

Tieteen ja tiedon perusteet

4. Miksi havainnot eivät riitä

Tomi Kokkonen

16.9.2020

Deduktio ja induktio

Deduktiivinen päättely:

- pätevää (säilyttää totuuden), muttei tuota tietoa
- jos premissit ovat tosia, johtopäätös on tosi *loogisen muodon* perusteella
- esim. kaikki ihmiset ovat kuolevaisia ja Sokrates on ihminen, joten Sokrates on kuolevainen:
 $\forall x H(x) \rightarrow K(x) \ \& \ H(S) \vdash K(S)$
- matematiikka, formaali logiikka

Induktiivinen päättely: lisää premisseihin, ei pätevää (ei säilytä totuutta)

- ”Kaikki tähän asti nähdyt joutsenet ovat valkoisia, joten kaikki joutsenet ovat valkoisia.”
- ”2/3 kyselyyn osallistuneista opiskelijoista oli tyytyväisiä. Siis 2/3 opiskelijoista on tyytyväisiä.”
- ”Yliopiston opiskelijoista puolet on naisia. Siis tämän luennon opiskelijoista puolet on naisia.”
- ”Yhdisteillä A ja B tunnetaan joukko jaettuja ominaisuuksia, joten niillä on varmasti muitakin jaettuja ominaisuuksia.”
- kaikki tieteellinen *tietoa lisäävä* tieteellinen päättely on induktiivista

Induktivismi

Empiristinen näkemys tieteestä – ”suora” induktio

Perusajatus: kerätään ja luokitellaan havaintoja, tehdään niistä päätelmiä, kerätään lisää havaintoja päätelyn pohjalta

Esim. John Herschel (1792–1871): mekanismi on ilmiön syy, jos voidaan osoittaa, että

- 1) se on olemassa ainakin joskus
- 2) se kykenee tuottamaan oikeanlaisia vaikutukset (tutkituissa tapauksissa)
- 3) sen vaikutus kykenee selittämään laajan joukon (yleistettyjä) havaintoja

Charles Darwin: Lajien synty (1859)

- osoittaa valikoitumismekanismin osien (perinnölliset erot, kamppailu olemassaolosta) olemassaolon, mekanismin vaikutukset eläinten ja kasvien jalostuksessa, näyttää empiiristä evidenssiä yhteisen polveutumisen näköisistä säännönmukaisuuksista, osoittaa luonnonvalinnan voivan selittää nämä säännönmukaisuudet
- rakentaa argumentin kehittelyn ja todistusaineiston esittelyn aikansa tieteenfilosofian ihanteiden mukaisesti

Induktivismin ongelmia

- 1) Mihin ylipäätään pitäisi kiinnittää huomiota?
 - havaittavia asioita lukematon määrä – oltava käsitys siitä, mikä kohteessa on *oleellista*
 - mitkä oliot luokitella ”samaksi”?
- 2) Pelkän positiivisen tuen olemassaolo ei riitä
 - havaintojen yhteensopivuus väitteen kanssa ei riitä: samat havainnot voivat sopia yhteen useiden (myös vielä keksimättömien) hypoteesien kanssa
- 3) Havainnon teoriapitoisuus – tästä lisää kohta
- 4) Induktiivisen päättelyn ongelmat
 - pelkkä induktiivinen päättely ei ole pätevää – miten yleistäminen oikeutetaan?
 - Hempelin korppiparadoksi

Korppiparadoksi

Mikä tahansa evidenssi, joka konfirmoi hypoteesia H, konfirmoi myös mitä tahansa *loogisesti ekvivalenttia* hypoteesia

”Kaikki korpit ovat mustia”



“Kaikki ei-mustat asiat ovat ei-korppeja”

Ornitologiaa sisätiloissa: valkoisen kengän havaitseminen tukee väitettä, että kaikki korpit ovat mustia!

Mikä on korppiuden ja mustuuden suhde?



Luonnolliset luokat

Luonnolliset luokat: jotkin luokittelut vangitsevat sen, miten maailma rakentuu

- kaikki luokan edustajat jakavat välttämättä joukon ominaisuuksia
- tukee yleistysten tekemistä, voivat olla luonnonlakien kohteena

Ovatko korpit luonnollinen luokka?

- olemusajattelu vs. populaatioajattelu
- tästä lisää seuraavalla kerralla



Empiirinen data vai mekanistinen tieto?

Empiirinen tilastollisesti pätevä väite: ”Lisääntymisiässä olevat naiset, jotka käyttävät e-pillereitä, saavat vähemmän verentukoksia.”

- eli e-pillerit ehkäisevät verentukoksia?
- ei, vaan *aiheuttavat* niitä

Osavaikutukset vs. kokonaisvaikutus — vaikutuksen aiheuttavien mekanismien yksityiskohdat tärkeitä

- e-pillerit aiheuttavat verentukoksia
- e-pillerit ehkäisevät raskauksia
- raskaudet aiheuttavat verentukoksia

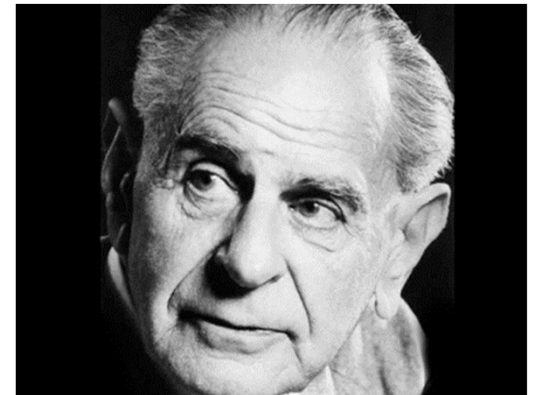
Flasifikationismi

Karl Popper (1902–1994):

- induktio on epäpätevää
- tiede ei pyri todistamaan oikeaksi, vaan *kumoamaan virheellisiä arvauksia*
- tiede on *ongelmakeskeistä*, eikä siten *ala* havaintojen keräämisellä
- tieteellinen tieto aina luonteeltaan *hypoteettista*
- demarkaatio (rajanveto): *falsifioitavuus* tieteen kriteeri

Popperin perustavat oivallukset:

- tieteellisen teoretisoinnin tulisi tehdä rohkeita ennusteita
- havaintoaineistoa tulisi etsiä *kumoamiseen*, ei *tukemiseen*



Falsifikationismin ongelmia

Kaikki tieteelliset väitteet eivät ole falsifioitavissa

- rajoittamattomat olemassaoloväitteet
- tilastolliset väitteet: yksi vastaesimerkki ei kumoa

Onko falsifikationistin mahdollista *tietää* mitään?

- millä perusteella tehdään käytännön valintoja?

Yleensä teoria hylätään vasta, kun löydetään parempi

- **anomaliat** (poikkeamat) pyritään selittämään pois **apuoleuksilla** (lisäoletuksilla, joiden olettamista pidetään perustellumpana kuin koko teorian hylkäämistä)
- miten teorialat kehittyvät?

Esimerkki tieteellisestä päättelystä: Semmelweis ja lapsivuodekuume

Ignaz Semmelweis (1818–1865),

- Wienin kättilösairaalan johtaja

Lapsivuodekuume:

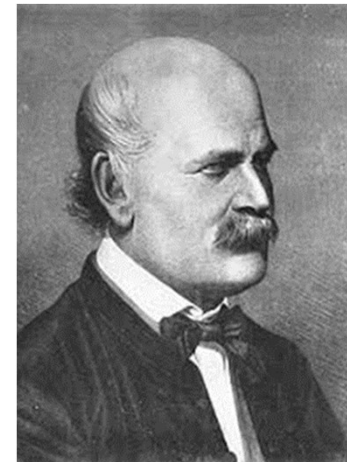
- hengenvaarallinen sairaus, jonka saattoi saada synnyttämisen jälkeen (nykytiedon mukaan bakteerin aiheuttama)

Klinikka I

- lääkäreiden opetusosasto, kuolleisuus 9,9 %
- synnyttäminen yhtä vaarallista kuin keuhkokuume!

Klinikka II

- kättilöiden hoidossa, kuolleisuus 3,4 %



Selitysyrityksiä

”Miasmat”

- tuulen mukana kulkeutuvat myrkkyhuurut (1800-luvun selitys kulkutaudeille)
- tilastot osoittivat, että kuolemat eivät korreloi sään kanssa

Tilanahtaus

- klinikka II todellisuudessa ahtaampi

Virallisen komission selitys: erityisesti ulkomaalaisten opiskelijoiden kovakouraisuus

- opiskelijoiden vähentäminen tai ulkomaalaisten kieltäminen ei vaikuttanut

Klinikoilla synnytettiin eri asennoissa

- asennon vaihtaminen ei auttanut

Osaston läpi kulkeva papin kulkue

- kulkureitin muuttamisella ei vaikutusta



Johtolankoja

Kuolemat tapahtuivat usein riveittäin

Vaikea synnytys lisäsi riskiä

Lapsi sairastui vain, jos äiti sairastui

Kuolemat vähenivät, kun potilaat siirrettiin väliaikaisesti muualle

”Katusynnyttäjät” eivät saaneet lapsivuodekuumetta

Tohtori Kolletschan kuoleman kulun samankaltaisuus lapsivuodekuumeen kanssa

- sairastumisen syynä ruumiinavauksen aikana saatu haava

Semmelweisin hypoteesi

Taudinaiheuttajat peräisin kuolleista ruumiista

- opiskelijat osallistuivat myös ruumiinavauksiin
- vesi ja saippua eivät riitä käsienpesuun?

Toimenpide: käsien pesu klooriliuoksella

- tulos: kuolleisuus 1,3 % (molemmat klinikat)

Vastaesimerkki: kaksi uutta epidemiaa

- **vaihtoehtoiset selitykset:** toisen syynä märkivä kohdunkaula, toisen syynä märkivä luumätä potilaan jalassa
- **hypoteesin täsmennys:** taudinaiheuttajat voivat olla peräisin myös märkivistä haavoista



Hypoteettis-deduktiivinen menetelmä

Teoria tieteellisten väitteiden *oikeuttamisesta* havainnoilla

- keksimisen/löytämisen ja oikeuttamisen kontekstit ovat erilliset

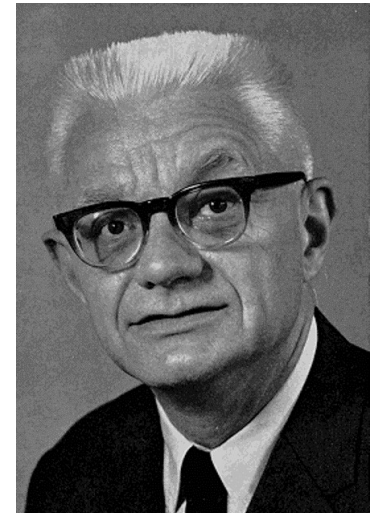
Esim. Carl Hempel (1905–1997)

Oppikirjojen “tieteellinen menetelmä”:

- **hypoteeseja** (oletus) arvioidaan *johtamalla niistä havaittavia seurauksia (deduktio)* ja vertaamalla näitä seurauksia havaintoihin

Kokeellisen tutkimuksen idea: hypoteesin seurauksia testataan kontrolloidusti

- ei-kokeellisessa tutkimuksessa havaintoaineiston kerääminen, valikointi ja analysointi voi jäljitellä samaa *logiikkaa*, mutta se on vaikeampaa



Hypoteesien testaaminen

- 1) Teoreettinen päättely havaittavista seurauksista (**ennustaminen**)
- 2) Havaintoaineiston kerääminen / tuottaminen
- 3) Oletusten ja havaintoaineiston vertailu

Havaintoaineisto voi tukea (**konfirmoida**) oletusta, muttei koskaan *todistaa* sitä

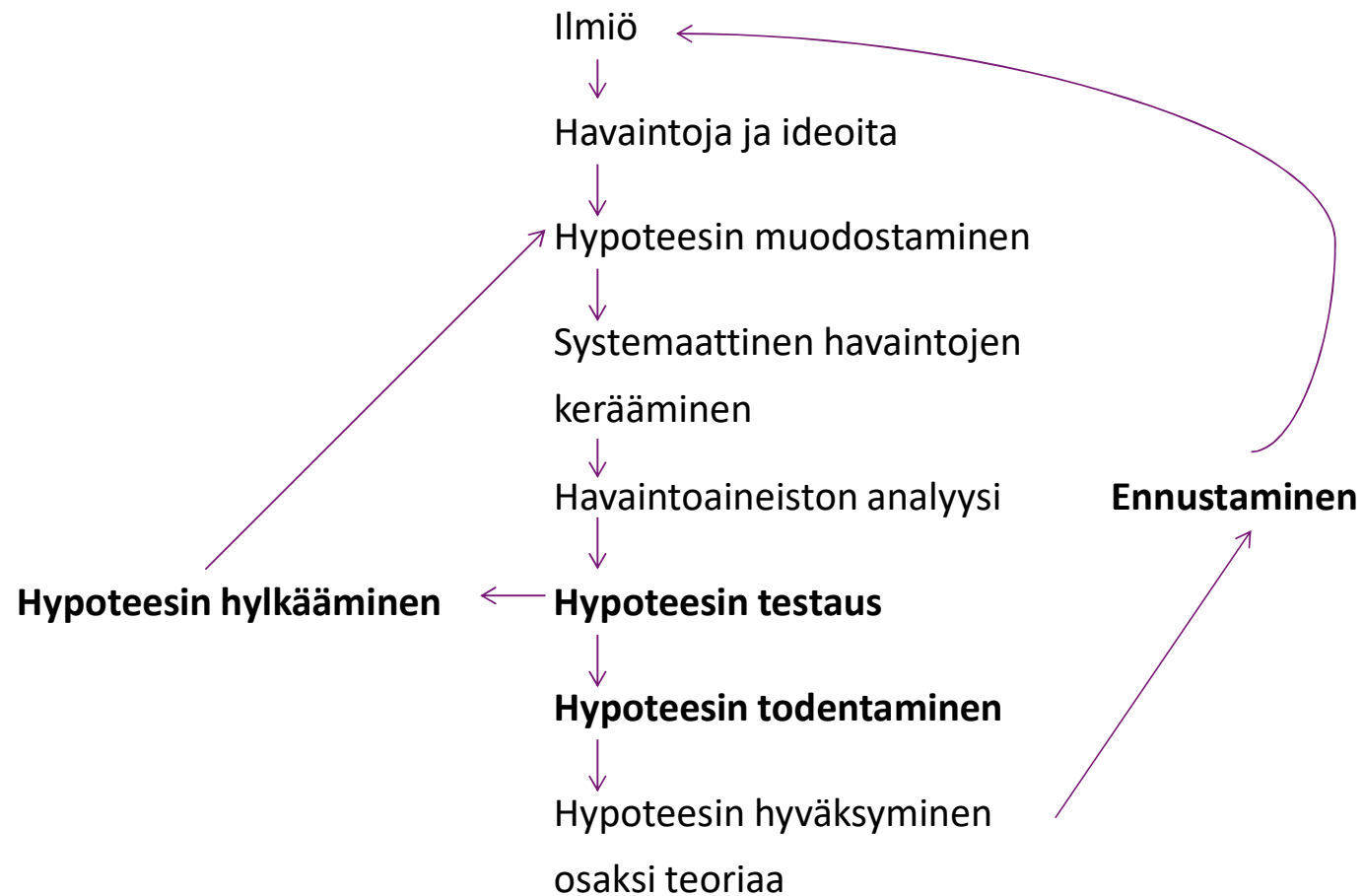
- mitä enemmän konfirmaatiota, sen luotettavampaa
- tieto tutkittavista ilmiöistä on *epäsuoraa*

Havaintoaineisto voi kumota (**falsifioida**) oletuksen

- tosin: yksittäinen yhteensopimaton havainto ei yleensä kumoa koko teoriaa: esim.
Simmelweisin apuoletukset

Suorat havinnot ylittävien väitteiden (esim. yleistykset, taustalla olevat syyt) testaaminen

Tutkimuksen kulku HD-näkemyksessä



Ankara testaaminen

Pelkkä havaintoaineiston yhteensopivuus ei riitä: ne eivät tue hypoteesia suhteessa hypoteesin paikkansapitämättömyyteen

Uudet ennusteet testinä: hypoteesista seuraa jotain, mitä ei jo tiedetty, joka ei olisi odotettavissa ilman hypoteesia

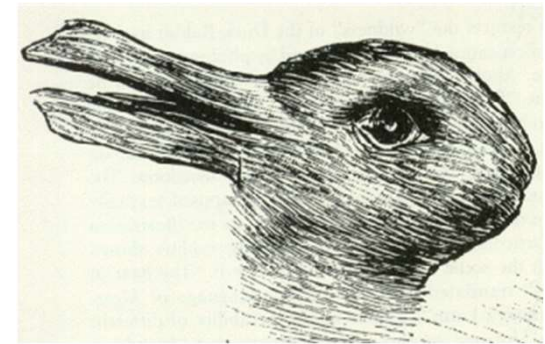
Oleellista on, että todistusaineisto on todennäköisempää silloin, kun hypoteesi on totta kuin mitä jos se ei ole totta

Evidenssi e tukee hypoteesia H vain jos $P(e | H)$ on korkea ja $P(e | \text{ei } H)$ on matala

Havainnon teoriapitoisuus

Ei ole olemassa ”puhtaita” havaintoja

- näemme kaiken aina jonakin
- käsitteet, hahmotustavat ja oletukset ohjaavat havaintoa
- tiede pyrkii tarkempiin ja täsmällisempiin havaintoihin ja kiertämään yksilöpsykologiset rajoitteet, mutta...



- 1) Havainnolla on aina teoreettista sisältöä
 - havaintoaineiston teoreettinen tulkinta: mitä datassa ”nähdään” (jäsenitys), mihin kiinnitetään huomiota (rajaus)
- 2) Teoreettiset oletukset ohjaavat tutkimuskysymysten, kohteiden ja aineiston valintaa, mikä rajoittaa uuden tiedon löytämistä tutkimuskohteesta
- 3) Havainnot tulkitaan teoreettisesti tehtäessä päätelmiä ilmiöistä

Havainnon teoriapitoisuus ja teorian pelastaminen havainnoilta

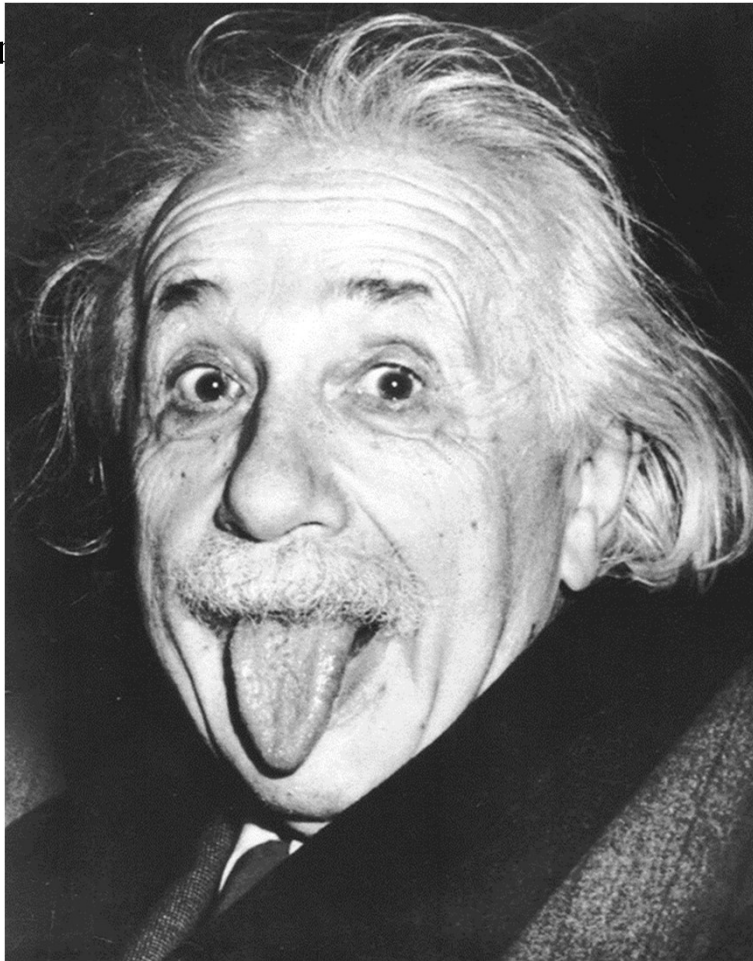
Ongelmat Newtonin mekaniikan ennusteissa planeettojen radoista

- onko teoria väärä?
- vai ovatko oletuksemme planeetoista vääriä?
- ongelmat Uranuksen radassa – Neptunus
- ongelmat Merkuriuksen radassa – Vulcanus



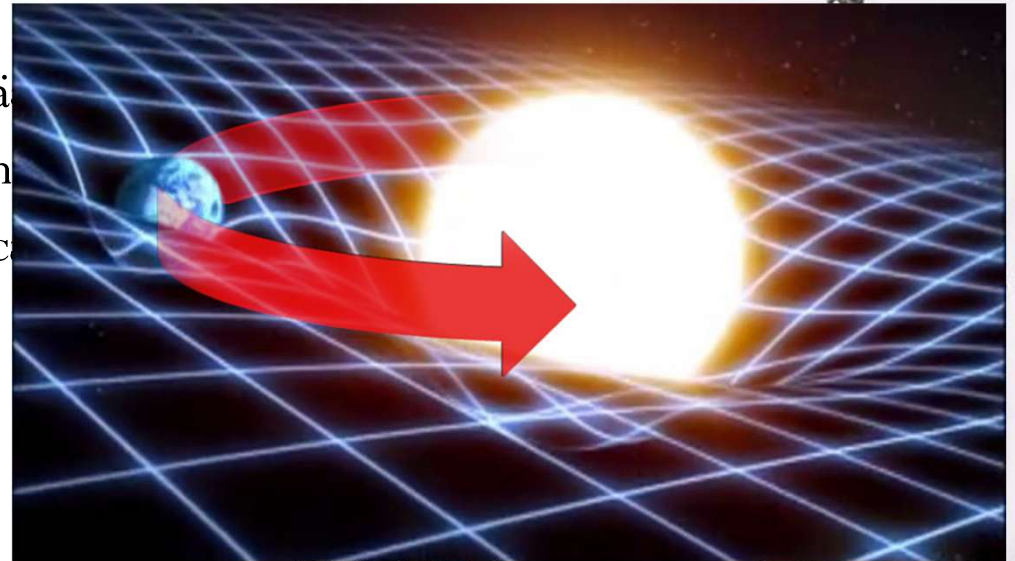
Einstein: Newton oli väärässä!

On



usteissa planeettojen radoista

a vä
otun
Vulc



Teorioiden empiirinen alimääräytyneisyys

Duhem–Quine-teesi

- havainto tai koe ei ratkaise hypoteesin kohtaloa yksin, vaan osana koko teoriaa ja yhdessä apuhypoteesien ja havaintotilannetta koskevien oletusten kanssa (Pierre Duhem (1861–1916))
- jos havainnot ovat ristiriidassa, jossain on vika, mutta periaatteessa minkä tahansa hypoteesin voi pelastaa tekemällä muutoksia muualla systeemissä (W.V.O. Quine (1908–2000))

Teoriat ovat empiiristen havaintojen alimääräämiä = kahden teorian välillä ei välttämättä ole *empiiristä* eroa

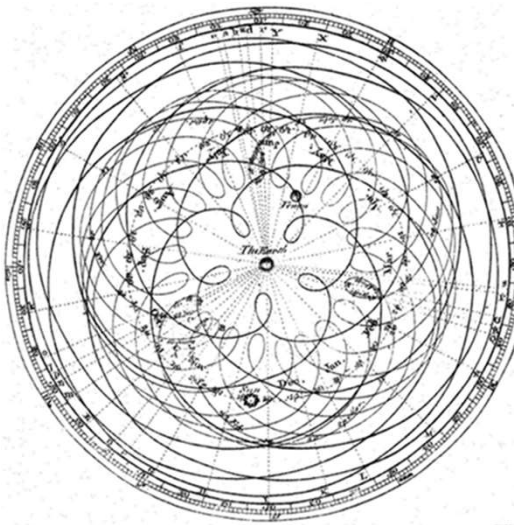
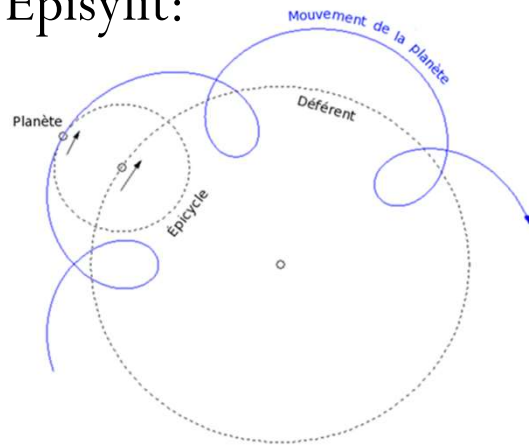
- emme myöskään tiedä, onko ainoalla teoriallemme vielä keksimätöntä vaihtoehtoa

Esimerkki: Maakeskeinen tähtitiede

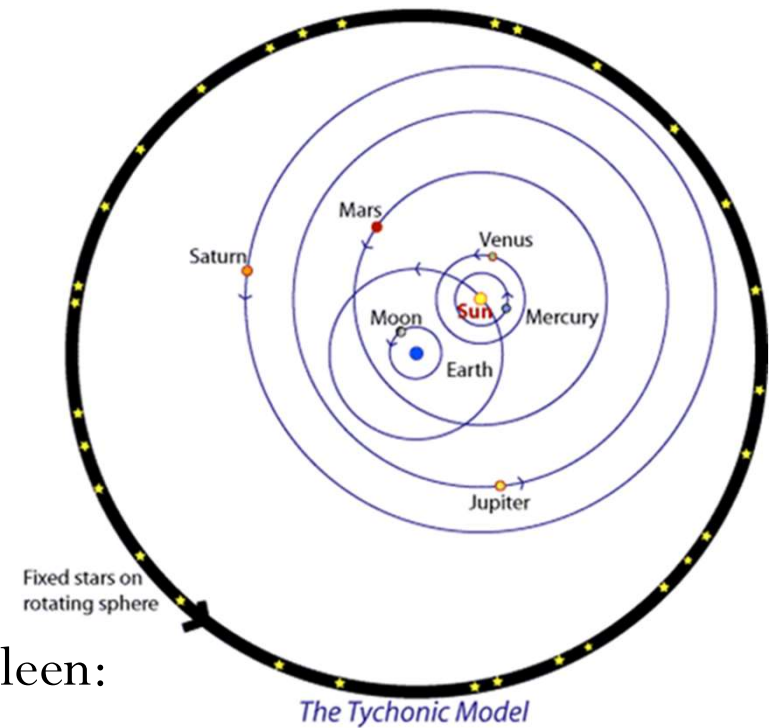
Havainnot eivät sovi yhteen oletuksen kanssa

Vaihtoehtoisia ratkaisuja:

Episylit:



Ratojen järjestely uudelleen:



Esimerkki: Flogistonteoria palamisesta

Flogistonteoria: palaessa aineesta irtautuu flogistonia

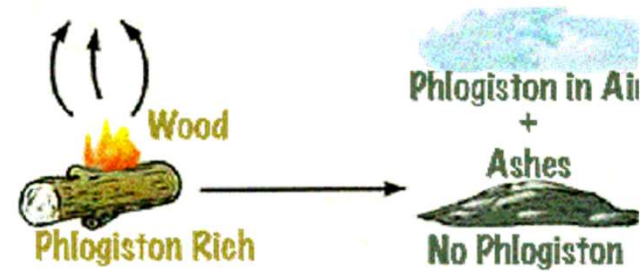
Happiteoria: palaessa aineeseen yhyy happea

Argumentti hapelle:

- kynttilä sammuu lasikuvun alla
- tämä tarkoittaa, että happi loppuu

Flogistonteorian vastaus:

- ei, vaan ilma on flogistonin kyllästämä





Joseph Wright of Derby: "An Experiment on a Bird in the Air Pump" (1768)