



# A tudományos forradalom 2.

Newton-kurzus, 2014.02.17.

# Vázlat

Newton-kurzus



0. Mi az a „tudományos forradalom”?
- I. Mihez képest forradalom?  
Az arisztoteléliánus-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

Newton-kurzus



- 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 „természetrész” teljesen hiteltelen

## III/1/a. „Furcsa” tapasztalat 1.

Newton-kurzus



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.

Newton-kurzus



Amerikai indiánok ábrázolása a 16. sz. végéről.

## III/1/c. „Furcsa” tapasztalat 3.

Newton-kurzus



### 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...

## III/1/d. Az ismeretek gyűjtögetése

Newton-kurzus



- 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

Newton-kurzus



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

Newton-kurzus



- 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 kitágulás összefüggése: hőmérő)
- együttjáró esetek (pl. hő mindig van a lángnál)
- döntő esetek: két, egyformán valószínű hipotézis közül az egyiket kizárja
- $\Rightarrow$  cél: együttjárások megállapítása kizárások révén  
 $\rightarrow$  okok, formák keresése

## III/2. A természeti törvény fogalma

Newton-kurzus



- 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?

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

Newton-kurzus



- 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

Newton-kurzus



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

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

Newton-kurzus



- 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

Newton-kurzus



- 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

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

Newton-kurzus



- 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.

Newton-kurzus



- Isaac Newton (1643-1727)
- *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*: mozgástörvények + a gravitáció törvénye
- a törvények matematikai összefüggéseként 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?

Newton-kurzus



- „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 fennköltén 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

# III/3. A kísérletek megjelenése

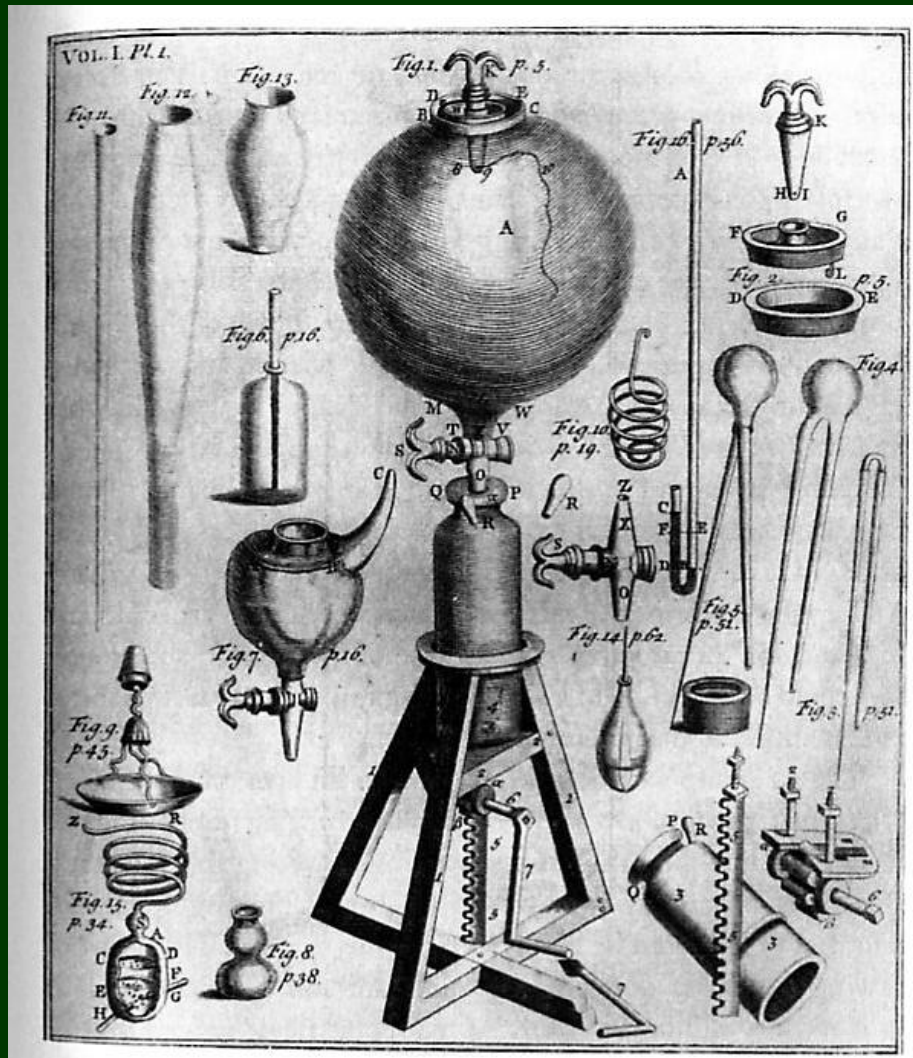
Newton-kurzus



- Arisztotelész: megfigyelni lehet a természetet, de beavatkozni nem, mert akkor nem a „természetest” figyeljük meg, hanem a „mesterségest”
- $\Leftrightarrow$  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.)

# III/3/a. A légszivattyú

Newton-kurzus



- 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

Newton-kurzus



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

# III/3/c. A kísérletezés egyes forrásai

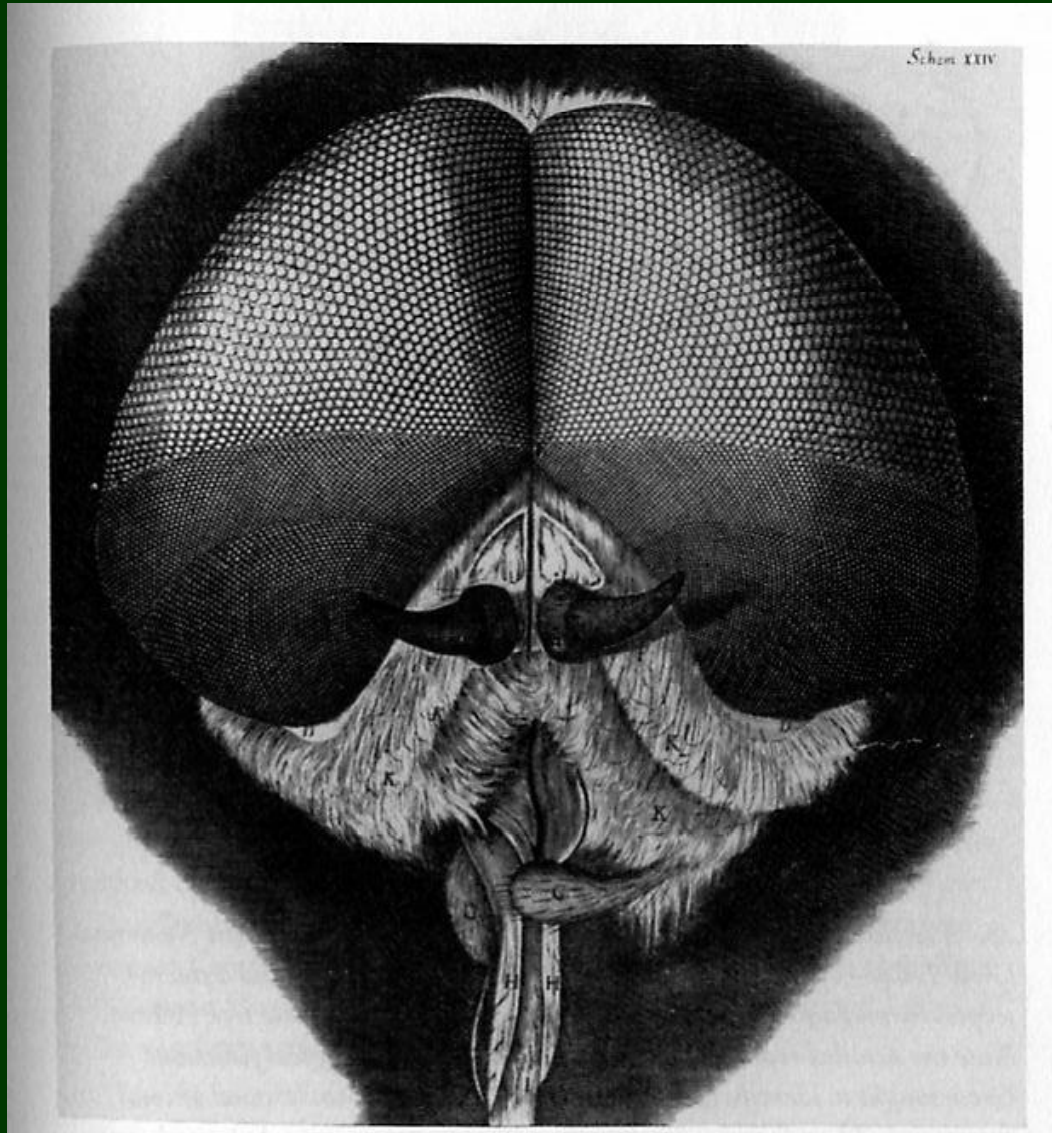
Newton-kurzus



- Konstruktív-mechanikus mesterségbeli tudás ázsiójának erősödése (lásd múlt óra)  
*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...

# III/3/d. Műszerekkel a természet titkaiba

Newton-kurzus



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

# IV. A mechanisztikus világkép

Newton-kurzus



- Az arisztoteléliánus természetkép egyik metaforája a makkból felnövő fa: az alapján kell a mozgásokat megérteni (potencialitás, formai- és cél-okok, stb.)
- $\Leftrightarrow$  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

Newton-kurzus



- *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

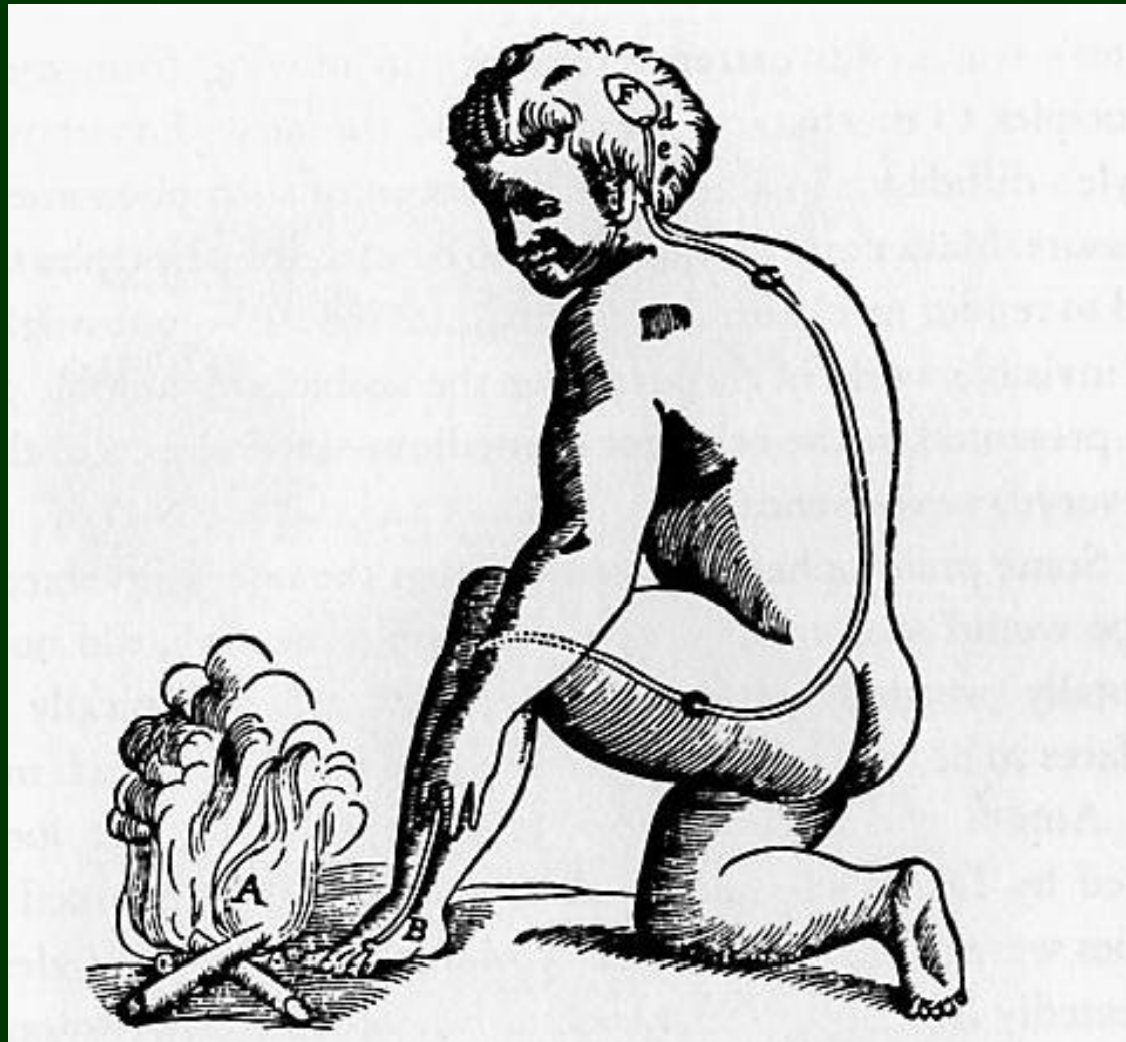
Newton-kurzus



- 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 lehűl → 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 oktalan 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

Newton-kurzus



Descartes  
illusztrációja a  
reflexek  
mechanisztikus  
magyarázatához

# IV/3. Elsődleges és másodlagos tulajdonság

Newton-kurzus



- 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: testecskék tulajdonságai → ezek száma, elrendeződése, alakja, mérete (és térbeli helyzete) mindenre magyarázatot ad
- Korpuszkularianizmus: a világ apró kis testecskékből áll, és ezek tulajdonságai magyaráznak mindent

# IV/3/a. Locke tulajdonság-dichotómiája

Newton-kurzus



- 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 másodikak csak „erők”, hogy érzeteket keltsenek. (Diszpozíció, mint pl. törékenység.)
- + az elsődlegesekről szerzett „ideáink” (képzeteink) hasonlítanak a dolgokra, míg a m.-ről szerettek nem

# IV/4. Atomizmus

Newton-kurzus



- 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 testecskék (elsődleges) tulajdonságaival
- Feladat: I. leírni az atomok viselkedését, mozgását  
II. ebből magyarázni a tapasztalatot

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

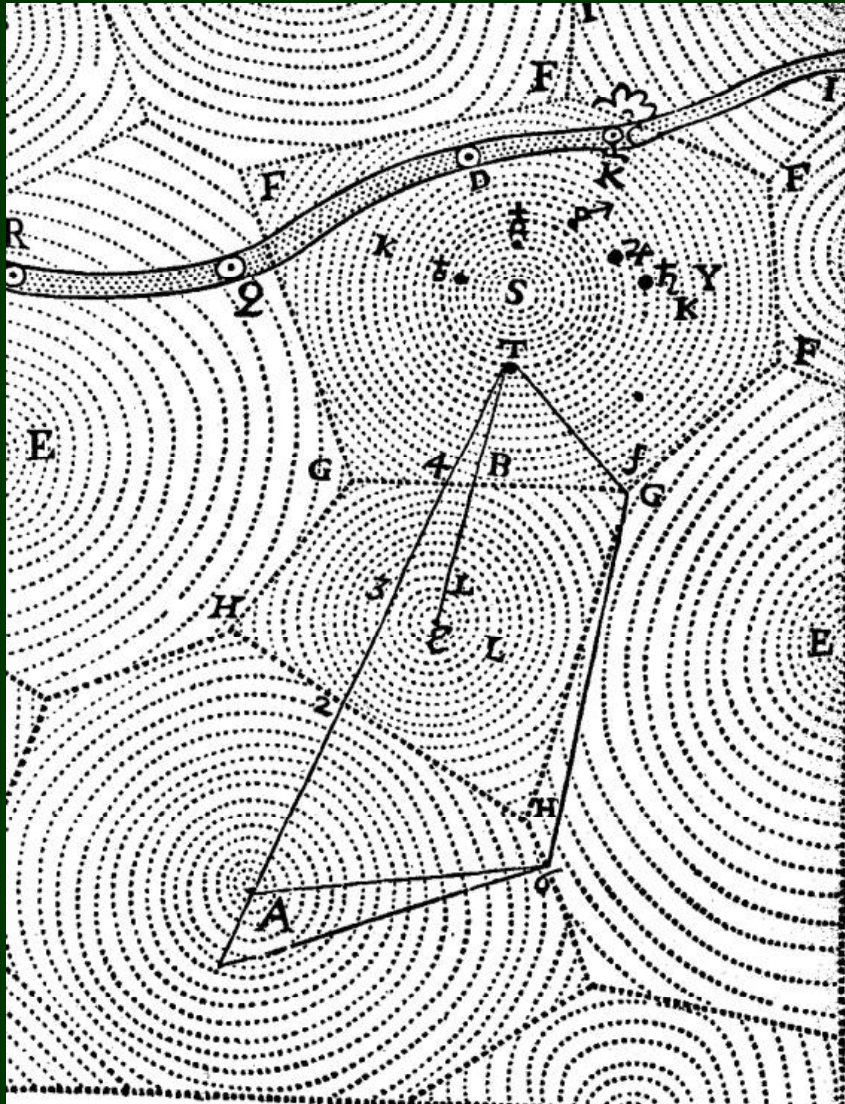
Newton-kurzus



- 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

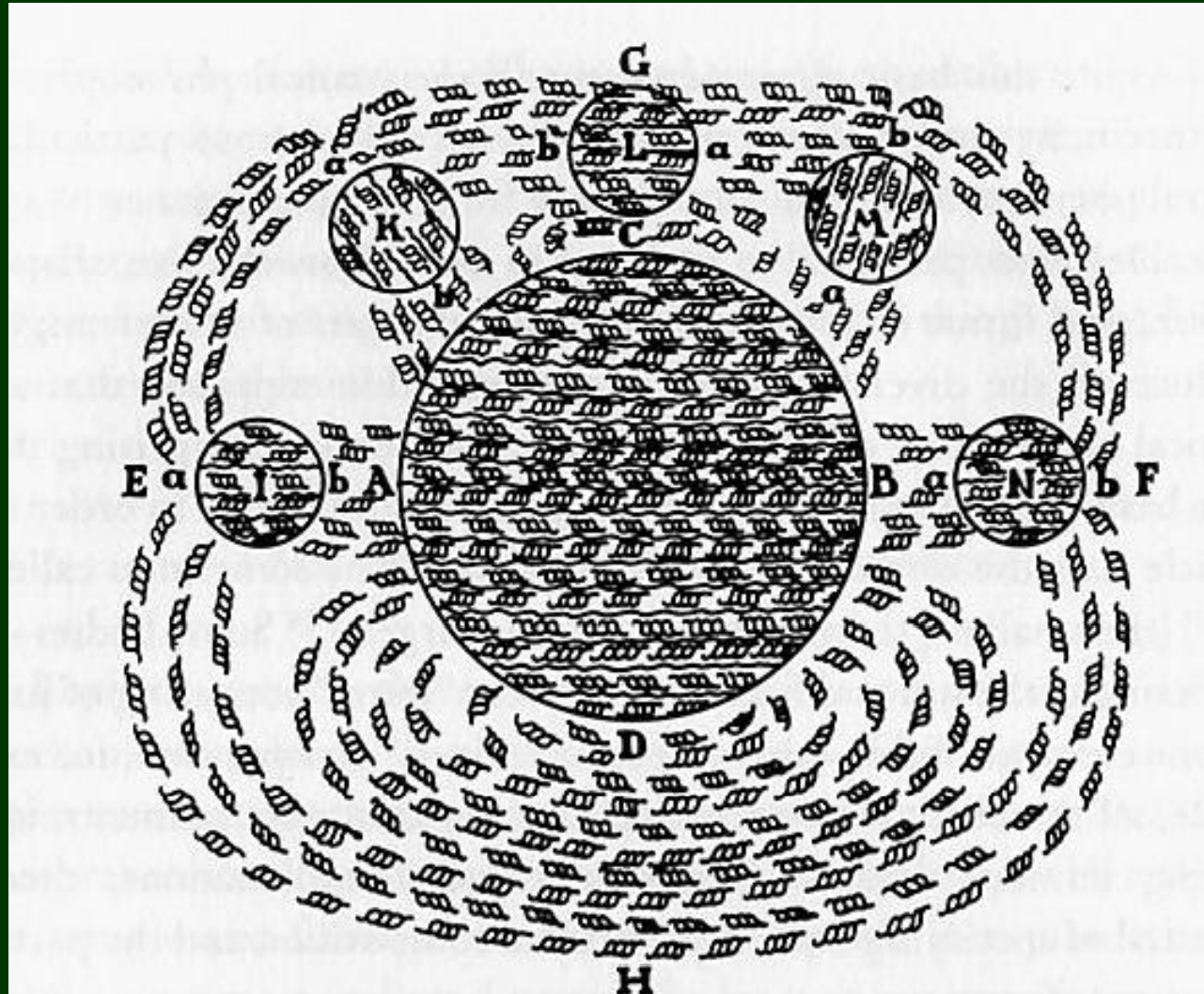
Newton-kurzus



- 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 mágnesesség

Newton-kurzus



A mágnesesség magyarázata örvényelmélettel



# V. A tudomány intézményes keretei

Newton-kurzus



- 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

Newton-kurzus



- 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

Newton-kurzus



- 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

Newton-kurzus



- 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

Newton-kurzus



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



# V/3. Tudományos folyóiratok

Newton-kurzus



- 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

Newton-kurzus



- 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)