

## MS-E1010 Tieteen filosofia (5 op)

© 2023 Ilpo Halonen, [ilpo.halonen@aalto.fi](mailto:ilpo.halonen@aalto.fi). Materiaalia saa käyttää ainoastaan henkilökohtaisiin opiskelutarkoituksiin.

### **10 Vallankumouksia Newtonista Einsteiniin ja nykypäivään - Tiedon kasvu ja tieteen edistyminen II**

#### KIRJALLISUUTTA

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

Niiniluoto, Ilkka, *Totuuden rakastaminen*. Tieteenfilosofisia esseitä. Otava, Helsinki 2003.

Popper, Karl R., *Arvauksia ja kumoamisia. Tieteellisen tiedon kasvu*, Gaudeamus, Helsinki 1995.

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

Rydman, Jan (toim.), *Tiede ja muutos – aaveet ja haaveet*, Tieteen päivät 2003. Tieteellisten seurain valtuuskunta, Helsinki 2003.

*Niin & näin 3/96*, kokoelma artikkeleita yleisotsikolla "Tieteenfilosofia":

Sami Pihlström, "In memoriam Karl Popper, Thomas Kuhn, Paul Feyerabend"

Sami Pihlström, "Tieteenfilosofian jättiläiset vastakkain"

Petri Ylikoski, "Tieteenfilosofian naturalistinen käänne"

I. A. Kieseppä, "Mistä fysiikan filosofiassa on kyse?"

Myös internet-osoitteessa <http://www.netn.fi/> -> Juttuarkisto -> 3/96.

#### *Tiedon kasvu*

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").

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. Toki myös aikaisemmin oli puhuttu ”tieteellisistä vallankumouksista” ainakin 1600-luvun kehityksen (edellä) ja Einsteinin yhteydessä.

*Vallankumouksen ihanuus ja kurjuus: Newtonista Einsteiniin* (Raimo Lehti 2003):

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 jo vuonna 1909.

Paljon on keskusteltu kysymyksestä, mihin kaikkiin Lorentzin ja Poincarén töihin Einstein oli [edellistä] artikkelia kirjoittaessaan perehtynyt. Kysymys on johtanut pohdiskeluihin, missä määrin oikeutettua on kutsua erityistä suhteellisuusteoriaa juuri Einsteinin teoriaksi.

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.

*Uusi käsitys ajasta esimerkkinä vallankumouksesta*

Jos ajatteleme erityisen suhteellisuusteorian merkitystä fyysisen tieteen uudistuksena, niin olisi keskityttävä sen vaikutuksiin joillakin konkreettisilla fyysisen tieteen aloilla. Kun teoria koettiin vallankumouksellisena, olivat kuitenkin keskeisinä asiakohdat, joissa sen katsottiin mullistavan traditionaalisesti varmoina pidettyjä sekä arkielämään että tieteeseen juurtuneita käsitteitä. Näistä antaa *aika* parhaan esimerkitapauksen. Roberto Torrettiin mukaan (Torretti 1996 s. 50-51) ”Yleisesti hyväksytään, että Einsteinin implisiittinen kritiikki Newtonin universaalista aikaa kohtaan ja sen

suoranainen hylkääminen ovat jollain tavoin avaimena erityiseen suhteellisuusteoriaan."

Einsteinin mukaan "aika menetti absoluuttisen luonteensa, ja se sisällytettiin 'paikanomaisiin' koordinaatteihin algebrallisesti (melkein) saman luonteisena." Erityiselle suhteellisuusteorialle on ominaista, että kun tapahtumien aikakoordinaatit määrätään kahdessa toistensa suhteen liikkuvassa koordinaatistossa, niin ne saattavat yhdessä koordinaatistossa olla samoja, mutta toisessa poiketa toisistaan, joten samanaikaisuus on koordinaatistosta riippuva käsite.

Kutsuttiinpa asiaa vallankumoukseksi tai ei, joka tapauksessa käsitteen *aika* käytössä fysikaalisissa teorioissa tapahtui ratkaiseva muutos.

Erityistä suhteellisuusteoriaa paljon radikaalimpi ja vaikeaselkoisempi oli Einsteinin vuonna 1915 lopulliseen asuun saama yleinen suhteellisuusteoria.

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

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

Einsteinin vallankumous tulkitaan [usein] ensisijaisesti Newtonin kukistamiseksi. Eräässä merkityksessä ajatusta voi puolustaa. Fysiikkaa hallitseva newtonilainen traditio oli usein saanut dogmaattiseen kaikkivaltaisuuteen ja lopulliseksi kuviteltuun kaikkietävyyteen vivahtavia piirteitä, ja tällä tavoin tulkittu newtonismi todellakin sortui. Suhteellisuusteorian ja kvanttimekaniikan jälkeen ei kukaan enää voinut ylläpitää ajatusta, että klassisen mekaniikan pohjalta voisi rakentaa kaikkea fysikaalista tapahtumista hallitsevan teorian.

Raimo Lehti (2003):

"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."

## Thomas Kuhnin *Tieteellisten vallankumousten rakenne*

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.

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

### *Lisää tieteen edistymisestä*

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 tuleeko 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 mielekkyys 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 *ongelmanratkaisukykyyn 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 'tekniisiä normeja' eli keinojen ja päämäärien suhteita koskevia väitteitä."

(Niiniluoto 2003, 133–137.)

*Seuraava tieteiden vallankumous?*

Usein on viime aikoina sanottu, että jos kvanttimekaniikka ja yleinen suhteellisuusteoria saataisiin toimimaan yhteen, fysiikka olisi valmis – meillä olisi "kaiken teoria". Tarvittaisiinko uusi tieteellinen vallankumous palapelin palojen räjäyttämistä tai ainakin radikaalia uudelleen muotoilemista varten? Vai jaksammeko uskoa tieteen tasaiseen kehittymiseen ja palojen sovitteluun mahdollisen ratkaisun löytymisen toivossa? Vai onko kvanttigravitaatio jo ratkaissut – tai ratkaisemassa – ongelman (tästä lisää viimeisillä luennoilla)?