasti ja innostuneesti kuin Livingstone Afrikkaan aloit- taen suuren murroksen fysiikassa. Einstein ei halunnut sanoa tieteellisiä keksintöjään vallankumouksellisiksi, vaan puhui mieluummin tieteen kehityksen jatkuvasta virrasta, johon hän toi oman osansa. Jos joku kuitenkin välttämättä halusi kutsua tuloksia vallankumouksiksi, niin Einsteinin omasta mielestä valokvanttien keksiminen ansaitsi parhaiten sellaisen luonneh- dinnan. Siitä työstä hän myös aikanaan sai Nobelin palkinnon.

Saatuaan valokvanteja koskeneen työnsä valmiiksi Einstein kirjoitti lyhyen väitöskirjan molekyylien suuruuden määrittä- misestä ja heti perään artikkelin samaan aihepiiriin kuuluvasta Brownin liikkeestä. Skotlantilainen Robert Brown oli jo 1800- luvun alkupuolella huomannut, että pienet hiukkaset pouk- koilevat nesteessä holtittomasti. Hän näki ilmiön tarkkailles- saan mikroskoopilla siitepölyhiukkasia ja ajatteli, että syynä on jokin hiukkasiin kätkeyty elämänvoima. Kun kävi ilmi, että

myös kuollutta ainetta olevat hiekanmuruset poukkoilivat ihan samalla tavalla, tämä lupaava selitys oli hylättävä.

Einstein ei tuntenut Brownin työtä, mutta hän ennusti omien laskelmiensa perusteella, että veden molekyylit saavat törmäyksillään vedessä olevat pienet hiukkaset tekemään satunnaista siksak-liikettä. Nesteessä ja kaasussa molekyylien määrä on niin suunnaton, että yksittäisten molekyylien liikettä on mahdollonta seurata ja ennustaa. Itävaltalainen Ludvig Boltzmann oli kehittänyt teorian, jossa hän oli tilastollisesti kuvannut molekyylijoukon käyttäytymistä. Einstein johti tämän teorian avulla nesteessä olevan hiukkasen liikkeen, kun molekyylit törmäilevät siihen. Hiukkaseen ei törmää aina kaikista suunnista sama määrä molekyyliä, vaan määrä vaihtelee tilastollisesti, ja tästä vaihtelusta johtuu hiukkasen poukkoilu. Einstein selitti myös miten ilmiön avulla voidaan arvioida vesimolekyylien koko.

Einsteinin selitys Brownin liikkeelle ei tunnu kovin yllättävältä. Nykyäänhän jokainen peruskoululainenkin tietää, että kun käden laittaa lämpöiseen veteen, lämpimyyden tuntu johtuu vesimolekyylien törmäyksistä ihoa vasten. Sata vuotta sitten silmille näkymättömien atomien ja molekyylien olemassaolo ei kuitenkaan ollut yleisesti hyväksytty asia, ei edes tiedemiesten keskuudessa. Matka aineen mikroskooppiseen maailmaan oli vasta alkamassa.

Monen johtavan fyysikon mielestä atomeja ja molekyyliä ei voinut pitää todellisina aineen osasina, koska niistä ei voitu tehdä suoria havaintoja. Tuolloin paraskaan mikroskooppi ei tehnyt niistä näkyviä, nykyajan atomivoimamikroskoopit paljastavat yksittäiset atomit. Se, että atomien ja molekyylien avulla voitiin selittää havaittavia ilmiöitä, kuten Boltzmann oli tehnyt, ei heidän mielestään oikeuttanut pitämään niitä aitoina luontokappaleina. Boltzmann kiisteli asiasta raivokkaasti etenkin saksalaisen Wilhelm Ostwaldin kanssa, joka oli maailman johtava fyysikaalisen kemian tutkija. Toinen tunnettu Boltzmannin teorioiden vastustaja ja anti-atomisti oli itävaltalainen fyysikko ja filosofi Ernst Mach. ”En usko, että atomeja tai molekyyliä

on olemassa” hän ilmoitti yksikantaan eräässä konferenssissa, kun Boltzmann oli päättänyt mikromaailman tilastolakeja käsitelleen puheensa.

Lopullisen ratkaisun kiistaan molekyylien ja atomien todellisuudesta toivat mainitut Einsteinin Brownin liikettä ja molekyylien koon määrittämistä koskenut teoreettinen työ ja ranskalaisen Jean Perrinin kokeelliset tutkimukset, jotka vahvistivat Einsteinin teoreettiset päätelmät oikeiksi. Nämä tutkimustulokset tekivät atomeista ja molekyyleistä kouriintuntuvia luontokappaleita. Einstein astui mielellään Boltzmannin rinnalle atomistiikkaa puolustamaan, sillä hän piti siitä, että sai puhkoa reikiä fysiikan valtavirtaan. Kuten aina, hän teki sen lähes rajattomalta tuntuvalta itsevarmuudella.

AVARUUS ALKAA ELÄÄ

Parhaiten Einsteinin taianomainen vuosi 1905 muistetaan kuitenkin suhteellisuusteoriasta. Einstein esitti vuoden kolmannessa tutkimuksessaan fysiikan perusteita ravistelleen suppean suhteellisuusteoriansa. Julkaisuna se oli viimeiseen asti hiottu ja pelkistetty, ja kaikesta näkyi, että asia oli kehittynyt Einsteinin mielessä kristallinkirkaaksi. Ratkaisevia olivat hänen ajan ja avaruuden luonnetta koskeneet oivalluksensa. Ne saivat hänet näkemään sähkömagnetismiin ja eetteriin liittyneet mysteerit uudessa valossa, ja palat loksahdivat kohdalleen. Kyse ei ollut hetken älynvälähdyksestä, sillä Einstein oli pyöritellyt näitä kysymyksiä mielessään pitkään, kouluajoista lähtien.

Kymmenen vuotta myöhemmin Einstein mullisti avaruuden ja ajan käsitykset vieläkin perusteellisemmin. Hän sai silloin valmiiksi yleisen suhteellisuusteoriansa, uuden teorian painovoimalle. Hän osoitti, että painovoima voidaan esittää ajan ja avaruuden rakenteen avulla. Avaruus elää mukana luonnon tapahtumissa. Raskaat taivaankappaleet muovaavat ympärillään olevaa avaruutta ja aikaa niin, että tutut geometrian säännöt ja samoin ajan kulku muuttuvat. Valokin taipuu painovoiman vai-