

# ABDUKTIO JA KEKSIMISEN LOGIIKKA

Luennot abduktiivisesta päättelystä

Ilkka Niiniluoto

toukokuu 2014

# UUDEN TIEDON ETSINTÄ

- Uuden ajan tieteenkäsitteet
  - tieteen tehtävä on etsiä ja perustella uutta tietoa tutkimuksen avulla
  - aikaisemmin ajateltiin, että metodi koskee ensisijaisesti tiedon järjestämistä ja opettamista
- *heuristiikka*: keksimisen säännöt ja menetelmät
- FRANCIS BACON: *Novum Organon* 1620
  - induktio keksimisen ja oikeuttamisen menetelmänä
- RENÉ DESCARTES:
  - apriorinen menetelmä: selvät ja kirkkaat järjen ideat
- ISAAC NEWTON:
  - gravitaatiolain ”dedusointi” ilmiöistä (Kepler, Galilei)

# TIETEEN LUOVUUS

- keksimisen ja oikeuttamisen konteksti
  - vrt. HANS REICHENBACH: *Experience and Prediction* (1938)
  - vrt. EINO KAILA: *Inhimillinen tieto* (1939)
- hypoteesin menetelmä: hypoteesien ja teorioiden keksiminen on luovaa toimintaa, jonka tarkastelu kuuluu psykologian eikä logiikan alaan
  - vrt. KARL POPPER: *The Logic of Scientific Discovery* (1934/1959)
- keksiminen (*invent*, taide ja tekniikka) vs. löytäminen (*discover*, tiede)
  - T.A. EDISON: sähkölamppu, ”nerous on 1% inspiraatiota ja 99% perspiraatiota”

# ONNEN OSUUS

- keksinnöt onnekkaita sattumia
  - vrt. ROBERT MERTON: *serendipity*
  - A. FLEMING: penisilliini naapurista
  - A. KEKULE: bentseenin rakenne unessa
  - W. RÖNTGEN: X-rays
- keksinnöt ihmeitä (apotti GRATRY, vrt. Peirce), jumalan lahjoja ihmiselle (PIERRE DUHEM)
- intuitio
- samanaikaiset keksinnöt: diff. & int. laskenta (NEWTON vs. LEIBNIZ)

# ALITAJUINEN VALMISTELU

- avoin mieli (NEWTON)
- prepared mind (PASTEUR)
- pitkä alitajuinen työ (POINCARÉ)
- J. HADAMARD: *The Psychology of Invention in the Mathematical Field* (1945)
  - valmistusvaihe: ongelman muotoilu
  - inkubaatio: alitajuinen työstäminen
  - keksintö: ratkaisun nousu tietoisuuteen

# KEKSIMISEN LOGIIKKA

- geometrinen analyysi ja synteesi: todistusten ja konstruktoiden keksiminen
- keksiminen kalkyylin avulla (LULLUS, LEIBNIZ)
- deduktio ei ole luovaa päättelyä, johtopäätös sisältyy premisseihin
  - vs. HINTIKKA: pintainformaatio, PEIRCE: corollarial reasoning
- 1. kertaluvun predikaattilogiikalle ei ratkaisumenetelmää (CHURCH 1936, GÖDEL)
- onko ihminen luovempi kuin tietokone? (LUCAS, PENROSE)
- onko deduktion ohella jokin muu päättelyn muoto, jota voidaan soveltaa keksimisessä ("logic in use") tai jolla voidaan rationaalisesti rekonstruoida keksimiseen liittyviä prosesseja?

# INDUKTIO

- induktiotodistukset aritmetiikassa ( $0, n \rightarrow n+1$ )
- GEORGE POLYA: *How to Solve It* (1945)
- matematiikka on syntyvaiheessaan ”kokeellinen induktiivinen tiede”
- lukusarjan 1, 2, 4, 8, 16, ... jatkon keksiminen; on löydettävä niiden yhteinen piirre (vrt. WHEWELL)
  - WITTEGENSTEIN & KRIPKE säännön seuraamisesta
- teoreeman yleistys tasosta n-ulotteiseen avaruuteen
- GAY-LUSSACin laki yhdistyneiden kaasujen tilavuuksien suhteesta (1809) (ACHINSTEIN); tarvitaan taustateoriaa
- POPPER: induktiota ei ole olemassa, *Conjectures and Refutations* (1963)
  - rohkeat arvaukset ja niiden kumoaminen
- IMRE LAKATOS: *Proofs and Refutations* (1963-64)
  - kvasiempirismi, popperilainen metodi matematiikassa

# ANALOGIA

- a:lla ja b:llä on yhteisiä ominaisuuksia, b on F, siis myös a on F
- KEPLER: planeetat samanlaisia kiertoratansa suhteen, Marsin rata on ellipsi, siis ...
- PRIESTLEY 1767: sähköisten vetovoimien laki (ACHINSTEIN)
- eläinkokeet, simulaatiomallit
- MILL: induktio ominaisuuksien suhteen
- positiivinen ja negatiivinen analogia (KEYNES, HESSE)



# N.R. HANSON 1958

- *Patterns of Discovery* (1958)
- vastoin tieteenfilosofian standardikäsitystä (HD-menetelmä) on olemassa keksimisen logiikkaa: PEIRCE:n abduktio vs. BRAITHWAITE, REICHENBACH, POPPER
- perusteet ehdottaa hypoteesi H vs. perusteet hyväksyä hypoteesi H

# ABDUCTIVE REASONING

The surprising fact C is observed

But if H were true, C would be a matter of course

Hence, there is reason to suspect that H is true  
(*CP* 5.189)

uudet ideat tieteessä, vain "maybe", abduktioon ei liity todennäköisyyttä (1898)

# ABDUKTIO JA KEKSIMINEN

- teoria tai hypoteesi H esiintyy jo abduktion premississä, joten se ei kerro, miten H on alun perin keksitty
  - PEIRCE: hypoteesin elementtien uudenlainen yhteen liittäminen (*CP* 5.181)
- LEVI: abduktio ilmaisee, mitkä hypoteesit ovat koettelemisen arvoisia (*testworthiness*)
  - päättely potentiaaliseen selitykseen
  - kiinnostavan hypoteesin on selitettävä lähtökohtana oleva ongelma tai aineisto
  - HD-menetelmän ei tarvitse kieltää tällaisten kriteerien olemassaoloa

# HYPOTEESITYYPIT

- Yllättävä tosiseikka C on todettu
- C ei olisi yllättävä, jos jokin tyyppiä H oleva hypoteesi olisi tosi
- Siis on järkevää olettaa, että jokin tyyppin H hypoteesi on tosi

HANSON (1961)

- KEPLER: kokeilevat hypoteesit Marsin kiertoradan muodosta, epätyytyttävät selitykset hylätään
- LE VERRIER & ADAMS 1846: Neptunuksen löytäminen Uranuksen radan häiriöiden perusteella

# TAUSTA-ARVAUKSET

- Yllättävä tosiseikka C on todettu
- On järkevää olettaa, että jokin tyyppiä H oleva hypoteesi selittää C:n
- Siis on järkevää olettaa, että jokin tyyppiä H oleva hypoteesi on tosi
  
- KEPLER: auringolla vaikutusta planeettojen kiertoliikkeeseen, aurinko radan kiintopisteenä

# HEURISTINEN ETSINTÄ

- HERBERT SIMON: *Models of Discovery* (1977)
  - tekoälyn (*artificial intelligence*) tietokone-ohjelmat ja algoritmit: todistuksien keksiminen, shakkikoneet, säveltävät koneet, oppivat automaatit
  - parhaan (*optimizing*) tai tyydyttävän (*satisficing*) ratkaisun hakeminen etsintäavaruudesta, haun rajoitusten asettaminen
  - heuristisen etsinnän tehokkuus

# FRIENDS OF DISCOVERY

- kongressi Renossa, Nevadassa 1978
- THOMAS NICKLES (ed.), *Scientific Discovery, Logic, and Rationality* (1980)
  - generation, pursuit, justification
- *Scientific Discovery: Case Studies* (1980)
- tiede ei ole totuuden etsintää (realistit) vaan ongelmanratkaisua (KUHN, LAUDAN)

# INDUKTIIVINEN OPPIMINEN

- HOLLAND, HOLYWOOD, NISBET, THAGARD:  
*Induction: Processes of Inference, Learning, and Discovery* (1986)
  - käsitteenmuodostus: jaoton luku
  - lakien keksiminen: LANGLEYn tietokoneohjelma BACON keksii Keplerin kolmannen lain
- käyrän sovitus (*curve fitting*):
  - etsi mahdollisimman yksinkertainen funktio, jonka kuvaaja kulkee havaintopisteiden kautta tai niitä lähellä
- tekoälyn abduktio-ohjelmat oppimisen välineinä



# KYSYMYSTEN LOGIIKKA

- HINTIKKA: episteeminen logiikka (1962), logic of questions and answers (1976), tutkimuksen logiikka (interrogative model of inquiry)
- kysymyksillä etsitään uutta informaatiota, taustalla presuppositiot, kokeet kysymyksiä luonnolle
- kysymys:  $p?$
- tavoite: tiedän että  $p$
- abduktio ohjaa strategisesti kysymyksiä
  
- N. RESCHER: *The Limits of Science* (1984)
  - vastaukset presuppositioina uusille kysymyksille
- S. KLEINER: *The Logic of Discovery* (1993), erotetic logic