

Tudományos forradalom, kísérletezés, tudományos közösségek

Tudománytörténet és kommunikáció
2014. március 24.

Mi az a „tudományos forradalom”?

- 16-17. sz.: radikálisan új „természetfilozófia”
⇒ kialakulnak a modern tudomány fogalmi, módszertani és intézményes alapjai
 - szimbolikus kezdet: Kopernikusz műve, 1543
 - szimbolikus vég: Newton *Principia*-ja, 1687
- A fogalom első használata: Alexandre Koyré, 1939
⇒ első könyv ezzel a címmel: A. Rupert Hall, 1954
- Korábban igen elterjedt történetírási fogalom, ma erősen vitatott: tényleg olyan drasztikus váltás?
+ se a „forradalom”, se a „tudományos” nem jó fogalom
- Egy biztos: a legnagyobb „hősei” újnak látták a tevékenységüket
 - Kepler: *Nova Astronomia*
 - Bacon: *Novum Organum*
 - Galilei: *Discorsi... a due nuove scienze*

A kísérletezés felé: a tapasztalat fogalma

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



„Furcsa” tapasztalat

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



Amerikai indiánok ábrázolása a 16. sz. végéről

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 lesüti 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 fészében, feltépi a mellét, s vérében megfürdetvén a fiókákat, életre kelti őket.”
- A szalamandra tűzzel táplálkozik, és attól vedlik.
- Az unikornist érzéki természete miatt lehet elfogni, mert az elnyomja benne a vadságot, amikor szép hajadont lát, akinek ölébe hajtja a fejét, és a vadászok ilyenkor elejthetik...

Az ismeretek rendszerezése

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

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

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 hó és a kitágulás összefüggése: hőmérő)
- együttjáró esetek (pl. hó mindig van a lángnál)
- döntő esetek: két, egyformán valószínű hipotézis közül az egyiket kizárja

⇒ cél: együttjárások megállapítása kizárások révén
→ okok, „formák” keresése

Kitérő: 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: törvénszegés???
- Mennyire természetes így gondolni a természetre?

Ótestamentum: 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)

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

Kései görögség, sztoicizmus: az isteni elrendezésben való hit a kettőt összemossa:

„A logosz a természet nomosza” (Khrüszipposz),
de nem foglalkoznak a logosz rendjének feltárásával (kivéve pl.: „asztronómia”)

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.”

Keresztény középkor:

- 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, Bázeli: egy tojást rakó kakast máglyára küldenek

Tudományos forradalom: René Descartes (1596-1650)

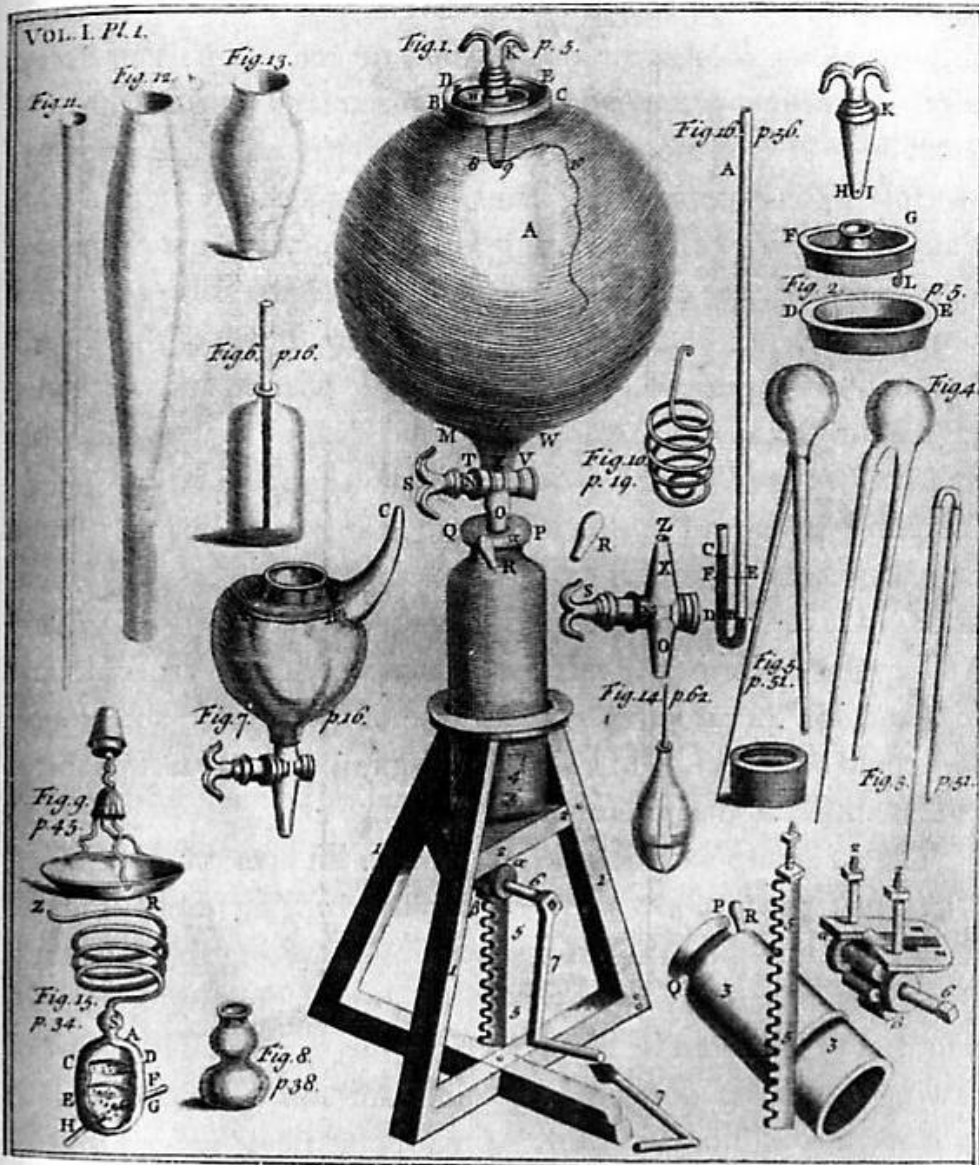
- „... felfedeztem néhány törvényt, amelyeket Isten olyanképpen állapított meg a természetben, amelyeknek olyan fogalmait véste lelkünkbe, hogy kellő megfontolás után nem tarthatjuk kétségesnek pontos érvényesülésüket mindabban, ami van vagy történik a világban.” (*Értekezés a módszerről*, V.)
- a mechanikai viselkedés alapszabályai (v. fénytörés szabálya) „törvények” , néha matematikai formában is!
- Majd: Newton: mat.-i öf.-ek → elfogadottá válik széles körben

- Mindeközben **Kínában:**
- „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 kakasperek a modern tudomány születéséhez?
⇒ Míg Arisztotelész a természetet *általánosan* akarta leírni, addig mi *egyetemes* törvények alapján, amelynek valószínű forrása a mindenható Isten keresztény képe

A kísérletek megjelenése

- Arisztotelész: megfigyelni lehet a természetet, de beavatkozni nem, mert akkor nem a „természetet” figyeljük meg, hanem a „mesterséget”
- \Leftrightarrow 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
 \Rightarrow nem kell, hogy „természetes” legyen
- *Experientia* (tapasztalat) és *experimentum* (kísérlet) szavak szép lassan elválnak (addig ua.)

A légszivattyú



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



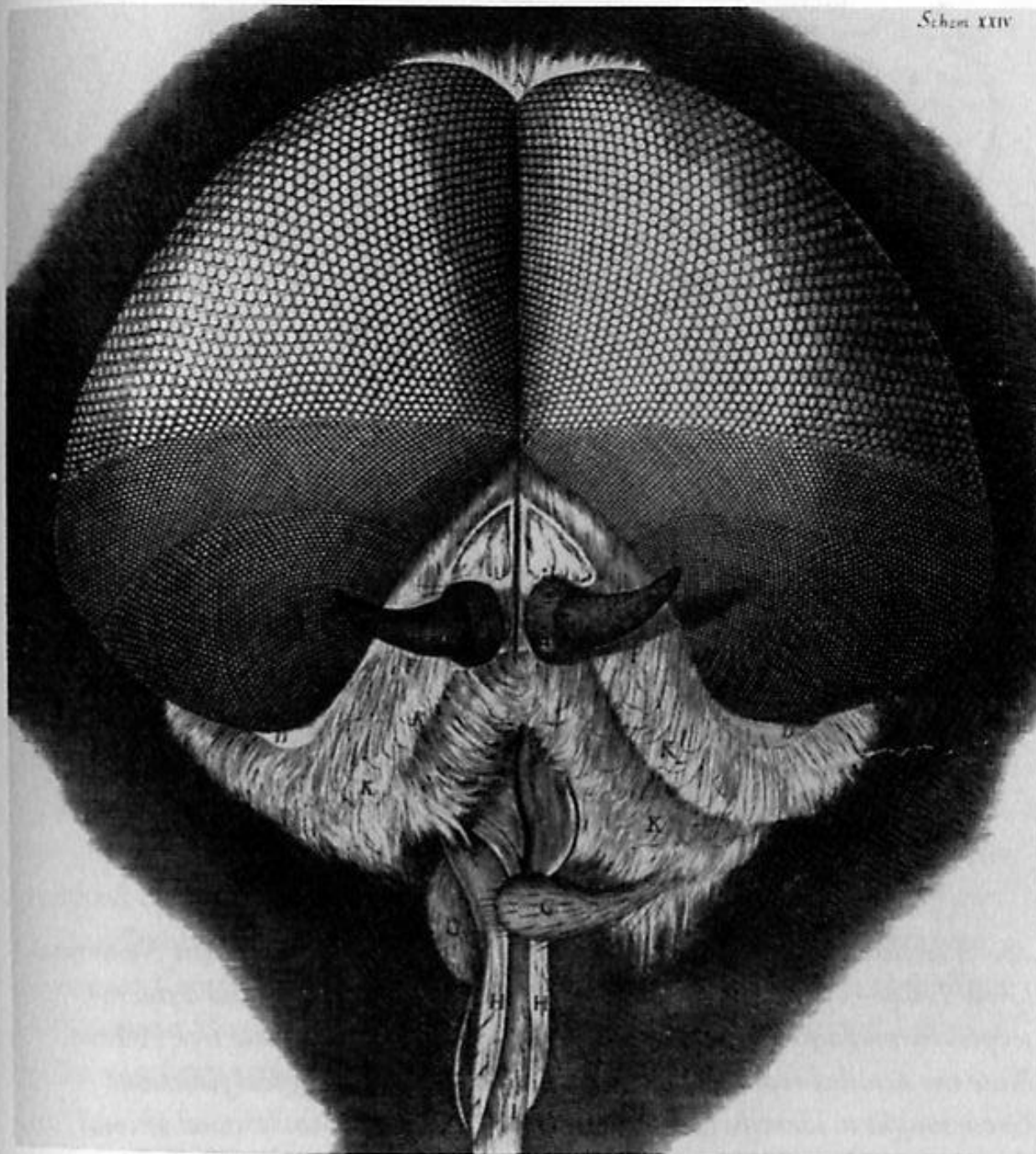
Wright of Derby, 1768: „Kísérlet madáron légszivattyúval”

A kísérletezés forrásai

- Konstruktív-mechanikus mesterségbeli tudás ázsiójának erősödése

vita activa \Leftrightarrow *vita contemplativa*

- Mágikus hagyomány \Rightarrow természetes mágia: igazán „erőszakos”, manipulatív (pl. Paracelsus, alkímia)
- Anatómia: a 16. századtól boncoló hagyomány (már az ókorban is: hellenisztikus orvoslás, akár élveboncolások \Leftrightarrow ez a hagyomány elsikkad)
- + a „mesterséges megismerés” ideáját erősítik az új eszközök: távcső (1609), mikroszkóp (17. sz. közepe)
 \Rightarrow a közvetett megismerés vajon elfogadható? (Galilei)
 \Rightarrow egyre több műszer, ketyere megengedett...



Egy légy szeme
mikroszkóppal,
by Robert Hooke

(*Micrographia*,
1665: hatalmas
bestseller,
„új világot” tár fel,
hasonlóan a
távcsóhoz)

A tudomány új 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”)

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 betagolódik 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.)

Tudományos közösségek



Accademia del Cimento, fiorita in Firenza, sotto la protezione della Real Casa dei Medici nel Secolo XVII.

- 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)

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

A francia Tudományos Akadémia

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



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

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)