

Tieteen ja tiedon perusteet

3. Luonnontieteen synty ja kehitys

Tomi Kokkonen

14.9.2020

Tieteen kehitys

Tieteen sisällöllinen kehitys

- | | | |
|----------------------------|---|---------------------------|
| 1) faktojen kertyminen | } | palataan
ensi viikolla |
| 2) teorioiden kehittyminen | | |

Tieteellisen ajattelun kehittyminen

- 1) tieteellisen metodologian kehittyminen
- 2) tieteellisen maailmankuvan kehittyminen: tieteellisen tiedon integroituminen maailmaa koskeviin taustaoletuksiin

Tieteen sisältöjen ja ajattelun kehitys linkittyvät toisiinsa

- eivät myöskään irrallaan muusta ajattelusta ja oletuksista (filosofia, maailmankatsomukset, aatehistoriallinen konteksti)

Ei ole syytä olettaa, että tieteen sisällöt tai tieteellinen ajattelu olisivat valmiita – olemme historiallisessa vaiheessa, emme tieteen historian lopussa

Tieteen kehitys

Tieteellisen ajattelun kehitys psykologisesti

- faktojen, teorioiden ja ”yleiskuvan” (jäsennetty kokoava näkemys jonkin tieteenalan tiedosta) oppiminen
- oppiminen pois harhaanjohtavaista psykologisista taipumuksista ja ”arkiteorioista”
- arkifysiikka, arkibiologia, arkipsykologia: ihmiselle luontaiset ja/tai omaksutut tavat käsitteellistää ja selittää fysikaalisia, biologisia ja psykologisia ilmiöitä
- ei vain tiedollista oppimista, vaan myös *käsitteellistä muutosta*

Tieteellisen ajattelun kehitys tieteen historiassa

- empiiristen faktojen oppimista, teorioiden ja metodologioiden kehitystä – prosessi
- sisältää käsitteellistä muutosta ja kietoutuu filosofisiin (tietoa ja maailmaa koskeviin) oletuksiin
- irtautumista arkiajattelusta ja ”terveen järjen” näkemyksistä
- huom! tällaista korjaavaa työtä tapahtuu myös ihmistieteissä – omaan kokemukseen perustuvat nojatuolipohdinnat eivät käy tiedosta sielläkään

Tieteen historian genrejä

1) Oppihistoriat

- oppikirjamaiset esitykset siitä, kuka keksi mitä ja milloin
- yleensä harhaanjohtavaa: ei huomioi intellektuaalista ja empiiristä kontekstia eikä metodologista kehitystä – ei tee kehitystä ymmärrettäväksi, anakronistista

2) Historialliset rekonstruktiot

- mikä on historiallisen tieteellisen ajatuksen rooli ja rationaalisuus kontekstissaan
- ymmärrys aikansa jäsentämistapojen ja tutkimuskysymysten puitteissa

3) Rationaaliset rekonstruktiot

- historiallisen tieteen kuvaus nykyjäsennostavoilla mutta pitää kontekstissaan

4) Tiedeyhteisön ja tieteen tekemisen historia

5) Aatehistoriallinen kokonaiskuva

- tieteellisen ajattelun ja tutkimuksen päämäärien historia intellektuaalisessa kontekstissaan

Muinainen ”tiede”

Ensimmäinen ”läntinen” sivilisaatio: pronssikausi (n. 3300–900 eaa.)

Babylonia: maailma on deterministinen ja syklinen

- sen toimintaa voidaan kuvata ja ennusta
- esim. astrologia: vuodenaikojen kierto mutta myös muut syklit noudattelevat säännönmukaisuuksia, jotka voidaan ajoittaa taivaankappaleiden säännönmukaisuuksilla
- maailman ”perimmäinen” rakenne on matemaattinen (luku- ja mittasuhtemystiikkaa, ei matemaattista luonnontiedettä) ja siihen liittyy jumalolentoja
- kaikki tieto on jo olemassa – tutkimusta ei tarvita
- perinteen jatkajat antiikin Kreikassa: Pythagoraat (500-l. eaa.) ja Platon (427–347 eaa.)

Egypti: tiedon kerääminen ja systematisointi käytännön tarpeisiin

- geometria: rakentaminen, kanavaverkostot jne.
- lääketiede: tuhansia lääkeresptejä (ainakin osa toimivia)



Antiikin tiede

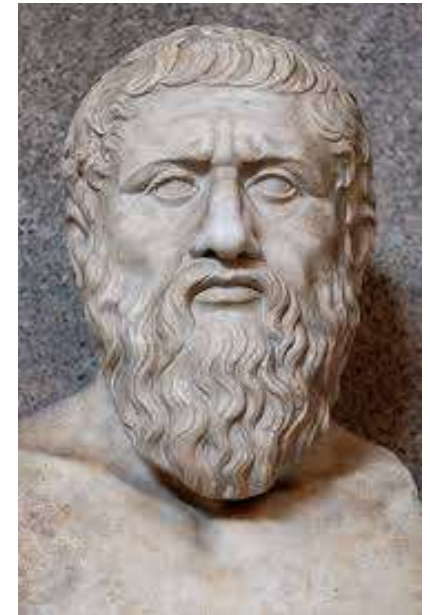
Uusi yritys ensimmäisen sivilisaation romahduksen jälkeen

Luonnonfilosofia: luontoa määrittävien periaatteiden pohdintaa

- luonto on *ymmärrettävissä* (ks. von Wright)
- spekulatiota – mutta ajatukset täytyy ensin eksplikoida ennen kuin niiden toimivuutta voidaan testata, ja miettiä, *miten* niitä voitaisiin testata
- argumentaatio, kriittisyys, uusien ajatusten muodostaminen

Platon (427–347 eaa.): idealismi

- havaitsemamme asiat ovat vain heijastumia yleisemmistä ideoista ja periaatteista, jotka ovat fundamentaalinen olemassaolon tapa
- luolavertaus: olemme kuin vankeja kahlittuna luolassa, katselemassa varjojen liikettä seinällä
- todellisuus hahmotetaan järjellä



Antiikin tiede

Aristoteles (384–322 eaa.): perusti useiden tieteenalojen traditiot, erityisesti biologia

Tiedon kaksi lähdettä:

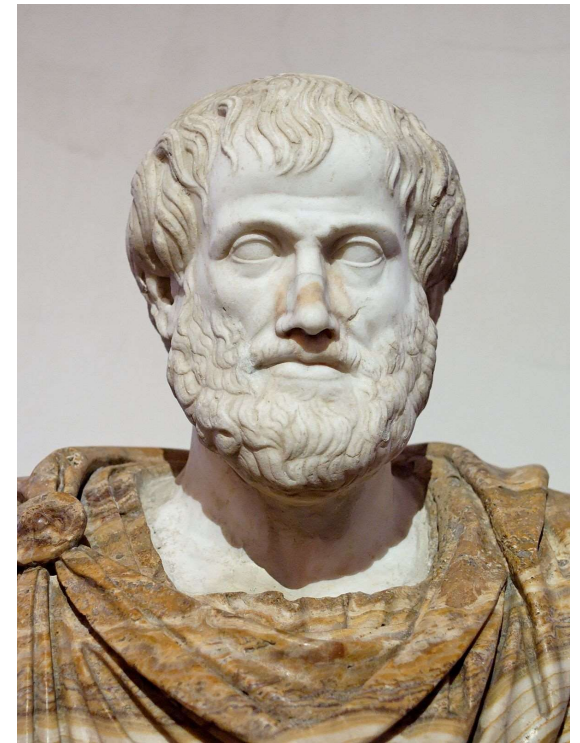
- 1) systemaattinen havainnointi ja havaintojen kategorisointi
 - esim. eläinten käyttäytyminen, valtiojärjestelmät, kirjallisuuden lajityypit
- 2) ”ensimmäisten periaatteiden” reflektointi
 - logiikka, välttämättömät kategoriat, määrittelyperiaatteet
 - selitysperiaatteet: materia, muoto, aiheuttajat ja päämäärä

Sielu = muoto – kerroksinen, ei irrallinen ruumiista

- kasvisielu, eläinsielu, rationaalinen sielu

Kokeiden tekeminen olisi luonnonprosessien vääristelyä

- ei tuota tietoa niistä



Sydänkeskiaika: arabialainen vaihe

Tieteen synty arabialaisessa filosofiassa

- Aristoteleen jatkajat Aleksandriassa pakenivat kristittyjen vainoja Syyriaan, jossa antiikin ajattelusta tuli pohja islamilaiselle filosofialle, teologialle ja tieteelle

Avicenna (ibn Sina; 980–1037): persialainen lääkäri, filosofi ja matemaatikko

- *Lääketieteen kaanon* (1025), *Parantamisen kirja* (1027)
- **kokeellinen tutkimus** kolmanneksi tiedon hankinnan tavaksi, vertaisarvioinnin kehittäjä, ei hyväksynyt auktoriteettia tiedon perustaksi
- kehitti diagnostiikkaa, lääkeaineiden tutkimuksen perusteet, esitti teorian pieneliöistä tautien aiheuttajina, alkoi käsitteellistää mielenhäiriöitä sairauksina ja kehitti psykologiaa; lisäksi mm. ajatteli fossiilien olevan sukupuuttoon kuolleiden eläinten jäänteitä, esitti alkeelliset teoriat liikemäärästä ja valon hiukkasluonteesta



Myöhäiskeskiaika: Eurooppa

Arabialaisen (ja antiikin) filosofian ja tieteen saapuminen Eurooppaan

- teki eurooppalaisesta ajattelusta aristoteelista
- ajatus luonnon ymmärtämisestä ja siihen vaikuttamisesta tuntemalla sen lait
- suuret auktoriteetit, salainen tieto

Varhainen tiede ja myöhempi ”magia” eivät erotettavissa toisistaan

- huom. von Wright on tässä kohtaa anakronistinen
- esim. alkemia sekä protokemiaa että mystiikkaa
- erilaisten ajatusten väliltä ei voitu valita *myöhemmän* tiedon perusteella
- Roger Bacon (1220–1292) ja Oxfordin koulu: kokeellisen tutkimuksen painotus, edistysaskeleita luonnontieteessä, alkemiaa

Uskonto ja tiede eivät toisistaan erillisiä – ”uskonnolliset” uskomukset osa maailmaa koskevaa ajattelua, teologit pohtivat myös maallisia kysymyksiä



Renessanssi

Arabialaisen filosofian häivyttäminen ja ”paluu” antiikin lähteisiin

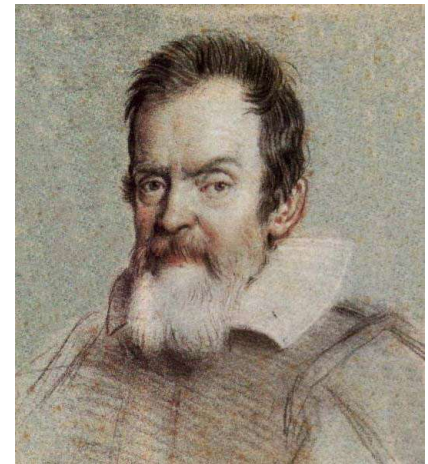
Platonismi (idealismi, matematiikka) haastaa aristotelismin

- esim. auringon siirtyminen ”keskelle” alun perin platonistinen idea
- ”luonnon kirja on kirjoitettu matematiikalla” (Galilei): ei pelkkä metafora
- planeettojen ratojen ovaalisuus katastrofi Keplerille – pakko löytää toinen matemaattinen periaate johti 2. lain löytämiseen (”voimia” ei tunnettu)
- matematiikan luonne ja rooli tieteessä edelleen mysteeri: sekä järjen tavoitettavissa että ohjaa todellisuutta?

Kokeellisen menetelmän *ajatus* saa lisää kannatusta

- Francis Bacon (1561–1628): empirismi (teki itse vain yhden kokeen)
- Galilei (1564–1642): teki lähinnä ajatuskokeita

Laboratoriot (työpajat): käytännön tieto mekaniikasta käsityöläistaidossa



Tiede, uskonto ja taikausko eriytyvät

Keskiajan ajattelun kaksi tiedollista ongelmaa: liikaa painoa järkeilylle ja ajatus Raamatusta tiedon lähteenä

- yhteisvaikutus: maailmaa koskevan tiedon päättely Raamatusta
- muuten katolinen kirkko oli keskiajalla melko liberaali uskomusjärjestelmien suhteen

Mitä tehdä empiirisen tutkimuksen ja Raamatun tulkinnan ollessa ristiriidassa?

- skisma – kesti vain hetken, mutta sai aikaan ruumiita

Ratkaisu:

- Raamattu on totta, mutta ihmiset tulkitsevat sitä puutteellisesti – empiirinen tutkimus korjaa ihmisen ajattelua, ei Raamattua (ongelma protestanteille)
- uskonnolle ja tieteelle omat sovellusalamansa – se, mikä jää molempien ulkopuolelle on taikauskoa ja magiaa
- magian ”synnyn” seurauksena noitavainot (lähinnä protestanttisilla alueilla) ja inkvisitio

Materialistinen ja mekanistinen maailmankuva

Maailma on suuri mekanismi, mukaan lukien elävä maailma ja ihmisten ruumiit

- osien suora vuorovaikutus (liikemäärä)
- esim. Rene Descartes (1596–1650)

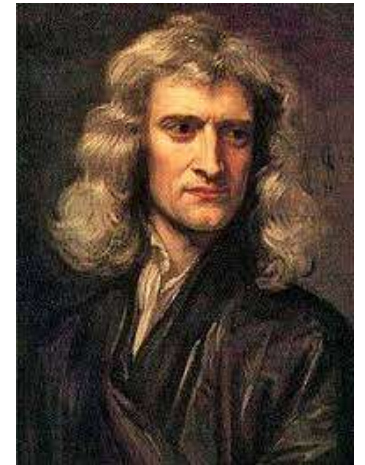
Kokeellisen menetelmän läpimurto (erityisesti kemisti Robert Boyle, 1627–1691)

Okkultismin paluu: Sir Isaac Newton (1642–1726)

- yhdisti mekaniikan ja astronomian; myös alkemisti, okkultisti ja uskonnollinen mystikko

Newtonin lait: ei mekanistista selitystä

- pidettiin pitkään haasteena ymmärrykselle – mutta tämä unohdettiin
- Newton itse: Jumala pitää planeetat radallaan
- materialismin ja mekanistisen ajattelun väistyminen



Valistusaika

Naturalismi (ei yliluonnollisia selityksiä) ja rationalismi

Laplace (1749–1827): Newtonin lakien ”mekanisointi”

- ”Minulla ei ollut tarvetta sille hypoteesille.”

Laeista osa tapaa ymmärtää maailma; umpikujia:

- varhaiset evoluutioteoriat: lajit olioita, joihin pätevät evoluution lait – mutta mistä lajinmuuttumisen lait tulevat?
- yleisemmin: lakiajattelu ei sovellu biologiaan
- varhaiset yhteiskuntatieteet; ”historian lait” – fysiikan inspiroimaa ajattelua yritettiin ihmistieteisiin, mutta ei se niihin sovellu

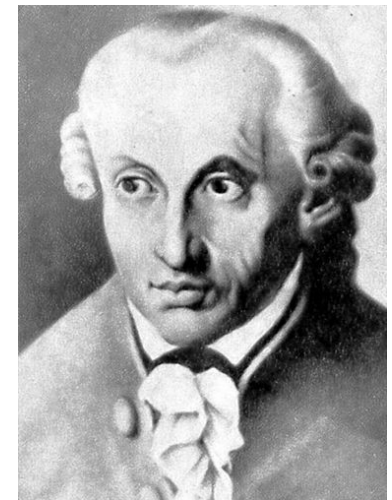
Maailman ymmärrettävyys ongelmana

Miten voimme tietää, että tiedämme?

- empirismin rajat: yleistyksen, lakien todentaminen
- rationalismin rajat: miten ajattelu tavoittaa maailman?

Immanuel Kant (1724–1804): *transsendentaali idealismi*

- ”Kopernikaaninen kumous” filosofiassa: kyse ei ole siitä, miten ihminen voi tietää maailmasta, vaan millainen maailman täytyy olla jotta ihminen voi tietää siitä
- ymmärryksen kategoriat (välttämättömät ehdot kokemukselle) ja maailma yhdessä saavat aikaan havaittavat ilmiöt
- ”oliot itsessään” eivät ole tavoitettavissa, vain ”oliot meille”
- Newtonin lait formalisoivat tietyt transsendentaalit ehdot
- vain fysiikka: ”Koskaan ei tule olemaan ruohonlehden Newtonia.”
- piilo-oletus modernissa fysiikassa?



1800-luvun tieteen kasvu

Tiedon kasvu fysiikassa, kemiassa, biologiassa

Liittyy osittain käytäntöihin:

- teollistuminen, eläinten ja kasvien jalostus jne.
- tieteen ja teknologian **vuorovaikutus** oli pitkään keskeistä luonnontieteen kehityksessä

Empiirinen tiede ja filosofia eroavat

- tähän asti metafyyysiset ja epistemologiset kysymykset ovat linkittyneet suoraan empiiriseen tutkimukseen

Tieteenfilosofia syntyy: tieteen toimintaperiaatteiden eksplikointi ja pohdinta omaksi alueekseen

- William Whewell (1794–1866), John Stuart Mill (1806–1873)
- ensimmäinen ”metodologinen sovellus”: Charles Darwin (1809–1882): *Lajien synty* (1859)

Tiede disiplinaistuu – maailmakuva saarekkeistuu

Luonnontiede oli ”valmis” 1900-luvulle tultaessa...

Nykytiede

Fysiikan kriisi

- 1900-luvun alun uudet teorial (suhteellisuusteoria, kvanttifysiikka) rikkovat perinteiset käsitykset todellisuuden luonteesta – ei yleisesti hyväksyttyä filosofista tulkintaa
- keskenään yhteensopimattomia, matka empiriaan suuri
- fundamentaalifysiikan teoria hukassa, kilpailevia koulukuntia, teorial ymmärryksen rajoilla
- hiukkaskiihdyttimien tuottama data ei lunastanut odotuksia
- tarvitaanko filosofinen murros? vai onko ongelma matematiikassa?

Mekanistisen materialismin paluu biologiassa

- ei lakeja, vaan biologisia mekanismeja joilla on evoluutiossa muodostuva ”design”
- ei luonnollisia luokkia, jotka voisivat olla lakien kohteita (populaatioajattelu)
- emergenssi: funktionaalisella rakenteella on vaikutuksia, jotka eivät palaudu osien ominaisuuksiin, mutta voidaan ymmärtää

Disipliinien väliin ja leikkauskohtiin jäävät tutkimuskohteet: interdisiplinaarisuuden tarve

Uusien tieteenalojen jatkuva synty