

A tudományos forradalom 2.

Newton-kurzus, 2014.02.17.

Vázlat

0. Mi az a „tudományos forradalom”?
- I. Mihez képest forradalom?
Az arisztotelaiánus-középkori világkép
- II. A természet matematizálása
- III. A manipulatív-kísérletező megismerés
- IV. A mechanisztikus világkép
- V. A tudomány új intézményes keretei

III/1. A tapasztalat fogalma

- Arisztotelész: ami közismert, jól tudható, bárki számára hozzáférhető (pl. a Nap reggel felkel, a Föld nem mozog)
- ⇒ Descartes, Galilei, Pascal stb. is így használja
- ⇔ eddigre folyamatosan növekszik az ismert világ, és egyre több a beszámoló új „tapasztalatokról”
- ⇒ szűrni, pontosítani, rendszerezni kell, és eldönteni, hogy miként szolgálhat tudás alapjául:
- mai szemmel egy korabeli „természetrájz” teljesen hiteltelen

III/1/a. „Furcsa” tapasztalat 1.



Ezt a kakast egy olasz természetbarát (Aldrovandi) látta egy toszkánai udvarban a 16. sz. végén: „borzasztó megjelenésével félelemmel sújtotta a bátrakat”.

III/1/b. „Furcsa” tapasztalat 2.



Amerikai indiánok ábrázolása a 16. sz. végéről.

III/1/c. „Furcsa” tapasztalat 3.

Leonardo állatleírásai:

- „Az afrikai párduc olyan, mint egy oroszlán, csak a lába hosszabb, s a törzse vékonyabb. Teljesen fehér, de rozetta formájú fekete pöttyök tarkítják. Szépségét kedveli a többi állat, közelében is lenne, ha nem volna oly rémisztő tekintete. Ezt jól tudja a párduc, így lesíti a szemét; akkor a szépségét csodálandó, közel mennek hozzá az állatok, mire ő lecsap a legközelebbire és felfalja.”
- A pelikán „roppant szereti a fiókáit, s mikor a kígyók megölik őket, és ő rájuk akad a fészékében, feltépi a mellét, s vérében megfürdetvén a fiókákat, életre kelti őket.”
- A szalamandra tűzzel táplálkozik, és attól vedlik.
- Az unikornist érzi természete miatt lehet elfogni, mert az elnyomja benne a vadságot, amikor szép hajadont lát, akinek ölébe hajtja a fejét, és a vadászok ilyenkor elejthetik...

III/1/d. Az ismeretek gyűjtögetése

- Francis Bacon (1561-1626), *Novum Organum* (1620):

„Az empirikusok egyre csak gyűjtenek, mint a hangya, és felélik, amit gyűjtöttek; a racionalisták önmagukból szőnek fonalat, akár a pók. Pedig a méh választja kettejük között a helyes utat, mert a kert és a mező virágaiból hordja össze anyagát, de saját képességeinek megfelelően alakítja át és rendezi el.”

- Tehát nem „esztelen” indukció, hanem módszeres kutatás

III/1/e. A baconi táblázatok

A megfigyeléseket táblázatokba kell rendezni:

- A jelenlét táblázata: olyan jelenségek, amelyek jelenlétében a kérdéses jelenség is jelen van
Pl. Hő → napfény, tüzes meteorok, égető villámok, súrlódó testek, erjedő szerves anyag, stb.
- A hiány táblázata: olyan, az eddigiekhez hasonló jelenségek, melyeknél a kérdéses jelenség hiányzik
Pl. csillagfény, holdfény, hideg villámok, stb.
- A fokozat táblázata: olyan jelenségek, ahol a jelenség jelenléte fokozat kérdése
Pl. állatok hője nő a mozgással, az üllő hője nő az ütésekkel

III/1/f. A baconi kiemelt esetek

- 27 típus, közülük néhány példa:
- kirívó esetek: könnyen kizárható (pl. mágnes a kövek között)
- keletkező esetek: a jelenséget mi hozzuk létre (pl. az üveg fehérsége, ha porrá törjük)
- meglepő esetek: amire nem számítanánk (pl. a hő és a kitérülés összefüggése: hőmérő)
- együttjáró esetek (pl. hő mindig van a lángnál)
- döntő esetek: két, egyformán valószínű hipotézis közül az egyiket kizárja
- ⇒ cél: együttjárások megállapítása kizárások révén
→ okok, formák keresése

III/2. A természeti törvény fogalma

- Valamiféle szükségszerű kapcsolatok a természetben (illetve ezek nyelvi kifejezése)
- Miért pont „törvény”? Legalább két dolog sántít:
- a) törvényhozó? Hiszen a törvény konvenció, amit valaki valamikor meghozott
- b) törvény betartója? A törvény konvenció, amit szabad akarat alapján tartunk be - vagy nem tartunk be: törvényszegés???
- Mennyire természetes így gondolni a természetre?

III/2/a. A fogalom gyökerei 1: a Biblia

- zsidó vallás: Isten mint törvényhozó
- ezen a területen korábban: Gilgames-eposz: Marduk napisten a csillagok törvényhozója
- Isten kb. 10 helyen ad parancsot a természeti létezőknek, hogy megfékezze őket, pl:
„Mikor felveté a tengernek határait, hogy a vizek át ne hágják az ő parancsolatját...” (Példabeszédek 8,29)
- *chok*: 1. határ (→terminus); 2. törvény (→lex)

III/2/b. A fogalom gyökerei 2: a görögök

- I. klasszikus görögség: bár a tudományos vállalkozás létrejön, nincs „törvény”-fogalmuk (elvek, tételek)
- *nomosz*: törvény mint az ember társas viselkedésének elve → konvenció
- *logosz*: a világ szükségszerű, ésszerű elrendeződése
- II. Kései görögség, sztoicizmus: az isteni elrendezésben való hit a kettőt összemosza: „A logosz a természet nomosza” (Khrüszipposz), de nem foglalkoznak a logosz rendjének feltárással (kivéve pl.: „asztronómia”)

III/2/c. A fogalom gyökerei 3: a Corpus Iuris

- Római Birodalom terjeszkedése: elkülönül a helyi szokások és konvenciók által meghatározott *pozitív jog* a minden népre egyetemesen érvényes *természetjogtól*. (kb 3. sz.)
- Corpus Iuris (6. sz.):
„A természetjog az, amit a természet tanít meg minden élőlénynek, s ez nemcsak az emberi nem sajátja, hanem közös minden állatra is... Ebből ered férfi és nő egyesülése, amit házasságnak nevezünk, s vele a gyermekek nemzése és gondozása, és valóban azt találjuk, hogy minden állatra, még az igen vad állatokra is jellemző ennek a törvénynek az ismerete.”

III/2/d. A fogalom gyökerei 4: a kereszténység

- természetjog = sztoikus harmónia = Isten parancsa = keresztény erkölcsiség
- ha valaki v. valami megszegi (mert megszeghető!), büntetni kell, pl.:
- a) embereket megtámadó állatok (disznók kivégzése)
- b) rovarok és madarak megátkozása pestis idején
- c) természetellenesen viselkedő állatok elleni perek
pl. 1474, Bázél: egy tojást rakó kakast máglyára küldenek

III/2/e. A fogalom fő modern forrásai 1.

- René Descartes (1596-1650)
- „... felfedeztem néhány törvényt, amelyeket Isten olyanképpen állapított meg a természetben, amelyeknek olyan fogalmait véste lelkünkbe, hogy kellő megfontolás után nem tarthatjuk kétségesnek pontos érvényesülésüket mindabban, ami van vagy történik a világban.” (*Értekezés a módszerről*, V.)
- a mechanikai viselkedés alapszabályai „törvények” (vagy „szabályok”), néha matematikai formában is! (vagy: fénytörés törvénye)

III/2/f. A fogalom fő modern forrásai 2.

- Isaac Newton (1643-1727)
- *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*: mozgástörvények + a gravitáció törvénye
- a törvények matematikai összefüggésekként törvények, nem „metafizikailag” (lásd gravitáció törvénye) → matematika és törvény házassága
- Newton nyomán a tudományos szótár egyik alapfogalma lesz: a tudós a természet törvényeit tárja fel

III/2/g. Mennyire természetes a fogalom?

- „Egy misszionárius elbeszélése szerint a kínai ateisták nem fogékonyabbak a Gondviselés iránt sem, mint a Teremtés iránt. Amikor azt tanítjuk nekik, hogy Isten, aki a semmiből megteremtette a világegyetemet, végtelen bölcsességéhez méltó egyetemes törvényekkel kormányozza azt, amelyeknek minden teremtmény bámulatra méltó szabályossággal engedelmeskedik, akkor azt válaszolják, hogy ezek fennkölt hangzó szavak, amelyekhez azonban ők semmiféle elképzelést nem tudnak kapcsolni...” (d'Argens, 1737)
- Kellettek-e a középkori kasperek a modern tudomány születéséhez?
⇒ Míg Arisztotelész a természetet *általánosan* akarta leírni, addig mi *egyetemes* törvények alapján, amelynek valószínű forrása a mindenható Isten keresztény képe

III/3. A kísérletek megjelenése

- Arisztotelész: megfigyelni lehet a természetet, de beavatkozni nem, mert akkor nem a „természetest” figyeljük meg, hanem a „mesterségest”
- ⇔ 17. sz.: a megfigyeléseket óvatosan, kontrollált körülmények között kell végezni: Bacon
- *Novum Organum*: „a természetről le kell rántani fátylát”, „kínpadra kell vonni”, stb.
- Tapasztalat: nem „általánosan tudott”, hanem „itt és most”, egyedi körülmények között végzett megfigyelés
⇒ nem kell, hogy „természetes” legyen
- *Experientia* (tapasztalat) és *experimentum* (kísérlet) szavak szép lassan elváltnak (addig ua.)

III/3/a. A légszivattyú



- A 17. sz. közepének legvitatottabb kísérleti eszköze
- Otto von Guericke, 1647
Robert Boyle
- „Cáfolja” a *horror vacui* elvét
- Kedvelt bemutató-, népszerűsítő eszköz
- Úgy segíti a megismerést, hogy „erőszakot tesz” a természetén...

III/3/b. A légszivattyú mint show-eszköz

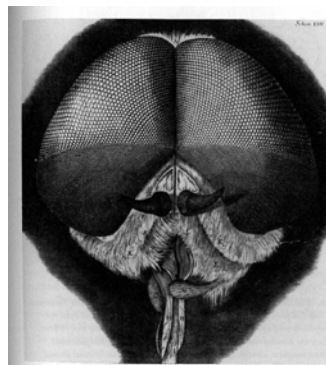


Wright of Derby, 1768:
An Experiment on a Bird in the Air Pump

III/3/c. A kísérletezés egyes forrásai

- Konstruktív-mechanikus mesterségbeli tudás ázsiójának erősödése (lásd múlt óra)
vita activa ⇔ *vita contemplativa*
- Mágikus hagyomány ⇒ természetes mágia: igazán „erőszakos”, manipulatív (pl. Paracelsus, alkímia)
- Anatómia: a 16. századtól boncoló hagyomány (már az ókorban is: hellenisztikus orvoslás, akár élveboncolások ⇔ ez a hagyomány elsikkad)
- + a „mesterséges megismerés” ideáját erősítik az új eszközök: távcső (1609), mikroszkóp (17. sz. közepe)
⇒ a közvetett megismerés vajon elfogadható? (Galilei)
⇒ egyre több műszer, ketyere megengedett...

III/3/d. Műszerekkel a természet titkaiba



Egy légy szeme
mikroszkóppal, ahogy
Robert Hooke látta
(*Micrographia*, 1665)

IV. A mechanisztikus világkép

- Az arisztotelianus természetkép egyik metaforája a makkból felnövő fa: az alapján kell a mozgásokat megérteni (potencialitás, formai- és cél-okok, stb.)
- ⇔ a 17. sz. uralkodó metaforája az óramű lesz: apró kis alkatrészek mechanikus mozgása adja ki a rendszert
- 14-15. sz.-tól katedrálisok órái: rend, szabályosság, érthetőség példái (gyakran kis jeleneteket imitálnak)
- „Célom megmutatni, hogy az univerzum gépezete nem egy isteni lényhez, hanem órához hasonló.” (Kepler)
- A természeti világ „úgy, ahogy van, egy hatalmas óramű” (Boyle)

IV/1. Mechanizmus vs. organizmus

- **Mechanisztikus** felfogás:
Egy rendszer működése a részek működésének összessége, és a rendszer megértése részeinek megértéséből épül fel (mechanikus magyarázat).
Pl. az óramű működése
↓
- **Organikus** felfogás:
Egy rendszer több, mint részeinek egyszerű összessége, és működése nem érthető meg a részek ismeretéből – valójában a részek érthetők meg a rendszer egésze felől (funkcionális magyarázat)
Pl. egyes szervek működése
⇔ 17. sz.: az élő szervezetet is „mechanizálják”

IV/2. Az élő szervezet mint mechanizmus

- Boncolások: a mozgások és szervek kapcsolata
- Pl. William Harvey: a vérkeringés feltérképezése (1628)
- ⇒ Descartes: ez mechanikusan magyarázható:
a szívben kis tűz ég, amely kitágítja és „elpárologtatja” a bal pitvarba érkező vért → a szív kitágul, a billentyűk kinyílnak, a vér távozik, majd lehül → a szív összehúzódik, kinyílnak a túlsó billentyűk, belép a lehűlt vér
(lásd: *Értekezés a módszerről* (V.), 1637)
- Hasonlóképpen magyarázható pl. az izmok működése
- Az élő szervezet mint Isten alkotta automata
- „...ha volnának olyan gépek, amelyek egy majom vagy más okatlan állat szerveivel és külső alakjával bírnának, semmiképp sem tudnók felismerni, hogy nem egyeznek meg mindenben ezekkel az állatokkal.” (Descartes)

IV/2/a. Az emberi test mint gép



Descartes
illusztrációja a
reflexek
mechanisztikus
magyarázatához

IV/3. Elsődleges és másodlagos tulajdonság

- A mechanikai magyarázatban csak bizonyos tulajdonságok reálisak (pl. alak), a többi nem (pl. íz)
- Galilei:
az anyag belső tulajdonságai, amik a *matematika* nyelvén kifejezhetők (alak, nagyság, szám)
↓
az anyag által okozott tulajdonságok (az érzékszervekben: szín, hő, hang, íz, stb.)
- Gassendi, Descartes: csak az elsődleges tulajdonságok alapján kell magyarázni a természetet: testcskék tulajdonságai → ezek száma, elrendeződése, alakja, mérete (és térbeli helyzete) mindenre magyarázatot ad
- Korpuszkularianizmus: a világ apró kis testcskékből áll, és ezek tulajdonságai magyaráznak mindent

IV/3/a. Locke tulajdonság-dichotómiája

- John Locke (1632-1704): *Értekezés az emberi értelemről* (1690): A modern tudomány követelményeinek megfelelő nagy hatású ismeretelmélet
- Különbségek elsődleges és másodlagos tul.-ok között:
- Az elsődlegesek közvetlenül mérhetők. (Szín, íz nem. Hőmérséklet sem!)
- Az elsődlegesek több érzékszervvel is észlelhetők (látás, tapintás) → ezek magukhoz a testekhez tartoznak, míg a másodlagosak a testek és az érzékek kölcsönhatásához
- Tehát: az elsődlegesekkel a testek mindig aktuálisan rendelkeznek, míg a másodlagosak csak „erők”, hogy érzeteket keltsenek. (Diszpozíció, mint pl. törékenység.)
- + az elsődlegesekről szerzett „ideáink” (képzeteink) hasonlítanak a dolgokra, míg a m.-ról szerzettek nem

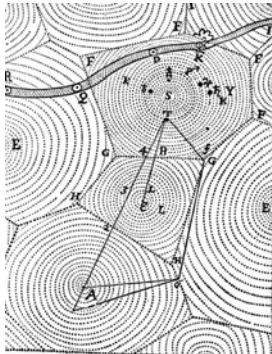
IV/4. Atomizmus

- I.e. 5. sz., Démokritosz, Leukipposz: atomok + űr
→ minden ezekkel magyarázható
- 17. sz.: újjáéledés: arisztotelészi term.fil. alternatívája
→ a század közepére általánosan elfogadott (nem empirikus alapon!)
- mechanisztikus felfogás + korpuszkularianizmus
→ a látható jelenségek magyarázhatók az atomok mint kis anyagi testcskék (elsődleges) tulajdonságaival
- Feladat: I. leírni az atomok viselkedését, mozgását
II. ebből magyarázni a tapasztalatot

IV/4/a. Descartes és az „atomok” mozgása

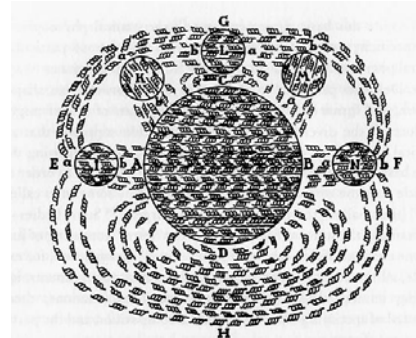
- nem atomista(!): nincs űr → végtelen kis testek plenuma
- Az atomok mozgása két lépésben magyarázandó:
- 1.) szabad mozgás: hogyan mozognának kölcsönhatás nélkül
- a) tehetetlenség (impetus elmélet → Galilei → Descartes)
- b) egyenes vonalú (korábban: körmozgás az alapvető)
- 2.) ütközés: 7 „szabály” alapján (ezek később 1 kivétellel buknak)
De ami marad: matematikai szabályok alapján kell leírni (Borelli: rugalmatlan; Huygens: rugalmas)
- Módszer: az ütközések közti idő „tartson a nullához”

IV/4/b. Descartes örvényelmélete



- nem lehet űr → az egyenes vonalú mozgás során távozott anyagot pótolni kell → végső soron körmozgások
- a szomszédos örvények „összetartják” egymást (ütközésekkel)
- magyarázható: Naprendszer mozgása, Hold mozgása, gravitáció kémia, geológia, optika, stb.

IV/4/c. Descartes és a mágnesség



A mágnesség magyarázata örvényelmélettel

V. A tudomány intézményes keretei

- Hagyományosan a természetfilozófus egyénileg, „magányosan” ismeri meg a világot
- A 17. sz.-ban létrejönnek a tudományos közösségek
- Korábban a legtöbb természetfilozófus közvetlenül vagy közvetetten az egyház intézményes kereteihez kötődik (pl. egyetem: egyházi vagy általa szponzorált intézmény)
- 16-17. sz.: egyre több a gazdag arisztokraták, államok által támogatott kutatási tevékenység (pl. Galilei: Mediciek, Brahe: dán király, Kepler: császár) ⇒ ez kihat mind a témaválasztásra, mind a tálalásra (⇒ „vallás és tudomány szétválása”)

V/1. A kutatóközösség ideálja

- 1627, Bacon: *Új Atlantisz*
- „Salamon háza”: egy államilag szervezett és fenntartott kollaboratív kutató- és mérnökintézet („tudásgyár”)
- Hierarchikus szerveződés, munkamegosztás (kísérletet végzők → hipotézisek megalkotói)
- Nemcsak betagoódik az állam intézményes rendjébe, hanem annak modelljéül szolgál
- Tudás = hatalom : békét és jólétet teremt az államban
- (Esetleges minta: mágikus tradíciók - itt szokványosak a társaságok, közösségek → Bacon modellje sokban hasonlít, pl. titkos tudás, beavatás, stb.)

V/2. Tudományos közösségek



- A 16. sz.-tól néhány filozófiai társaság hasonló szerepet kap
- 1657: Firenzei Kísérleti Akadémia: a Mediciek által támogatott intézmény kísérletek végzésére (Galilei követői alapítják: Viviani, Toricelli)
- Jelige (a falon a kép alatt): „Provando e riprovando” (Próbálni és újra próbálni)

V/2/a. A Royal Society

- 1662 óta: az első máig létező tudományos társaság
- Főként „gentleman”-ek alkotják, de tehetsége szerint más is bekerülhet
- Főként angol, de külföldi tagok is: Huygens, Cassini, Leibniz
- Hamar 200 feletti taglétszám
- Eleinte magántámogatás (→ anyagi gondok), de 1682-től rendszeres állami patronálás
- Kísérletek Kurátora: Robert Hooke → hetente nyilvános kísérletet mutatnak be

V/2/b. A francia Tudományos Akadémia

- 1666 óta kb. folyamatosan
- A Marin Mersenne körül összegyűjtött kutatók informális köréből alakul ki
- Kezdetből fogva állami intézmény (elsőként)
- Az Akadémia könyvtára:



V/3. Tudományos folyóiratok

- 1665: *Philosophical Transactions of the Royal Society*
- 1665: *Journal des savans*
⇒ ezek még az adott társaságok eredményeit foglalják össze, bár egyre nyitottabbak „külsősök” eredményeire
- 1682: *Acta Eruditorum* (Leibniz) ⇒ első valódi folyóirat
- A *Transactions* cikkeinek témája 1700 előtt:
 - a megfigyelések (36%),
 - mechanikai magyarázatok (27%)
 - kísérleti eredmények ismertetése (15%)
 - a jelenségek matematikai magyarázata (6%)
- A francia lapokban több a matematikai munka.

V/4. Az új tudás

- Átalakul a tudást előállítók státusza: pl. Angliában „gentleman”-ek, akik erkölcsi szavahihetőségük folytán szavatolják a megfigyelések megbízhatóságát, és ennek alapja a társaság konszenzusa (→ „testimónium”)
- Átalakul a befogadók státusza: nem egymásnak írnak, hanem a tudás publikus, és egy széles polgári réteg érdeklődik iránta (→ megjelenik a népszerűsítés)
- Az új tudomány az „iskolás tudás” (egyetemek) alternatívájaként és ellenlábasaként jelentkezik
- A tudás nem öncélú, hanem egyre inkább a társadalmi javak közé tartozik (hadászati, gazdasági, kereskedelmi stb. motivációk egyre hangsúlyosabbak)