

## MS-E1010 Tieteen filosofia (5 op)

© 2023 Ilpo Halonen, [ilpo.halonen@aalto.fi](mailto:ilpo.halonen@aalto.fi)

Materiaalia saa käyttää ainoastaan henkilökohtaisiin opiskelutarkoituksiin.

### 3 Käsitteet, teoriat, lait ja mallit

#### KIRJALLISUUTTA

Aristoteles, *Kategoriat. Tulkinnasta. Ensimmäinen analytiikka. Toinen analytiikka*, Teokset I, Gaudeamus 1994.

Gerholm, Tor Ragnar ja Sigvard Magnusson, *Ajatus, aate ja yhteiskunta. Länsimaisten aatteiden ja tieteitten, poliittisten ja yhteiskunnallisten järjestelmien vuorovaikutus antiikista nykyaikaan*, 2. painos, WSOY, Porvoo-Helsinki-Juva 1983.

Gregory, Andrew, *Eureka! The Birth of Science*, Icon Books, Cambridge 2001.

Haaparanta, Leila ja Ilkka Niiniluoto, *Johdatus tieteelliseen ajatteluun*, Helsingin yliopiston filosofian laitoksen julkaisu n:o 3/1986.

Lehti Raimo, ”Eukleideen Stoikheia ja matemaattisen tiedon probleemi”, teoksessa Oikonen Juha (toim.), *Katsauksia matematiikan historiaan*, Gaudeamus, Helsinki 1982.

Lehti, Raimo, *Pallojen maailma. Tähtitiede ennen Kopernikusta*, Näyttelyluettelo, Helsingin yliopiston kirjasto 1984.

Lehti, Raimo, *Tanssi auringon ympäri. Kopernikus, Kepler ja aurinkokeskisen tähtitieteen synty*, Prometheus, Pohjoinen, Oulu 1989.

Niiniluoto, Ilkka, *Johdatus tieteenfilosofiaan. Käsitteen- ja teorianmuodostus*, Otava, Helsinki 1980.

Perhoniemi, Tuukka, *Mitan muunnelmat. Miten määritämme maailmaa, ihmistä ja tietoa*, Vastapaino, Tampere 2014.

Thesleff, Holger ja Juha Sihvola, *Antiikin filosofia ja aatemaailma*, WSOY, Porvoo – Helsinki – Juva 1994.

### 3.1 Tieteellisestä käsitteenmuodostuksesta

Kieli on tieteen ilmaisuväline, kaiken korkeamman ajatustoiminnan edellytys

”1900-luvun filosofiaa hallitsi kieli. Totuutta, tietoa, etiikkaa, mieltä ja käytännöllisesti katsoen kaikkea muuta koskevia kysymyksiä lähestyttiin kielifilosofian avulla. Jos esimerkiksi tahtoi tietää, mitä tietoisuus oli, täytyi ymmärtää, mitä sana ’tietoisuus’ merkitsee. Ja sitä varten täytyi ymmärtää, mitä ylipäänsä on se, että mikään sana merkitsee mitään.

Kielen korostamista kutsuttiin ’kielelliseksi käänteeksi’, mutta nyt siihen suhtaudutaan varsin kaksijakoisesti. Vaikka kielifilosofiaan panostaminen johti kieltämättä syvempään ymmärrykseen kielen toiminnasta (ja toimimattomuudesta), monet arvioivat nyt, että kielelle annettiin filosofiassa liian keskeinen asema ja että filosofian kielellinen pakkomielle oli vähintään yhtä paljon edistyksen este kuin sen apu. Mutta olemme kielellisestä käänteestä mitä mieltä tahansa, se jätti nykyfilosofialle perinnön, jota ei voi sysätä pois noin vain.”

Baggini & Fosl 2013, 208.

Kielen tutkimuksen kolme osa-aluetta: syntaksi, semantiikka, pragmatiikka

Merkitys, ekstensio ja intensio

Arkikielen ongelmallisia piirteitä: monimielisyys, epämääräisyys, sivumerkitykset eli konnotaatiot

Tieteellinen käsitteenmuodostus: prosessi, jossa tieteellisiä käsitteitä muodostetaan, kehitetään ja täsmennetään.

Neljä tavoitetta (Whewell/Niiniluoto): yksinkertaisuus, selvyys, yleisyys, totuus.

Kriteeri: teoreettinen hedelmällisyys: siis käsitteenmuodostus ja teorianmuodostus liittyvät yhteen

selvyyden lisääminen: määrittellään termit, jotka ovat vieraita tai monimerkityksisiä

#### *Määritelmät*

definiendum: se mikä määrittellään

definiens: se mikä määrittelee

#### *Traditionaalinen määritelmien teoria*

Ensimmäisen systemaattisen teorian määritelmien luonteesta ja roolista tieteessä esitti Aristoteles. Hänen näkemyksensä erikoisuus nykyisestä näkökulmasta on ajatus, että kaikki tieteellisen päättelyn lähtökohdiksi kelvolliset peruslauseet tai aksioomat ovat ”määritelmiä”. Aristoteles ei tehnyt

selvää eroa käsitteellisen ja faktuaalisen totuuden välillä, mutta hänen seuraajansa erottivat toisistaan nimiä koskevat "nominaalimääritelmät" ja olioita koskevat "reaalimääritelmät". Tätä teoriaa kutsutaan yleisesti *traditionaaliseksi määritelmien teoriaksi*.

Aristoteleen teorian mukaan määritelmän tehtävänä oli ilmaista määritelmän kohteena olevan asian tai oliolajin olemus kahden termin avulla:

*genus* ilmaisee sen laajemman suvun, johon asia tai oliolaji kuuluu  
*differentia* ilmaisee sen olennaisen tunnusmerkin, jonka avulla määriteltävä laji voidaan erottaa muista samaan sukuun kuuluvista lajeista

esim. Ihminen on rationaalinen eläin.

Aristoteleen näkemys on essentialistinen, vrt. Wittgensteinin "perheyhtäläisyys"

### *Moderni määritelmien teoria*

deskriptiiviset ja stipulatiiviset määritelmät

*Määritelmiä koskevat ehdot* (Cohen ja Nagel 1934)

- A) Määritelmän täytyy antaa määriteltävän olemus
- B) Määritelmä ei saa olla kehämääritelmä
- C) Määritelmää ei saa lausua negatiivisin termein, jos se voidaan ilmaista positiivisin termein
- D) Määritelmää ei saa ilmaista epäselvällä tai kuvaannollisella kielellä.

### *Käsitetyypit*

*Luokitus ja ositus*, vastaavat toisiaan:

ositus: suvun jakamista lajeihin  
 luokitus: yksilöiden ryhmittelemistä luokkiin, luokkien ryhmittelemistä laajempiin luokkiin

esim. osituksesta: Porfyrioksen puu

### *Kvalitatiiviset käsitteet*

Termejä, jotka saavat aikaan jonkin olioluokan luokituksen, kutsutaan kvalitatiivisiksi tai klassifikatorisiksi termeiksi

looginen luokitus: 'mies' - 'ei-mies'  
 faktuaalinen luokitus: 'mies' - 'nainen'

esim. Linnén järjestelmä, kasvien luonnollinen järjestelmä

### *Komparatiiviset käsitteet*

suhdekäsitteitä, joita voidaan käyttää olioiden vertailemisessa

### *Kvantitatiiviset käsitteet*

pituus, paino, lujuus...

metrittäminen: käsitteenmuodostuksen vaihe, jossa siirrytään kvalitatiivisista tai komparatiivisista käsitteistä vastaaviin kvantitatiivisiin käsitteisiin

mittaaminen: kvantitatiivisen arvon määrittäminen jollekin objektille

### *Kvantitatiivinen menetelmä*

"Mitataan kaikki, mikä voidaan mitata, ja tehdään mitattavaksi kaikki, mitä ei vielä voida mitata" - "Maailmankaikkeuden kirja on kirjoitettu matemaattisin kirjaimin" - Galileo Galilei (vrt. pythagoralaiset).

Edellinen periaate voidaan nykyään korvata seuraavalla periaatteella (Niiniluoto 1980): "maailmankaikkeuden kirjaa kannattaa lukea matemaattisin kirjaimin silloin, kun se on mahdollista ja kun se osoittautuu tutkimuksen päämäärien kannalta hedelmälliseksi".

### *Kvalitatiivinen (laadullinen) tutkimus vs. kvantitatiivinen tutkimus*

Esim. suomalaisessa sosiaali- ja kasvatustieteiden kentässä kvalitatiivisten menetelmien käyttö on yleistynyt 1970- ja 1980-luvuilta lähtien. Onko kysymys siitä, että kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät sopivat luonnontieteisiin, kun taas ihmistieteissä on luontevinta käyttää laadullisia menetelmiä:

Ihmistieteellisen tutkimuksen menetelmällistä kenttää ei voi jakaa 'kvalitatiivisiin' ja 'kvantitatiivisiin' menetelmiin. Sen sijaan voidaan erottaa kaksi tutkimuksen tekemistä tulkitsevaa ideaalimallia: ...

Alasuutari, Pertti, *Laadullinen tutkimus*, 1994, 23.

## *3.2 Tieteellisestä teorianmuodostuksesta*

*Esimerkki:* Kreikkalainen matematiikka – Eukleides ja Arkhimedes

300-luvulla oli matematiikka, varsinkin geometria, kehittynyt ennen kaikkea Akatemian piirissä. Eukleideen *Elementa* (kr. *Stoikheia*) (n. 300 eKr.) ja muutamat muut tutkielmat kirjasivat pysyvästi tämän kehityksen tulokset. Geometrian alkeisoppikirjaksi tarkoitetussa *Elementassa* toteutetaan puhtaassa muodossa tieteen aksiomaattista ihannetta, jonka hahmottelun Aristoteles oli aloittanut *Toisessa analytiikassa*. Tieteen ideaalinen esitystapa on sen mukaan sellainen, jossa joukosta ilmeisinä totuuksina pidettyjä todistamattomia peruslauseita todistetaan tiettyjen päättelysääntöjen nojalla kaikki muut lauseet eli teoreemat. Eukleideen geometria toteuttaa

myöhemmässä tieteenteoriassa vaikutusvaltaista mallia, jonka mukaan kaikki tieteen todistettavat lauseet voidaan johtaa vain muutamasta aksiomasta: Eukleideen aksiomasysteemiin sisältyi viisi aksiomaa, viisi postulaattia ja 465 teoremaa. (Aristoteles oli ajatellut, että useimmissa tieteissä aksiomia on hyvin paljon, suurin piirtein saman verran kuin teoreemojakin.)

*Elementassa* muotoillaan vuosisatoja ihanteena toiminut malli deduktiivisesta tieteestä. *Elementan* perusolettamukset ovat toisaalta *määritelmiä*, joissa luetellaan ne oliot ja käsitteet, joita sitten ryhdytään tarkastelemaan. Sitten annetaan näitä koskevia tosiksi oletettuja lauseita, jotka *Elementan* tapauksessa jaetaan postulaatteihin ja aksiomiin eli ”yleisesti tunnettuihin”.

Esimerkkejä määritelmistä:

*Piste* on se, millä ei ole osia.  
*Viiva* on pituus vailla leveyttä.

*Ympyrä* on tasokuvio, jonka sisältää sellainen viiva, että kaikki eräästä kuvion sisällä sijaitsevasta pisteestä viivalle piirretyt janat ovat keskenään yhtä suuria.

Postulaatit:

Postuloitakoon seuraavaa:

1. Suoran viivan voi piirtää mistä tahansa pisteestä mihin tahansa pisteeseen.
2. Äärellisen suoran viivan [=janan] voi jatkaa suoraksi viivaksi.
3. Ympyrän voi piirtää mikä tahansa piste keskuksena kuinka etäältä tahansa [ts. mielivaltaisen pisteen kautta].
4. Kaikki suorat kulmat ovat yhtä suuria.
5. Jos suora viiva kohtaa kaksi suoraa viivaa siten, että samalla puolella sijaitsevat sisäkulmat yhteensä ovat vähemmän kuin kaksi suoraa kulmaa, niin nämä kaksi suoraa jatkettuina kohtaavat sillä puolella, millä sijaitsevat ne kulmat, jotka ovat vähemmän kuin kaksi suoraa kulmaa.

Viidennen postulaatin eli *yhdensuuntaisuuspostulaatin* merkitys matematiikan historiassa on ollut suuri. Mutta eikö se ole pikemminkin todistusta kaipaava lause?

Aksiomat:

Yleiset huomiot:

1. Ne, jotka ovat saman kansa yhtä suuria, ovat keskenään yhtä suuria.
2. Jos yhtä suuriin lisätään yhtä suuret, saadaan yhtä suuret.
3. Jos yhtä suurista vähennetään yhtä suuret, saadaan yhtä suuret.
4. Ne, jotka yhtyvät (sijainniltaan) keskenään, ovat keskenään yhtä suuret.
5. Kokonaisuus on osaansa suurempi.

Esimerkkejä lauseista:

Konstruoitava tasasivuinen kolmio annetulle äärelliselle suoralle janalle.

Suorakulmaisessa kolmiossa suoraa kulmaa vastassa olevan sivun neliö on yhtä suuri kuin suoran kulman viereisten sivujen neliöt yhteensä.

Arkhimedes (287-212 eKr.) käytti aksiomaattista menetelmää statiikan perusteiden tutkimisessa:

Teoksessa *Tasoalueiden tasapainotilasta* esitellään statiikan perusteita puhtaasti geometrisessa asussa. Teoksessa annetaan aluksi seitsemän postulaattia, joihin vedoten johdetaan statiikkaa koskevia lauseita.

*Yleistä teorianmuodostuksesta:*

Teorianmuodostus liittyy käsitteenmuodostukseen: uusi teoria, uudet käsitteet

Päämäärä: tieteelliset teoriat tekevät mahdolliseksi toisaalta ilmiöiden selittämisen ja ymmärtämisen sekä toisaalta niiden ennustamisen ja manipuloinnin

Teoria (kr. 'theoria', katsominen, tarkasteleminen): joukko todellisuutta koskevia väitteitä, joilla on sekä ennustus- että selitysvoimaa

Teoria sisältää teoreettisia termejä, jotka viittaavat teoreettisiin entiteetteihin eli olioihin, jotka eivät ole välittömästi havaittavissa, esim. alkeishiukkaset, geenit, sosiaalinen paine, kollektiivinen piilotajunta ja superego.

Teoriat muodostuvat systemaattisesta, usein aksiomatisoidusta, teoreettisten tai empiiristen lakien kokoelmasta sekä näihin lakeihin liittyvistä eksistenssioletuksista, nimittäin teoreettisten entiteettien olemassaoloa koskevista oletuksista. Teoria kertoo, millaisia olioita maailmassa on ja miten nämä oliot säännönmukaisesti liittyvät toisiinsa.

*Tieteelliset lait*

Tieteellisiksi laeiksi kutsutaan väitteitä, jotka ilmaisevat todellisuutta koskevia säännönmukaisuuksia.

1. jaottelu:

ominaisuuksien yhteenliittymistä koskevat lait vs. tapahtumien tai tapahtumatyyppien ajallista seurantoa koskevat lait

2. jaottelu:

yleiset lait vs. tilastolliset lait

3. jaottelu:

empiiriset eli kokeelliset lait vs. teoreettiset lait

*Mallit*

*Esimerkki: Ptolemaioksen Almagest*

realismi vs. instrumentalismi:

Kreikkalainen matemaattinen tähtitiede saavutti huippunsa vasta toisella vuosisadalla jKr. Tällöin kirjoitti Klaudios Ptolemaios suuren tähtitieteellisen käsikirjansa ”Mathematike Syntaksis”, joka arabiankielisenä Almagest-teoksena opittiin tuntemaan Euroopassa 1100-luvulla. ...

[Ptolemaioksen] episykliteorian perusidea on, että planeetta suorittaa kaksinkertaista kiertoliikettä. Planeetta itse kiertää episykli-nimisen ympyrän kehällä ja episyklin keskipiste vuorostaan kiertää deferentti-nimisen ympyrän kehällä Maan ympäri. ... Ptolemaios käyttää kolmea erilaista mallia ... Paras näistä liikemalleista on *ekvanttiliike*, jota Ptolemaios käytti aina kuvaillessaan episyklin keskipisteen liikettä deferenttiympyrän kehällä. Tällöin liike tapahtuu siten, että liikkuvan pisteen kulmanopeus ympyrän keskipisteestä poikkeavan *ekvantti*-pisteen suhteen on vakio. Maa ei myöskään sijaitse deferenttiympyrän keskipisteessä vaan siten, että ympyrän keskipiste puolittaa janan Maa-ekvantti. Ekvanttiliike on erittäin hyvä approksimaatio Kepler-liikkeelle. ...

On esitetty monia mielipiteitä siitä, missä määrin Ptolemaios itse tai hänen seuraajansa pitivät hänen teoriaansa taivaankappaleiden oikeiden liikkeiden kuvailuna, ja missä määrin ne tulkittiin vain planeettain havaittujen asemien ennustamisen matemaattisiksi apuvälineiksi. Luonnonfilosofisesta perspektiivistä asioita tarkastelevat henkilöt katsoivat usein, että Ptolemaioksen matemaattiset konstruktiot jättivät maailmankaikkeuden todellista rakennetta ja planeettain liikkeiden syitä koskevat kysymykset ratkaisemattomiksi.

Lehti 1989, 10 – 12.

Platon asetti aikansa tähtitieteilijöiden tehtäväksi löytää joukon geometrisia oletuksia, jotka ”palauttaisivat” taivaankappaleiden liikkeet tasaisiksi ympyräliikkeiksi. Tämä *ilmiöiden pelastamisen* periaate tuli 2000 vuoden ajaksi tähtitieteellisen teorianmuodostuksen ideaaliksi. ... Geminus (1. vuosisadalla eKr.) teki eron fyysisesti toden tai epätoden hypoteesin ja pelkästään ilmiöiden ”pelastamiseksi” esitetyn hypoteesin välillä – edellinen edustaa teorian *realistista* ja jälkimmäinen teorian *instrumentalistista* tulkintaa. Geminuksen mukaan antiikin kreikkalaiset yleensä tulkitsivat fysiikan teoriat realismin mukaisesti ja tähtitieteen teoriat instrumentalismin mukaisesti.

(Niiniluoto 1980, 228-229.)

Mallien avulla voidaan hankkia tietoa sellaisesta, jota ei voida tutkia suoraan. Malli voi olla havainnollinen kuva jostakin ilmiöstä tai objektista tai sitä voidaan käyttää heuristisena apuvälineenä.

1) matemaattiset mallit

2) esittävät mallit

3) teoreettiset mallit