

## 6 Lopuksi: tieteellisistä traditioista ja vallankumouksista

© 2020 Ilpo Halonen, ilpo.halonen@aalto.fi

**Materiaalia saa käyttää ainoastaan henkilökohtaisiin opiskelutarkoituksiin!**

### KIRJALLISUUTTA

Fuller, Steve, *Kuhn vs Popper*, Icon Books, UK 2003.

Kokkonen, Tomi, "Tieteen kehitysdynamiikka", hakusana LOGOS-ensyklopediassa, internet-osoitteessa <http://filosofia.fi/node/4774>

Kuhn, Thomas S., *Tieteellisten vallankumousten rakenne* (engl. *The Structure of Scientific Revolutions* 1962), Art House, Helsinki 1994.

Lehti, Raimo, "Kopernikus, Kuhn ja hirviö", teoksessa *Tanssi auringon ympäri. Kopernikus, Kepler ja aurinkokeskisen tähtitieteen synty*, Prometheus, Pohjoinen, Oulu 1989, 115 – 260.

Lehti Raimo, "Vallankumouksen ihanuus ja kurjuus: Newtonista Einsteiniiin", teoksessa Rydman 2003, 32-61.

Niiniluoto, Ilkka, "III.5 Tieteen kehitys ja tiedon kasvu", teoksessa *Tieteellinen päättely ja selittäminen*, Otava, Helsinki 1983, 200 – 226.

Niiniluoto, Ilkka, "Tieteellisen tradition nousu ja tuho", teoksessa Lehti, Markkanen ja Rydman 1988, 297 – 312.

Niiniluoto, Ilkka, "Tieteen edistyminen kumousten kautta", teoksessa Rydman 2003a, 17-31.

Niiniluoto, Ilkka, "Uusien tieteiden synty: kuusi mallia", teoksessa Ilkka Niiniluoto, Totuuden rakastaminen. Tieteenfilosofisia esseitä, Otava, Helsinki 2003b, 131-142.

Pihlström, Sami, "In memoriam Karl Popper, Thomas Kuhn, Paul Feyerabend", *Niin & näin* 3/1996, Löytyy myös pdf-tiedostona internetistä.

Pihlström, Sami, "Tieteenfilosofian jättiläiset vastakkain", *Niin & näin* 3/1996, Löytyy myös pdf-tiedostona internetistä.

Popper, Karl R., *Arvauksia ja kumoamisia. Tieteellisen tiedon kasvu* (engl. *Conjectures and Refutations* 1963), Gaudeamus, Helsinki 1995.

Pylkkänen, Paavo, "Kvanttiteoria filosofian innoittajana", *niin & näin* 3/2015.

Rantala, Veikko, "Onko tieteellinen muutos jatkuvaa?", teoksessa Ilpo Halonen ja Heta Häyry (toim.), *Muutos*, Suomen Filosofinen Yhdistys, Helsinki 1990.

Rovelli, Carlo, *Kaikki ei ole sitä miltä se näyttää*, Ursa, Helsinki 2019.

Rydman, Jan (toim.), *Tiede ja muutos: aaveet ja haaveet: tieteen päivät 2003*, Yliopistopaino, Helsinki 2003.

Siukonen, Jyrki, *Muissa maailmoissa. Maapallon ulkopuolisten olentojen kulttuurihistoriaa*, Gaudeamus, Helsinki 2003.

### 6.1 Tieteellisen tradition ainekset (Niiniluoto 1988)

- (1) tiedeyhteisö
- (2) intellektuaalinen ympäristö
- (3) sosiaalinen ympäristö
- (4) metafysisiä (ontologisia) oletuksia
- (5) lakeja, teorioita, metodeja ja instrumentteja
- (6) tutkimusongelmat
- (7) arvot

William Whewell, *On the Transformation of Hypotheses in the History of Science* (1851): "ihailtavan terävänäköinen arvio newtonilaisen ja kartesiolaisen tutkimusohjelman välisestä kilpailusta"

### 6.2. Raimo Lehti: Vallankumouksen ihanuus ja kurjuus

Vuonna 1905 Albert Einstein julkaisi kolme artikkelia, joista kahta on luonnehdittu vallankumoukselliseksi. Toinen käsitteli sähkömagneettisia ilmiöitä liikkuvissa kappaleissa ja toinen valon kvanttiluonnetta. Edellinen antoi perusteet myöhemmin erityiseksi suhteellisuusteoriaksi kutsutulle opille. Jälkimmäinen johti Max Planckin introdusoiman teorian uusiin näkemyksiin ja sovelluksiin. Einstein ilmoitti, että edellinen ei ollut vallankumouksellinen, mutta jälkimmäinen oli. Aikalaiset nostivat kuitenkin suhteellisuusteorian luomisen Einsteinin suureksi vallankumoukselliseksi teoksi, ennen kaikkea siitä syystä, että tuossa teoriassa esitettiin aikaisemmasta radikaalisesti poikkeavia näkemyksiä tutuista käsitteistä kuten ajasta ja paikasta.

Einsteinin mukaan jokaisella liikkuvalla systeemillä on oma aikansa ja paikkansa, ja varsinainen universaalinen tai 'objektiivinen' merkitys on vain näiden käsitteiden kombinaatiolla, 'aika-paikalla'. Termiä 'vallankumous' käytti tässä yhteydessä ensimmäiseksi Max Planck.

Muutamia vuosia suhteellisuusteorian esittämisen jälkeen matemaatikko Hermann Minkowski julkisti matemaattisen esitysmuodon, jossa aika ja paikka oli yhdistetty nelidimensioiseksi, myöhemmin Minkowskin avaruuden nimen

saaneeksi avaruudeksi, ja fysikaalisia ilmiöitä esitettiin tuon avaruuden geometrian termein.

vuonna 1907 Einstein alkoi pitkän tiensä kohti jälleen uutta teoriaa, jonka tunnemme nimellä yleinen suhteellisuusteoria.

Emme mene pahasti harhaan, jos annamme ansion erityisen suhteellisuusteorian synnystä neljälle miehelle, jotka ovat Hendrik Antoon Lorentz, Henri Poincaré, Albert Einstein ja Hermann Minkowski. Voimme käyttää nimitystä 'suhteellisuusteoria' sekä Einsteinin että Lorentzin luomuksista, mutta nämä olivat eri luomuksia. Yleensä hyväksytään kuitenkin vain Einstein tämän teorian keksijäksi.

Näkemyks suhteellisuusteorian mysteerinomaisesta tavallisen ihmisjärjen ylittävästä tuonpuoleisuudesta olikin yhtenä sen synnyttämän innostuksen tekijänä. Aikakäsitteeseen ehdotetut muutokset nähtiin yhdeksi erityisen suhteellisuusteorian vallankumouksellisuuden iskeväksi aspektiksi.

Erytystä suhteellisuusteoriaa paljon radikaalimpi ja vaikeaselkoisempi oli Einsteinin vuonna 1915 lopulliseen asuun saama yleinen suhteellisuusteoria. Sen perusajatuksia voinee formuloida näin: siinä oletettiin, että maailmankaikkeuden materia määrää aika-paikan eli inertiastruktuurin rakenteen tai erään version mukaan jopa 'luo' tuon struktuurin. Materia erityisesti määrää tuon inertiastruktuurin kaarevuuden, joka ilmenee siten, että inertiaaliset liikkeet eivät ole suoraviivaisia, ja myös kolmidimensiainen paikka, niissä tilanteissa, joissa sellaisen voi määrittellä, on kaareva.

Kun Einstein vuonna 1921 luennoi Wienissä, olivat kuulijat hurmiotilassa. He kokivat olevansa paikassa, missä tapahtuu ihmeitä. Tällaisena säilyi suhtautuminen Einsteinin hänen loppuelämänsä.

Legenda Einsteinista "Newtonin ideoiden kumoajana" syntyi sen innoittamana, kun englantilaisen retkikunnan katsottiin vuonna 1919 vahvistaneen hänen ennustuksensa mukaisen valon taipumisen Auringon reunalla.

Edellä esittämäni saattaa saada jonkun ajattelemaan tarkoitukseni olevan todistaa, että Einstein ei mitään vallankumousta aiheuttanutkaan. Mitään tällaista en halua sanoa. Tieteessä vallankumous on mielentila, ja kun yleisesti koetaan vallankumouksen keskellä elämisen ihanuus, niin vallankumous on per definitionem tapahtunut. Yleinen konsensus on, että Einstein suhteellisuusteoriallaan teki vallankumouksen, ja niinpä hän teki sellaisen.

Einstein itse korosti teorioiden jonon jatkuvuutta. Hän kertoi kirjeessä 1905 oman teorian käyttävän paikan ja ajan teorian muunnelmaa.

Myöhemmin hän kirjoitti:

"Mitä tulee suhteellisuusteoriaan, siinä ei ole laisinkaan kysymyksessä vallankumouksellinen saavutus, vaan luonnollinen kehitys suunnassa, jota voi seurata vuosisatojen halki."

Einstein kiisti vallankumouksen, mutta kukapa siitä välittää. Me haluamme vallankumouksen. Tieteellisen vallankumouksen kurjuus nousee pintaan, jos sen kulloistakin täsmällistä luonnetta ja olemusta yrittää spesifioida. Einsteinin tapauksessa jätän sen selvittämisen suosiollisille lukijoille.

(Lehti, 2003.)

### *Kvanttiteoria ja realismi*

Vaikka kvanttimekaniikka atomitason kokeellisia ilmiöitä menestyksellisesti ennustavana matemaattisena teoriana kehitettiin jo 1920-luvulla, on edelleen kiistanalaista, mitä se kertoo meille todellisuudesta. Kvanttiteoria on luultavasti tieteen kaikkien aikojen menestyksellisin teoria. Kvanttiteorian sovellukset (kuten transistori ja laser) muodostavat yhden kolmasosan Yhdysvaltojen nykytaloudesta.

Todistaako kvanttiteoria, että luonto on alkeishiukkasten tasolla perustavasti indeterministinen? Tukeeko teoria näkemystä, jonka mukaan kvanttihiukkaset eivät ole yksilöolioita ja rakenteet ja relaatiot ovat siten ontologisesti perustavia (rakennerealismi)? Voidaanko teorian nojalla perustellusti kyseenalaistaa jopa havainnoista riippumattoman todellisuuden olemassaolo kvanttitasolla (antirealismi)?

(Ks. lisää Pylkkänen 2015.)

### *Kvanttigravitaatio*

Viime vuosisata jätti meille kaksi jalokiveä: yleisen suhteellisuusteorian ja kvanttimekaniikan. Ne eivät voi molemmat olla oikeassa, ainakaan nykyisessä muodossaan, sillä ne ovat ristiriidassa keskenään.

Einstein oivalsi ajan ja avaruuden olevan yhden fysikaalisen kentän ilmentymiä: painovoimakentän. Bohr, Heisenberg ja Dirac ymmärsivät, että kaikki kentät ovat kvanttikenttiä: niillä on hiukkasluonne, ne perustuvat todennäköisyyksiin ja ne ilmenevät vuorovaikutuksissa. Myös ajalla ja avaruudella täytyy siten olla nämä oudot ominaisuudet. Mitä kvanttiavaruus ja kvantti aika oikein ovat? Tätä ongelmaa kutsumme "kvanttigravitaatioksi".

Joukko teoreettisia fyysikoita kaikilla viidellä mantereella yrittää aivojaan säästämättä ratkaista tätä ongelmaa. Heidän tavoitteenaan on löytää teoria - joukko yhtälöitä ja ennen kaikkea johdonmukainen näkemys maailmasta - joka ratkaisisi skitsofreenisen nykytilanteen.

(Rovelli 2019.)

### 6.3 Tieteellisen tiedon kasvu

Jo keskiajalla alkoi esiintyä näkemyksiä siitä, että tieteellinen tieto kasvaa: tieteen tehtävänä ei ole vain aikaisempien ajattelijoiden tulosten välittäminen, kommentointi ja järjestäminen, vaan myös uusien löytöjen tekeminen. Tieteen kehitys on tämän näkemyksen mukaan totuuksien kasautumista.

Mutta 1960-luvun alusta lähtien: hylkääminen on tieteen kehityksen olennainen piirre. Tässä mielessä tiede on itseään korjaava prosessi (Peirce). Aiempi teoria voi tulla korvatuksi sen kanssa ristiriitaisella uudella teorialla. Eri teoreettisia lähtökohtia edustavat tutkijat "elävät eri maailmoissa" (havaintotiedon teoriapitoisuus). Myös tieteellisten termien merkityksetkin ovat "teoriapitoisia": eri teorioiden kannattajat puhuvat eri asioista ("yhteismitattomuus").

#### *Falsifikationistinen käsitys tieteellisestä päättelystä*

Karl Popperin falsifikationismi (deduktivismi) ja fallibilismi: Tieteen tuloksia tai hypoteeseja ei voida todistaa tosiksi tai edes todennäköisiksi koska induktio ei ole oikeutettavissa. Hypoteeseja voidaan kuitenkin testata ja kumota kokemuksen avulla. Tieteen menetelmä on rohkeiden arvausten ja ankarien kumousyritysten menetelmä. Tieteen rationaalisuus ei nojaa sen luotettavuuteen ja todistettavuuteen vaan sen kumottavuuteen ja korjattavuuteen.

Hypoteesit ovat **rohkeita arvauksia**. Falsifioitavuuden vaatimus: hypoteesi on tieteellinen jos ja vain jos se on periaatteessa kumottavissa kokemuksen avulla. Hypoteesin kumottavuuden ehtona on, että sillä on empiiristä sisältöä ja siihen suhtaudutaan kriittisesti.

Testit ovat **ankaria kumousyrityksiä**. Testit ovat hypoteesin kumous- eikä todistusyrityksiä (todistamisen ja kumoamisen epäsymmetria). Testit on tehtävä niin ankariksi kuin mahdollista.

Johtopäätökset ovat erehtyväisiä. Vain jos hypoteesia ei ankarista yrityksistä huolimatta onnistuta kumoamaan, sitä voidaan pitää kokemuksen vahvistamana. Näin vahvistetun hypoteesin valinta tieteellisen selityksen tai käytännön toiminnan perustaksi on rationaalista siinä negatiivisessa mielessä, että valittu hypoteesi on kriittisesti testattu, mutta ei siinä positiivisessa mielessä, että se olisi osoitettu todeksi tai todennäköiseksi tai luotettavaksi.

### Thomas Kuhn (1922 -1996), *Tieteellisten vallankumousten rakenne 1962:*

Kuhn synnytti laajan tieteenfilosofisen keskustelun tieteenhistoriaa ja tieteellisen tiedon kasvua käsittelevällä teoksellaan. Hänen mukaansa tieteellinen tieto ei kasva aina tasaisesti, vaan kehityksessä on myös äkillisiä murroksia. Tieteelliseen muutokseen liittyvä Kuhnin käsite on *paradigma*, joka on jotain tutkimuksen aluetta itsestään selvästi hallitseva perusnäkemys. Tieteellinen kumous merkitsee juuri tällaisten, keskenään yhteismitattomien paradigmojen vaihtumista.

"Paradigma": 1) suppea merkitys: *malliesimerkit*, historiallisesti merkittävät konkreettiset ongelmanratkaisut, joita toistetaan mm. alan oppikirjojen esimerkkeinä ja harjoitustehtävinä; 2) laaja merkitys: *tieteenalamatriisi*, joka sisältää yleistyksiä, lakeja, malliesimerkkejä, metodologisia normeja, tutkimuskohteen luonnetta koskevia näkemyksiä ja yhteisiä arvoja.

Kuhn erottaa tieteessä kolmentyyppisiä vaiheita:

1) *esiparadigmaattinen vaihe*: kilpailevat teoriat ja koulukunnat (sähköoppi ennen 1700-luvun puoliväliä)

2) *normaalitiede*: tutkimus perustuu kiinteästi aikaisempiin tieteellisiin saavutuksiin, jotka jokin tieteellinen yhteisö jollain hetkellä hyväksyy myöhemmän tutkimuksen perustaksi. Normaalitieteen ongelmat ovat luonteeltaan eräänlaisia palapelejä tai ajatuspähkinöitä, joiden ratkaisun olemassaolo ja saavutettavuus on etukäteen taattu - kunhan tutkija itse on riittävän kekseliäs tai taitava. (Kuhnin esimerkkejä: Ptolemaioksen astronomia, Newtonin mekaniikka, valon hiukkasteoria; strukturaalinen kielitiede, chomskylainen generatiivinen kielioppi).

3) *kriisiajan tiede*: syntyy normaalitieteen ajautuessa umpikujaan "anomalioiden", teorian ennusteiden ja havaintojen välisten ristiriitojen vuoksi. Tieteellinen vallankumous: tieteenalamatriisin korvaaminen toisella.

Kritiikkiä: Karl Popper – normaalitiede on huonoa tiedettä, tieteessä pitäisi olla käynnissä jatkuva vallankumous

Malleja tieteen kehitykselle on esitetty myös *evoluutioteorian* ja *dialektiikan* pohjalta.

## 6.4 Tieteen edistyminen

Tieteen edistymisen ongelmaa voidaan tarkastella semanttisella, metodologisella ja faktuaalisella tasolla:

- Mitä tieteen edistymisellä tarkoitetaan? Mitkä ovat edistysaskelten määrittelevät tuntomerkit?
- Miten tieteen edistys tunnistetaan? Mitkä ovat edistysaskelten luotettavimmat indikaattorit?
- Onko tiede edistynyt ja tulee se yhä edistymään?

Neljäs operatiivinen taso:

- Millaisin toimenpitein tiedettä voi parhaiten edistää?

Kun tieteenfilosofiassa luonnehditaan tieteen edistymistä, viitataan tavallisesti joihinkin alla mainituista piirteistä edistymisen maamerkkeinä.

Luonteenomaisena joskaan ei poikkeuksettomana piirteenä tieteen edistymiselle katsotaan, että termejä 'jatkuvuus' ja 'yhteismitallisuus' voidaan käyttää ainakin useimpien yhteydessä (vrt. edellä):

1. Tieteellinen tieto kasvaa *kumulatiivisesti*: vanhaa teoriaa ei hylätä, kun uusi teoria keksitään. Uusi teoria vain laajentaa tieteellisen tiedon alaa.
2. Teoria voidaan *reduoida* seuraajaansa. Vanha teoria ikään kuin sisältyy uuteen erikoistapauksena.
3. Uusi teoria *selittää* vanhan. Ainakin vanhan tärkeimmät periaatteet ja lait voidaan johtaa uuden periaatteista ja laeista sopivilla apuoletuksilla täydennettyinä.
4. Uusi teoria *ratkaisee* samat *ongelmat* kuin vanhakin ja lisäksi muita, tai se ratkaisee useampia ongelmia tai tärkeämpiä. Ensimmäisen ehdon mielekkäisyys edellyttää, että vanhat ongelmat voidaan identifioida uuden teorian, tai paremminkin vastaavan paradigman, puitteissa.
5. Tieteellinen tieto *lähestyy totuutta*: uusi teoria on parempi kuin vanha, koska se on lähempänä 'totuutta'. Se selittää ja kuvaa todellisuutta paremmin tai tarkemmin kuin edeltäjänsä.

Tällaisilla kriteereillä luonnehditaan filosofisessa kirjallisuudessa yleisesti sitä, mitä muutosten jatkuvuudella tarkoitetaan (ks. tarkemmin Rantala 1990).

Naiivi realismi: perinteinen näkemys tieteen kehityksestä totuuksien kasautumisena

Kriittinen realismi lähtee fallibilistisesta periaatteesta, jonka mukaan ihminen on erehtyväinen: edes tieteessä ei ole olemassa absoluuttista ja lopullista kriteeriä tieteen tulosten totuudellisuudelle. Parhaimmillaan voidaan toivoa, että tieteen tulokset vähitellen lähestyvät totuutta virheiden ja puutteiden eliminoinnin kautta (mm. Charles Peirce, V. I. Lenin, tieteelliset realistit).

Relativismi: tieteellisten yhteisöjen toiminnan tulokset ovat yhteismitattomia (Kuhn). Feyerabendin (*Against Method*, 1975) metodologinen anarkismi: ei tehdä eroa tieteen, taiteen, myyttien ja satujen välillä - "anything goes!".

Totuudenkaltaisuuden teoria: Karl Popperin verisimilituudin teoria (1960). (Ks. Niiniluoto, Ilkka, *Truthlikeness*, 1987.)

Larry Laudan (*Progress and Its Problems*, 1977): tiede edistyy teorioiden *ongelmanratkaisukyvyyn kasvuna*. Nicholas Rescherin (*Scientific Progress*, 1978) pragmatistinen teoria: tieteen edistyminen tarkoittaa tieteen käytännöllisen menestyksen lisääntymistä praktisten ongelmien ratkaisemisessa, tapahtumien kontrolloimisessa ja ennakoimisessa.

*Uusien tieteiden synty: kuusi mallia* (Niiniluoto 2003)

### 1. Eriytyminen: filosofia tieteiden äitinä

"Perinteisen näkemyksen mukaan tiede on syntynyt filosofiasta. Ensin oli olemassa (luonnon)filosofia, spekulatiivinen yritys paljastaa todellisuuden salaisuuksia vanhoista myyteistä ja uskonnoista vapautuneen ihmisjärjen avulla. Tämän jälkeen – matemaattisten ja empiiristen metodien vähitellen kehittyessä – erityistieteet kypsyivät ja yksi toisensa jälkeen jättivät äitinsä kodin."

### 2. Haarautuminen

"Toinen suosittu vertauskuva on "tieteen puu", jonka oksat edustavat erityistieteitä. ...

Haarautuminen on yhteensopiva ensimmäisen mallin kanssa, sillä se voidaan nähdä separaatioprosessin jatkumisena. Mallit ovat kuitenkin erilaiset, sillä separaatio on suhde 'esitieteellisen' filosofian ja tieteen välillä, kun taas uusi oksanhaara kasvaa jostakin tieteestä."

### 3. Tutkimusaiheiden emergenssi

"Kun luonnontieteet tutkivat todellisuutta, joka periaatteessa on olemassa ihmisestä riippumatta, kulttuuritieteet – laajassa mielessä matematiikasta humanistisiin ja yhteiskuntatieteisiin – tutkivat ihmisen luomia konstruktioita. Näin ollen on tavanomaista, että uusi kulttuuritiede syntyy uuden kulttuuriobjektin tai –laitoksen keksimisen tai rakentamisen seurauksena. Tämä malli painottaa, että tieteenalalla voi olla *emergoituva tutkimusaihe*, ja näin se eroaa haarautumisesta, jossa uutta informaatiota ja uusia tekniikoita tuodaan jo olemassa oleville alueille."

### 4. Sateenvarjomalli

"Ainakin nykyisin vaikuttaa siltä, että 'tieteentutkimus' on *sateenvarjotermi*: se vain kokoaa yhteen monia alalohkoja, jotka säilyttävät identiteettinsä (filosofiana, historiana jne.)."



## 5. Teoreettinen integroituminen

”Sateenvarjomallissa ei oleteta, että erilaiset tulokset ja näkökulmat voitaisiin syvemmässä teoreettisessa mielessä yhdistää toisiinsa. Kunnianhimoisempaa yhtenäistämisen ohjelmaa voidaan kutsua *teoreettiseksi integraatioksi*. Sen klassinen esimerkki on Newtonin teoria ...”

## 6. Suunnittelutiede eli taitojen tieteistyminen

”Monet uusista akateemisista tiedonaloista ovat ’käytännöllisiä tieteitä’, jotka on luotu edistämään jonkin ammatin intressejä. Hoitotiede on tyypillinen esimerkki: sairaanhoito on vanha taito, jonka harjoittajien tulee saada erityiskoulutus; ’hoitotiede’ on uusi nimi sairaanhoitajien koulutuksessa käytettävien oppien kognitiiviselle sisällölle. ...

Tämäntapaista käytännöllistä tiedonalaä voidaan kutsua *suunnittelutieteeksi* (design science), sillä sen tyypilliset tulokset ovat ’teknisiä normeja’ eli keinojen ja päämäärien suhteita koskevia väitteitä.”

(Niiniluoto 2003, 133–137.)

### 6.5 Kopernikuskompleksi

Scharf, Caleb, *Kopernikuskompleksi*, Ursa, Helsinki 2015.

Lue myös:

Santos, José Rodrigues dos, *Einstein-koodi*, Minerva, Helsinki 2013.

Enqvist, Kari: ”Taivaalliset todisteet”, *Kanava* 2/2003. Internet-osoitteessa [http://www.helsinki.fi/~enqvist/artikkeli.dir/kanava\\_03.htm](http://www.helsinki.fi/~enqvist/artikkeli.dir/kanava_03.htm)

Lisää pohdittavaa:

Aurinkokeskisen kopernikaanisen mallin seuraus oli se, että maailmankaikkeuden tuli näyttää suunnilleen samalta mistä tahansa tarkasteltuna. Kosmologinen periaate: maailmankaikkeus oli homogeeninen.

1950-luvun alku: fyysikko Hermann Bondi: kopernikaaninen kosmologinen periaate. Vrt. pysyvän tilan teoria.

australialaisen fyysikon Brandon Carterin kuuluisa esitelmä vuonna 1973:

*antrooppinen periaate* - antrooppinen tarkoittaa sitä, että asia liittyy ihmisen olemassaoloon.

Kari Enqvist: ”Jotta maailmankaikkeuden ominaisuuksia voidaan havaita, niiden täytyy olla sellaisia, että havaitsijoiden olemassaolo on mahdollista.”

Carter:

”Kopernikuksen pätevä opetus meille oli se, ettemme voi olettaa perusteettomasti olevamme erityisasemassa maailmankaikkeuden keskellä. Valitettavasti ihmisillä on ollut voimakas taipumus (eikä aina tiedostamaton) yleistää tämä ajatus hyvin kyseenalaiseksi opinkappaleeksi, jonka mukaan asemamme ei voi olla missään mielessä erityinen.”

Hän halusi korostaa ettemme voi, eikä meidän pitäisikään, jättää huomiotta kaikkia niitä ilmiöitä, joiden on oltava juuri tietynlaisia, jotta elämää voi olla olemassa - eli jotta me voimme olla olemassa. Antrooppisesta periaatteesta on kirjoitettu hyvin paljon. Joillekin fyysikoille ja monille filosofeille se on ollut todellinen kultakaivos.

Nykyisin antrooppiset ajatuskulut tупpaavat esiintymään pääasiassa keskusteluissa, joissa käsitellään maailmankaikkeuden *hienosäätöä*.

Hienosäädöllä tarkoitetaan seuraavaa: jos tutkimme tarkasti maailmankaikkeuden erilaisia ominaisuuksia, jotka sisältyvät luonnonvakioihin (kuten gravitaation voimakkuuden suhdetta muihin perusvoimiin tai aineen ja energian määrällistä suhdetta maailman-kaikkeudessa) voimme havaita, että muuttamalla niitä edes vähän, elämää ei ehkä olisi koskaan syntynyt.

Bernard Carr ja Martin Rees selvittelivät tätä vuonna 1979.

Vuonna 1999 Rees esitti kuusi lukuarvoa, jotka eivät voi vaihdella kovinkaan paljon, jotta maailmankaikkeutemme olisi nykyisen kaltainen ja voisi helliä tuntemamme kaltaista elämää.

Luvut ovat seuraavat:

- gravitaation ja sähkömagneettisen voiman välinen suhde
- sellaisen aineen suhteellinen osuus, joka on muuttunut energiaksi vedyn fuusioituessa heliumiksi
- tavallisen aineen kokonaistiheys maailmankaikkeudessa
- tyhjiön kvanttivärähtelyiden energiatiheys (joka saattaa olla maailmankaikkeuden laajenemista kiihdyttävä pimeää energiaa)
- varhaisessa maailmankaikkeudessa tapahtuneiden pieneimpien epätasaisuuksien koko (epätasaisuudet kasvoivat rakenteiksi kuten galaksit ja galaksiryhmät)
- maailmankaikkeutemme avaruudellisten ulottuvuuksien todellinen lukumäärä

Homman juju on se, että Kopernikuksen ansiosta olemme kehittäneet itsellemme jonkinasteisen kompleksin. Hänen ajatuksensa kuvaavat aurinkokuntaamme hyvin selvästi ja tarkasti, ja hän auttoi meitä vapautumaan syvästä ja karmaisevasta kapeakatseisuudesta. Päällisin puolin kopernikaaninen periaate näyttää sanovan, ettemme voi olla yksin maailmankaikkeudessa: Emme ole minkään keskellä emmekä erityisiä. Olosuhteidemme pitäisi edustaa keskiverto-olosuhteita missä tahansa paikassa maailmankaikkeuden historian tässä vaiheessa.

Tilanne on tämä: kopernikaanisen maailmankuvan laveimmassa tulkinnassa maailmankaikkeuden pitäisi kuhista samanlaista elämää kuin maapallolla, ja

tiukimmassa se ei oikeastaan kerro meille mitään suuntaan eikä toiseen. Sen vaihtoehto (antrooppiset väitteet) tarvitsee vain yhden esimerkin elämästä maailmankaikkeudessa, eli meidät. Kumpikaan näkemys ei paljasta paljoakaan elämän todellisesta runsaudesta maailmankaikkeudessamme tai omasta nurkkakuntaisesta merkityksestämme tai merkityksettömyydestämme. Ja me haluamme vastauksia!

Meidän on luovittava kapeaa polkua kopernikaanisen keskinkertaisuus-oletuksen ja antrooppisen hienosäätönäkemysten välimaastossa. Meidän täytyy tietää, nimenomaan tietää, olemmeko objektiivisesti katsoen merkityksellisiä. Tämä on yksi suurimmista tieteellisistä haasteistamme.

(Scharz 2014.)

## 6.6 Ajan lyhyt historia

### KIRJALLISUUTTA

Amis Martin, *Ajan suunta (Time's Arrow)* (romaani), 1992.

Faye, Jan, *The Reality of the Future. An Essay on Time, Causation and Backward Causation*, Odense UP, 1989.

Faye, Jan, "Backward Causation", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/causation-backwards/>

Hawking, Stephen, *Ajan lyhyt historia*, WSOY, 1988.

Horwich, Paul, *Asymmetries in Time. Problems in the Philosophy of Science*, The MIT Press 1987.

Kaila, Eino, *Nykyinen maailmankäsitys*, 1929.

Kivinen, S. Albert, "Ajasta, vastitänkin silmälläpitäen Eriyisen Suhteellisuusteorian affiinista geokronometriaa", teoksessa Gefwert, Christoffer (toim.), *Kosmologian maailmankuva*, WSOY, Porvoo - Helsinki - Juva 1980.

Kivinen, S. Albert, "Ajan ontologiaa", teoksessa Pihlström, Sami, Arto Siitonen ja Risto Vilkkö (toim.), *Aika*, Gaudeamus, Helsinki 2000.

Le Poidevin, Robin, "The Experience and Perception of Time", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/time-experience/>

Niiniluoto, Ilkka, "Ajan lyhyt filosofia", *Tieteessä tapahtuu* 1/2000, 5-7 (myös teoksessa Pihlström et al. (toim.) 2000).

Pihlström, Sami, Arto Siitonen ja Risto Vilkkö (toim.), *Aika*, Gaudeamus, Helsinki 2000.

Reichenbach, Hans, *The Direction of Time*, 1956.

Rovelli, Carlo, *Ajan luonne*, Ursa, Helsinki 2018.

Siitonen, Arto, "Ajan suunta", teoksessa Pihlström et al. (toim.) 2000.

Tooley, Michael (toim.), *Analytical Metaphysics - A Collection of Essays*, vols. 1&2.

#### *Ajassa matkustamisen filosofiaa:*

Cook, Monte, "Tips for Time Travel", teoksessa Smith N. D. (toim.), *Philosophers Look at Science Fiction*, Nelson-Hall, Chicago 1982.

Halonen, Ilpo, "Ajassa matkustamisen mahdollisuudesta", teoksessa Pihlström et al. (toim.) 2000.

Lewis, David, "The Paradoxes of Time Travel", *American Philosophical Quarterly* 13:2, 145-152. (Myös kurssikirjassa.)

Nahin, Paul, *Time Machines*, AIP, New York 1993.

Nordberg, Mai, *Ajassa matkustamisesta*, pro gradu, Filosofian laitos. Helsingin yliopisto 1994.

Novikov, Igor D., *The River of Time*, Cambridge UP, 1998.

Revonsuo, Antti, "Ajassa matkustamisen filosofiaa", *Portti* 1/1989.

#### *Mitä aika on?*

"Aika on vaikein ongelma, johon tutkijat ovat koskaan törmänneet" (kosmologi Laura Mersini-Houghton, *Tähdet ja avaruus* 2019).

"Aika on kosmisen mikroaaltotaustasäteilyn Kelvin-lämpötilan käänteisarvo."

Raimo Lehti (1931-2008), "Aika suhteellisuusteoriassa ja kosmologiassa", teoksessa Sami Pihlström, Arto Siitonen & Risto Vilkkö (toim.): *Aika*. Helsinki: Gaudeamus, 2000, 82-116.

#### *Ajan lyhyt filosofia*

Niiniluoto, Ilkka, "Ajan lyhyt filosofia", *Tieteessä tapahtuu* 1/2000, 5-7 (myös teoksessa Pihlström, Sami, Arto Siitonen ja Risto Vilkkö (toim.), *Aika*, Gaudeamus, Helsinki 2000).

Mitä aika sitten on? Jos kukaan ei kysy sitä minulta, tiedän; mutta jos toivoisin voivani selittää sen jollekin, joka kysyy, en tiedä." -Kirkkoisä Augustinus noin v. 400 kirjoittamassaan teoksessa *Confessiones Tunnustuksia* XI, 14).

Augustinus vastaa kysymykseen "Mitä Jumala teki ennen kuin loi taivaan ja maan?": valmistelemalla helvettiä tällaisille kiusallisille kysyjille. Hän kuitenkin lisää platonistisen tradition mukaisesti, että luodessaan maailman Jumala loi myös ajan (*Tunnustuksia* XI, 12-16). Uusplatonistisessa ja kristillisessä ajattelussa kuitenkin myös tasapainoillaan erottamalla toisistaan ajaton ikuisuus ja sitä heijastava aika – tai vastaavasti jumalan ja ihmisen aika.

Onko aikaa olemassa?

Aristoteleen *Fysiikka*-teoksen luku IV sisältää laajan pohdiskelun paikasta ja ajasta. Aristoteleen mukaan aika ei ole sama asia kuin muutos, mutta silti aikaa ei ole olemassa ilman muutosta. Koska virtaava nyt-hetki jakaa muutokseen liittyvät tapahtumat ennen ja jälkeen esiintyviin, hän päätyy määritelmään, jonka mukaan "aika on liikkeen luku aikaisemman ja myöhemmän mukaan" (220a25-26).

Isaac Newton: absoluuttinen aika ja avaruus:

"Absoluuttinen, oikea ja matemaattinen aika sellaisenaan ja oman luontonsa mukaisesti virtaa tasaisesti vailla relaatiota mihinkään ulkoiseen, ja toisella nimellä sitä kutsutaan kestoksi." (Newton 1687.)

J. M. E. McTaggart esitti 1908 kuuluisan argumentin, jonka mukaan aikaa ei ole olemassa. Hän erotti toisistaan "A-sarjan", jossa tapahtumat jaetaan temporaalisesti menneisiin, nykyisiin ja tuleviin, ja "B-sarjan", jossa tapahtumat sijoittuvat yksikäsitteiseen järjestykseen ennen- ja jälkeensuhteiden mukaan. McTaggartin mukaan A-sarja on perustavampi kuin B-sarja, mutta samalla se ristiriitaisella tavalla liittyy samoihin tapahtumiin eri attribuutteja, joten aikaa ei ole olemassakaan.

A- ja B-teorioita täydentävänä vastauksena voidaan pitää myös mm. Priorin ja G.H. von Wrightin kehittämää aikalogiikkaa, joka osoittaa, miten temporaalisia käsitteitä (kuten eilen, tänään, huomenna) sisältäville lauseille voidaan antaa johdonmukainen syntaksi ja semantiikka.

Immanuel Kant pyrki osoittamaan, että ajan postuloitu olemassaolo edellyttää kausaliteetin. Saamme selville ajan järjestyksen suunnan tutkimalla kausaliteetin suuntaa. Aika, avaruus ja kausaliteetti ovat Kantille kuitenkin vain subjektiivisia *kokemisen muotoja*, eivät olioiden-sinänsä ominaisuuksia.

*Ajan luonteesta: von Wright*

G. H. von Wright, *Causality and Determinism* (1974): erilaisia käsityksiä kausaliteetin ja ajan suhteesta:

*deterministinen käsitys*: maailmassa ei ole todellisia kausaalisia vaihtoehtoja. Tällaista käsitystä on tapana kuvata yksinkertaisesti aika-akselilla, suoralla, jossa menneisyys on vasemmalla, tulevaisuus oikealla ja nykyhetki merkitty. *asymmetrinen käsitys*: yleisesti ajatellaan, että menneisyys on suljettu, lukkoon lyöty, lineaarinen, kun taas tulevaisuus on avoin, vaihtoehtoisista kehityslinjoista koostuva puu. Von Wrightin termin tulevaisuuden ja menneisyyden välillä on asymmetria: menneisyys on ontillisesti suljettu, kun taas tulevaisuus on ontillisesti avoin. Tällaisessa haarautuvan ajan näkemyksessä ajan kuluessa tulevaisuuden mahdollisuuksista yksi

realisoituu. Voidaan ajatella, että ajan kuluessa potentiaalisten tapahtumien määrä jatkuvasti pienenee, kun aikaisemmin mahdolliset tapahtumat muuttuvat mahdottomiksi. Näitä von Wright kutsuu menetetyiksi mahdollisuuksiksi. Toisaalta ajan kuluessa aktuaalisten tapahtumien määrä jatkuvasti kasvaa, kun jokaisella hetkellä yksi mahdollisuus aktualisoituu.

*Ajan suunta*

*Onko taaksepäin suuntautuva kausaatio (backward causation) loogisesti mahdollista?*

Mikä on ajan ja kausaation välinen suhde? Meidän maailmassamme syyt näyttävät aina edeltävän ajallisesti vaikutuksiaan. Onko tässä kysymys loogisesta välttämättömyydestä? Vai onko mahdollista, että vaikutus esiintyy ennen syytään?

Miksi kausaation ja ajan suunnat olisivat välttämättä samat? Hume: ajallisen aiemmuuden käsite on sidoksissa kausaation käsitteen analyysiin. Mutta: ei kovin tyydyttävä - 'käänteinen kausaatio' Tyydyttävämpi (?) vaihtoehto: ajan suunta määritellään kausaation suunnan avulla. Onko sitten kausaalinen teoria ajan suunnasta oikea? (Leibniz, Kant, Henryk Mehlberg, Hans Reichenbach, Hugh Mellor)

Onko siis taaksepäin suuntautuva kausaatio loogisesti mahdollista? Kuilu toisaalta fyysikoiden sekä fysiikan filosofien ja toisaalta metafysiikoiden välillä:

Edelliset myönteisempiä: G. Feinberg: takyonit; Kurt Gödel, Huw Price.

Jälkimmäiset kielteisempiä:

- 1) ajan luonne: menneisyys aktuaalista, tulevaisuus ei;
- 2) anomaliat (isoisäparadoksi);
- 3) 'tyhjäsitekemisargumentti' (*'bilking argument'*)

Kausaalisilmukat vs. kausaaliketjut: ei pidä sekoittaa ajassa matkustamista ja taaksepäin suuntautuvaa kausaatiota - aikamatkustajan "sisäinen aika" voi kulkea koko ajan "normaaliin" suuntaan

*Onko ajassa matkustaminen mahdollista?*

(Ks. esim. Halonen 2000 ja muu kirjallisuus yllä.)

*Kausaaliparadokseista ja mahdollisista ratkaisuista*

- Gödelin aika-avaruus
- Avaruuden madonreiät (Kip Thorne)
- Takyonit

Fysikaalinen tai looginen mahdottomuus?

Horwichin ratkaisuehdotus:

Jos ajassa matkustaminen olisi mahdollista, X olisi mahdollista.

X on mahdotonta.

Siis ajassa matkustaminen on mahdotonta.

X: itsensä tuhoava kausaaliketju

Earmanin ratkaisuehdotus:

Oletukset: 1) suljettuja aikasilmuja on olemassa, 2) esimerkissä kuvattu systeemi (avaruusalus, ohjus jne.) on mahdollista rakentaa. Johtavat yhdessä ristiriitaan.

*Taaksepäin suuntautuva kausaatio*

*Filosofien esittämiä kysymyksiä:*

- 1) Voidaanko metafysiikassa ymmärtää sellainen ajan käsite, joka sallii sen, että vaikutus edeltää syytään?
- 2) Tarkoittaako taaksepäin suuntautuva kausaatio sitä, että syy tulevaisuudessa muuttaa jotain menneisyydessä?
- 3) Voidaanko syy erottaa vaikutuksestaan siten, että erottelu ei ole riippuvainen tapahtumien ajallisesta järjestyksestä?
- 4) Voidaanko 'tyhjäsitetekemisargumentti' ('bilking argument') haastaa siten, että pelkkä väliintulon mahdollisuus ei tuota vakavia paradokseja?

*Fyysikoiden esittämiä kysymyksiä:*

- 1) Mikä, jos mikään, luonnehtisi fysiikan termein taaksepäin suuntautuvaa kausaatiota?
- 2) Kuinka voimme erottaa taaksepäin suuntautuvan ja eteenpäin suuntautuvan kausaation toisistaan, jos kaikki fysiikan prosessit ovat ajan suhteen symmetrisiä luonnon kuvailumme mukaan?

Dummett (1964): Joka toinen vuosi heimon nuoret miehet lähetetään leijonanmetsästykseseen osoittamaan miehuutensa rohkealla käytöksellään. Päällikkö suorittaa rituaaliansseja, joiden tarkoitus on saada nuoret miehet käyttäytymään rohkeasti. Päällikkö tanssii myös miesten paluumatkan ajan, jolloin ne tapahtumat, joihin tanssilla on tarkoitus vaikuttaa, ovat jo tapahtuneet.

Miksi emme havaitse taaksepäin suuntautuvaa kausaatiota arkielämässämme?

Horwich: aktuaalisen maailmamme rakenne: entropia kasvaa - valinnat edeltävät valittavia tapahtumia eikä käänteisiä kausaalihaarukoita ole.

Fatalismi

Fatalismin teesi: se mitä tapahtuu, tapahtuu - ei ole väliä mitä teemme.

Käsitystä, jonka mukaan tulevaisuuteen ei voida vaikuttaa sen enempää kuin menneisyyteenkään, on perusteltu monin tavoin:

- 1) Teologisin perustein
- 2) Deterministisin perustein
- 3) Loogisin perustein
- 4) Relativistisin perustein

*Ajan suunnasta ja kausaalisuhteen epäsymmetrisyydestä*

- kausaalinen teoria ajan suunnasta? (J. J. C. Smart, Michael Tooley, ks. kurssikirja)

*Ajan havaitsemisesta*

(ks. Le Poidevin 2000)

*Ajan ontologiaa*

Kivinen 1980:

On hyödytöntä kysyä "Mitä aika on?" Hedelmällisempää on kysyä esim. "Mikä on temporaalisten faktain rakenne?"

Teesejä:

- (0) Aika ei ole mitään.
- (1) Aika on looginen konstruktio.
- (2) Lauseet, joissa sana "aika" esiintyy, voidaan korvata niiden kanssa loogisesti yhtäpitävillä lauseilla, joissa ei sanaa "aika" eikä mitään sen synonyymia esiinny.
- (3) Sana "aika" ei ole nimi.
- (4) On ajallisia faktoja.
- (5) Amerikkalaisessa keskiarvoperheessä on 2,4 lasta.
- (6) Amerikkalaisten lasten määrä jaettuna amerikkalaisten perheiden määrällä = 2,4.
- (7) Suomen markka on devalvoitu.
- (8) Scua on kissa.
- (9) (Ex)(x on kissa)



(10) (Ex)(x on devalvoitu)

(11) Aika on aluton ja loputon.

(12) Mitä hyvänsä tapahtuukin, sitä ennen tapahtui jotakin ja sen jälkeen tapahtuu jotakin.

Klassinen ajan käsitys:

(T) Kaikki tapahtumat muodostavat yhden ainoan moniston, joka on lineaarinen, tiheä, aluton ja loputon.

Kivinen 2000:

(1) Mikä on temporaalinen tosiasia?

(2) Temporaalinen tosiasia on tosiasia, joka ratkaisee joidenkin temporaalisten propositionien totuusarvon.

*temporaalinen realismi* (ajallisia tosiasioita on) ja  
*temporaalinen irrealismi* (ajallisia tosiasioita ei ole)

Lisälukemista mm. Hawking 1988, Rovelli 2018.

Stephen Hawking: *Ajan lyhyt historia*: käsitys maailman historian äärellisyydestä: myös aika sai alkunsa noin 15 miljardia vuotta sitten tapahtuneessa alkuräjähdyksessä, joten ei ole mielekäästä kysyä, mitä tapahtui ennen Big Bangia.

Carlo Rovelli, *Ajan luonne*:

*Matka ulospäin*: Kaikkialla maailmankaikkeudessa vallitsevaa yhteistä nykyhetkeä ei ole olemassa. Menneisyyden ja tulevaisuuden välistä eroa ei ole maailman tapahtumia hallitsevissa alkeisyhtälöissä. Paikallisesti aika etenee eri nopeuksilla riippuen siitä, missä me olemme ja millä nopeudella liikumme. Ellemme välitä kvantti-ilmiöistä, aika ja avaruus ovat meitä ympäröivän suuren hyytelön eri ominaisuuksia. Maailma on kuitenkin kvanttimaailma, ja myös hyytelömäinen aika-avaruus on likiarvo. Maailman peruskieliopissa ei ole avaruutta eikä aikaa, on vain prosesseja, jotka muuntavat fysikaalisia suureita toinen toisikseen, mistä on mahdollista laskea todennäköisyyksiä ja suhteita. Maailmamme on pikemmin tapahtumien kuin asioiden maailma.

*Paluumatka*: Ajan suuntaisuus on todellista mutta näkökulmasta riippuvaa: maailman entropia *suhteessa meihin* kasvaa termisen aikamme mukana. Loppujen lopuksi voimme siis puhua vain yhdestä ajasta monien mahdollisten aikojen sijasta; se on kokemuksemme mukainen aika, tasainen, universaali ja järjestynyt. Tämä on likiarvon likiarvon likiarvo sen maailman kuvauksesta, joka perustuu tiettyyn näkökulmaamme ihmisinä, jotka olemme riippuvaisia entropian kasvusta, kiinnittyneinä ajan virtaan, ja joilla Saarnaajan sanoin on aika syntyä ja aika kuolla.