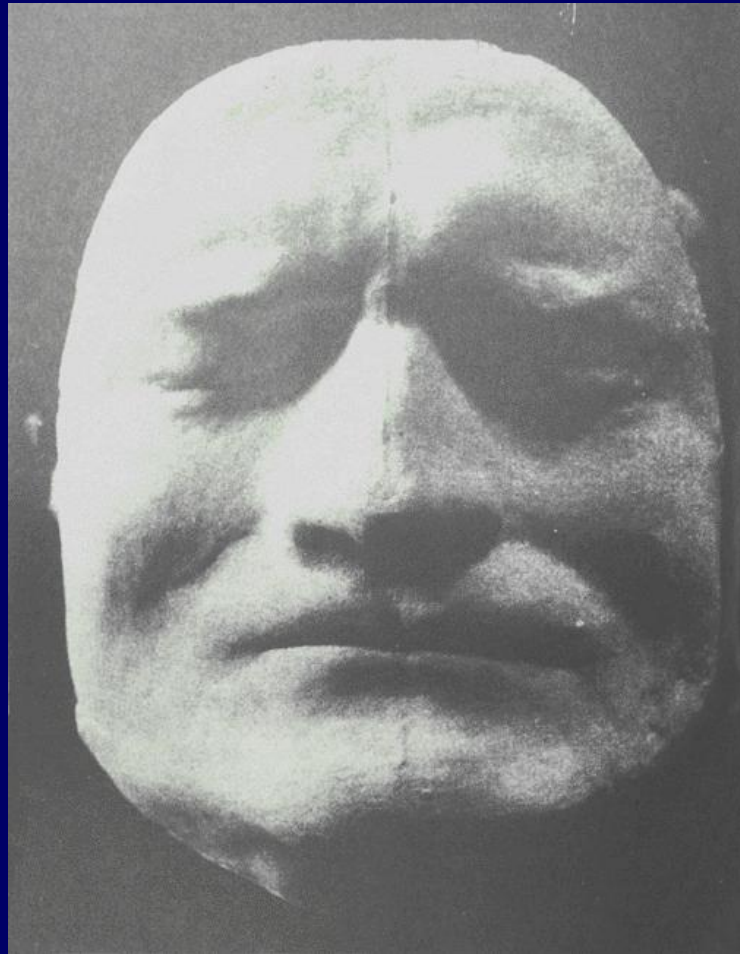


# Isaac Newton





# A tudományos forradalom 1.

Newton-kurzus, 2014.02.10.



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

# 0. Mi az a „tudományos forradalom”?



Newton-kurzus

- 16-17. sz.: radikálisan új „természetfilozófia”  
⇒ kialakulnak a modern tudomány fogalmi, módszertani és intézményes alapjai
- 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*

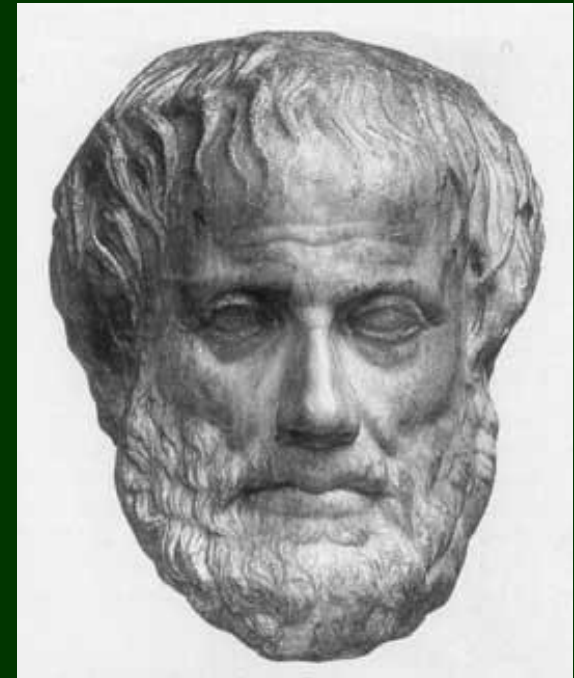
...

# I. Az arisztoteléliánus-középkori világkép

Newton-kurzus



- Arisztotelész (i.e. 384-322)
- Az ókor legelterjedtebb természetfilozófiai elmélete
- A skolasztikus középkor kötelező keretelmélete:  
Aquinoi Szt. Tamás, stb.:  
természetfelfogását ötvözik  
a Biblia világképével  
⇒ dogma



# I/1. A világ két régiója



## Hold alatti (szublunáris):

- tökéletlen: szüntelen változás és káosz jellemzi
- változások fajtái:
  - minőségi (pl. kék → zöld)
  - mennyiségi (pl. növekedés)
  - keletkezés és pusztulás
  - helyváltoztató
- leírására a természet-filozófia (*phüszika*) hivatott

## Hold feletti (szuperlunáris):

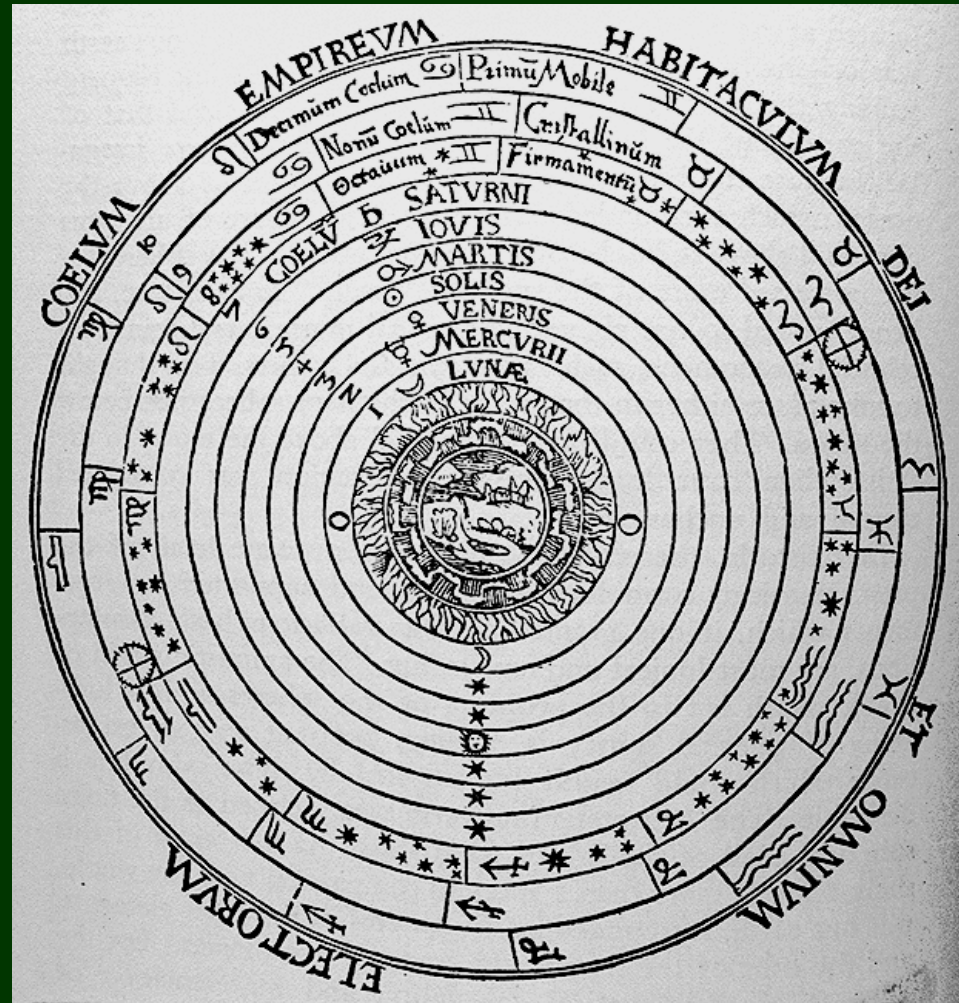
- tökéletes: nincs változás, örök rend és harmónia
- egyetlen változás: tökéletes (örökkévaló) szabályos körmozgások, de a többi változás nem lehetséges
- leírására a matematika hivatott, de csak ez elég szabályos ahhoz, hogy matekkal le lehessen írni

# I/2. A Hold feletti világ

Newton-kurzus



- Az égitestek tökéletes, törhetetlen kristályból való szférákon mozognak
- Közepén a Föld
- A legkülső szférát a Mozdulatlan Mozgató mozgatja (=Isten később)
- A többi a MM tökéletességéhez való hasonulás szándéka folytán mozog körkörösén
- Matematikai leírás lehet





# I/3. A Hold alatti világ

Newton-kurzus

- „Természet” (*phüszisz*): a mozgás és változás világa
- Minden test a négy elem keverékéből áll:
  - tűz (meleg és száraz, erősen felfelé törekszik)
  - levegő (meleg és nedves, mérsékelten felfelé törekszik)
  - víz (hideg és nedves, mérsékelten lefelé törekszik)
  - föld (hideg és száraz, erősen lefelé törekszik)( $\Rightarrow$  a Föld szükségképpen a világegyetem közepén van)
- Változások: az elemek (hatásra) átalakulnak egymásba
- Mindent kitölt az anyag: *horror vacui* (a természet irtózik az űrtől)
- de önmagában nem jelenhet meg, hanem mindig csak konkrét formába öntve
  - $\Rightarrow$  létezők: anyag és forma egységei



# I/4. A mozgás fogalma



Newton-kurzus

- Mozgás (=változás): a potenciális aktuálissá válik
- Mindig egy mozgató hatására történik (nem spontán)
- Lehet természetes (pl. a tűz felfelé száll) vagy mesterséges (pl. egy pohár vizet felfelé emelünk)
- Helyváltoztató mozgás:
  - egy folyamat (nem pedig „állapot”), amely
  - addig marad fenn, amíg a mozgató hatás érvényesül (nincs „tehetetlenség”), és
  - mindig közegben történik, amely fékez (hiszen nincs vákuum)
- Ez elég jól vonatkozik a hétköznapi tapasztalatra, a természetben végbemenő helyváltoztató mozgásokra

## II. A természet matematizálása

Newton-kurzus



- Hagymányos felfogás: a természet túl tökéletlen ahhoz, hogy matematikával meg lehessen ragadni, matekot egyedül az égi jelenségekre alkalmazhatunk
- De: ez a matematika nem úgy írja le a dolgokat, ahogy azok vannak, csak „megmenti a jelenségeket”
- „még ha ezek a hipotézisek lehetővé is teszik a jelenségek megmentését, akkor sem fontos, hogy igaznak mondjuk őket, mert a csillagokat illető jelenségeket talán más módon is meg lehetne menteni”  
(Aquinói Tamás)



# II/1. A matematika mint a világ szerkezete

Newton-kurzus



- 16. sz.: a skolasztikus tudomány kritikája  
⇒ más antik tradíciók felelevenítése
- Püthagoreus, platonista felfogás: a matematika a világ felépítésének szerkezete: számok, geometriai alakzatok építik fel a világot
- Hermetizmus: matematikai harmónia uralja a makrokozmoszt és a mikrokozmoszt egyaránt (tehát az ég egészét és a földi létezőket is)
- Tehát a matematika egyrészt reálisan jelen van a természetben, másrészt kulcsot kínál annak megértéséhez

# II/1/a. A szimmetria fogalma



Newton-kurzus

- *Szün + metria*: együtt-mérhetőség, összemérhetőség
- A püthagoreus matematika egyik legfontosabb fogalma:
  - mennyiségek (szakaszok) összemérhetők, ha van hozzájuk közös mérték (azaz viszonyuk felírható számok arányaként), pl. a négyzet oldala nem összemérhető az átlóval
  - tágabb értelemben egy ábra (rendszer) szimmetrikus, ha részei matematikai arányban állnak egymással, vagyis az elrendezését matematikai harmónia vezérli
- Marcus *Vitruvius Pollio* (római építész, i.e. 1. sz.):

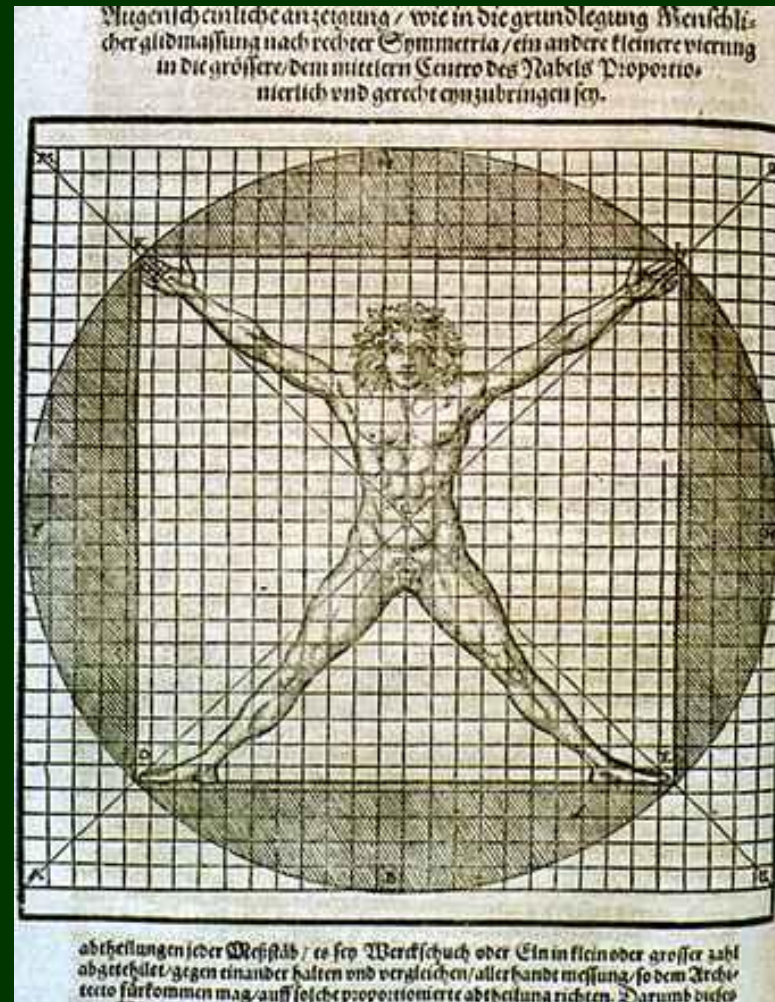
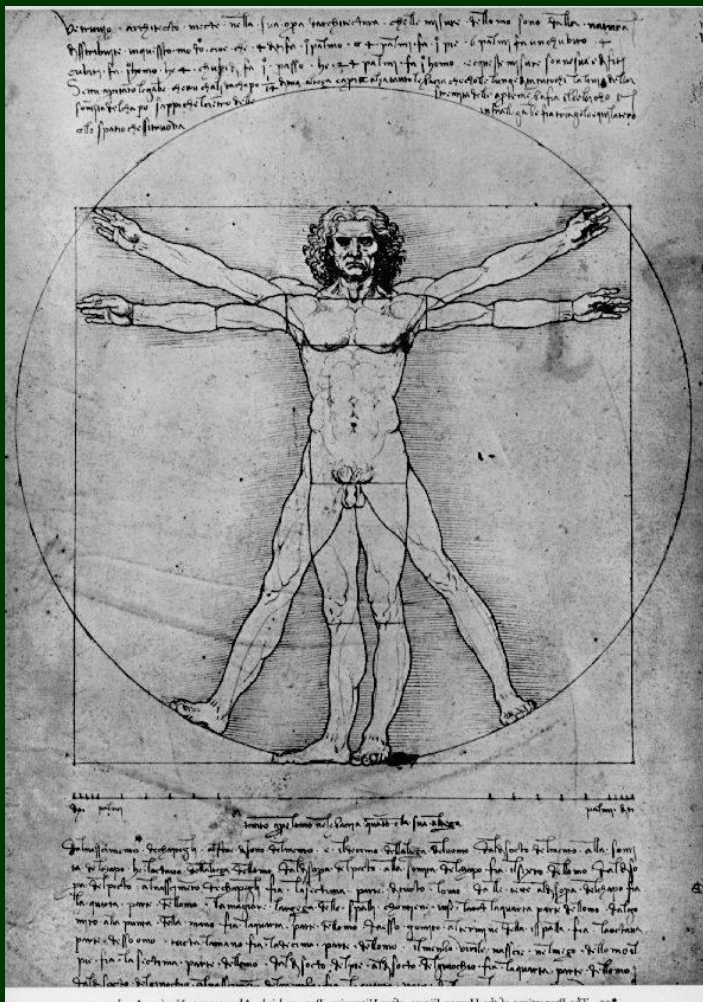
„A szimmetria egy mű részeinek megfelelő elrendezése, valamint a részeknek és általában az egésznek a viszonya, egy bizonyos részhez mint mércéhez képest. Így például az emberi testben egyfajta szimmetrikus harmónia áll fenn az alkar, a láb, a tenyér, az ujj és egyéb kis részek között; és ugyanez a helyzet a tökéletes épületekkel is.”

(*Vitruvius: Tíz könyv az építészetről*)

# II/1/b. Szimmetria a renesznánszban



Newton-kurzus



Leonardo da Vinci (1452-1519)  
illusztrációja Vitruvius könyvéhez (1492)

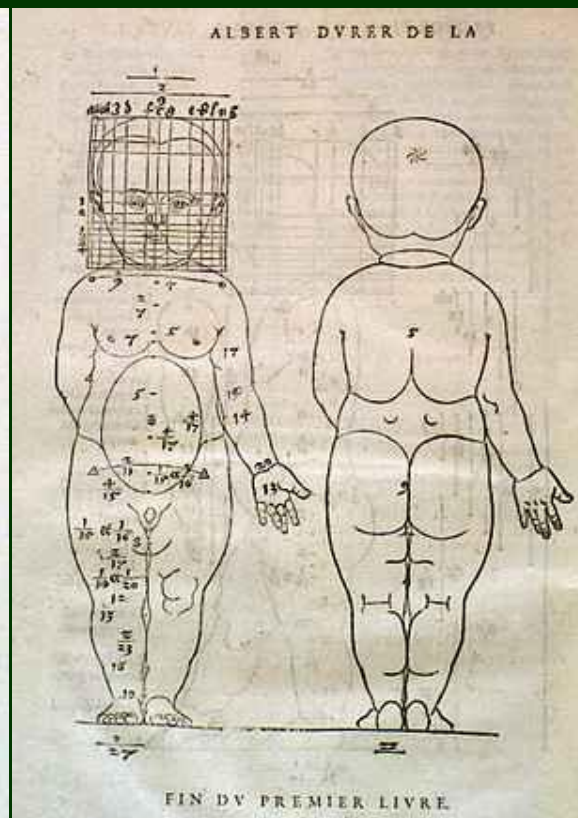
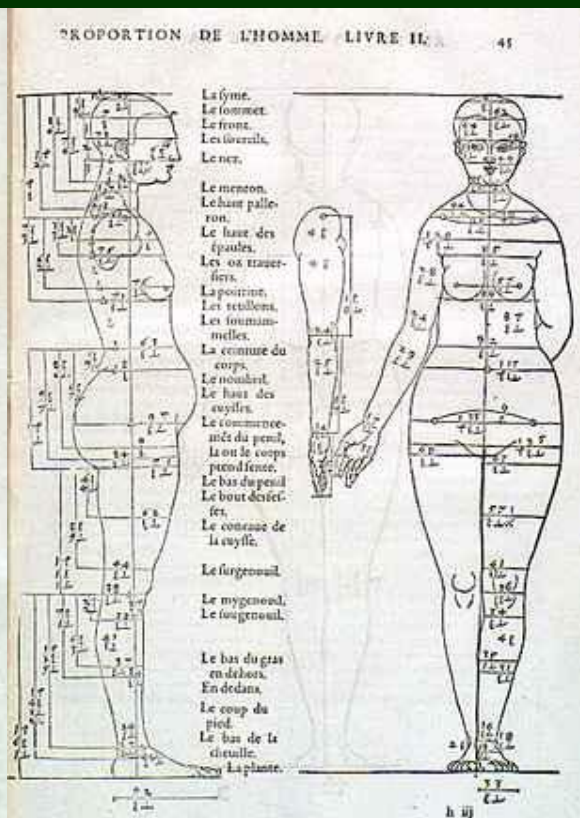
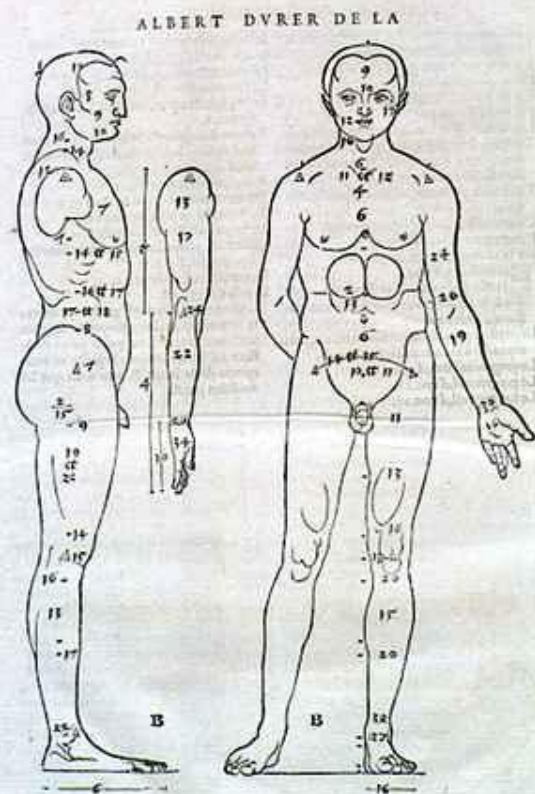
Vitruvius művének illusztrációja 1548-ból

# II/1/c. A szimmetria Dürernél

Newton-kurzus



„Mindenek felett meg kell találnunk a részek legbiztosabb és legmegfelelőbb közös mértékét. Ha ez sikerült, akkor kitartóan és állhatatosan követve ennek rendjét megformálhatjuk az egyes részeket, kicsiket és nagyokat, a szépség megragadásával közeledve a tökéletességhez.”  
(Dürer: *Quatre livres sur la proportion*)



# II/1/d. A szimmetria Kopernikusznál



- De Revolutionibus Orbium Coelestium (1543)
- Előszó, a ptolemaioszi csillagászat művelőiről:

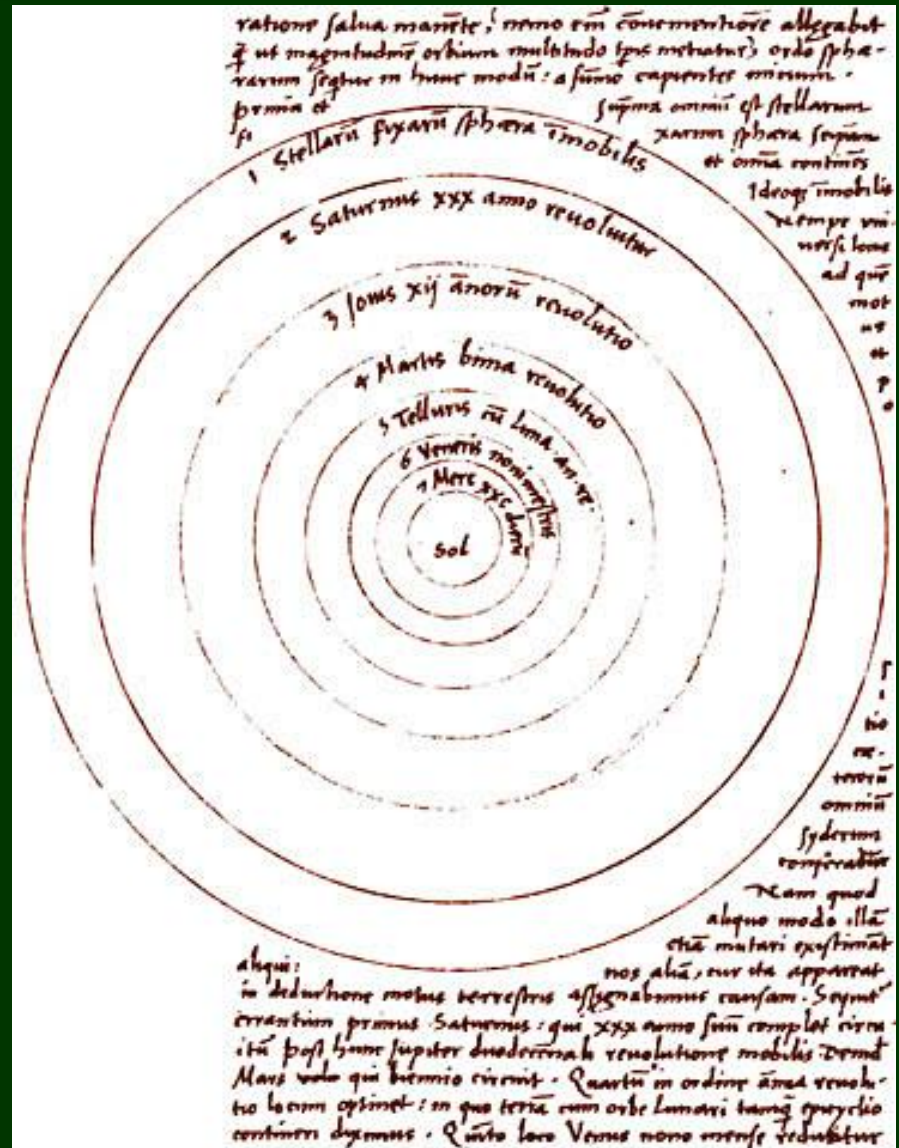
„Arra sem voltak képesek, hogy felfedezzék vagy levezessék a *legfontosabb belátást*, vagyis az univerzum szerkezetét és részeinek valódi *szimmetriáját*. Ellenben pontosan úgy jártak el, mint aki különböző helyekről vesz kezeket, lábakat, fejet és más részeket, melyek gyönyörűen vannak ugyan megformálva, de nem ugyanahhoz a testhez tartoznak és így nem felelnek meg egymásnak – az ilyenekből inkább egy szörnyet, semmint embert lehet összeállítani.”

# II/1/e. Az égi és földi összeolvadása



Newton-kurzus

- Kopernikusz rendszere: a Nap áll a középpontban, és a bolygók körülötte keringenek, köztük a Földdel
- ⇒ az arisztotelészi világrend összeomlik, megszűnik a szeparáció égi és földi régiók között
- Ráadásul itt a matematika a rendszer valódi szerkezetét fedti fel





# II/1/f. A „világ harmóniája”: Kepler

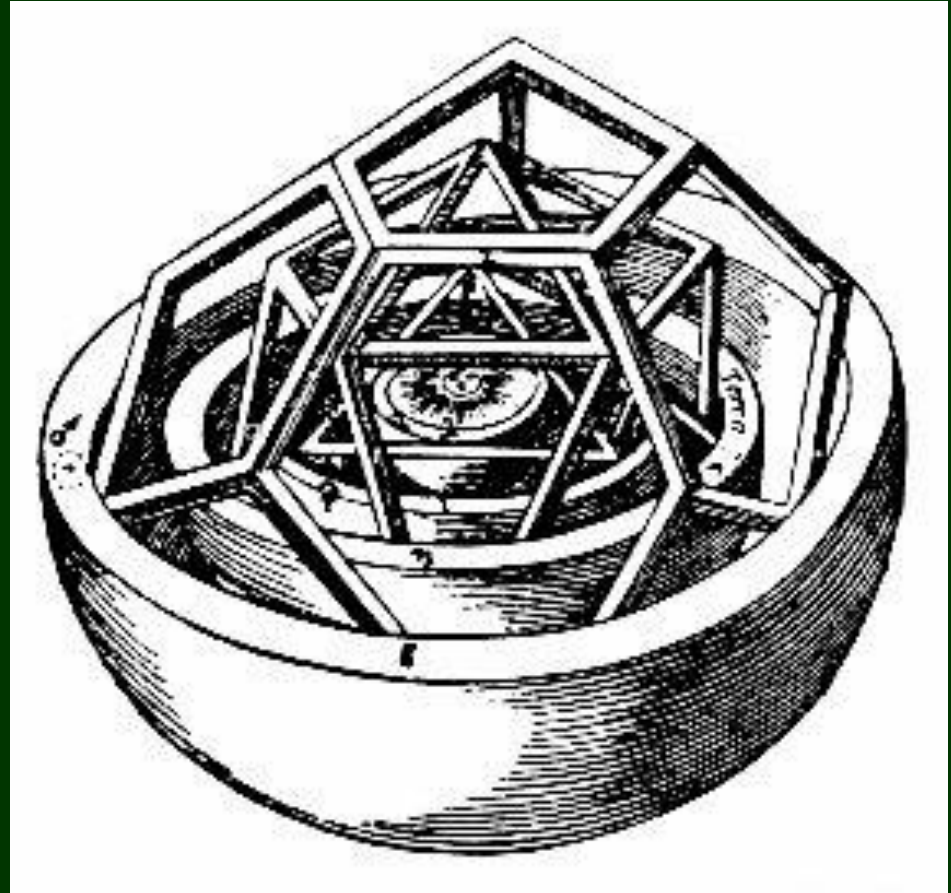
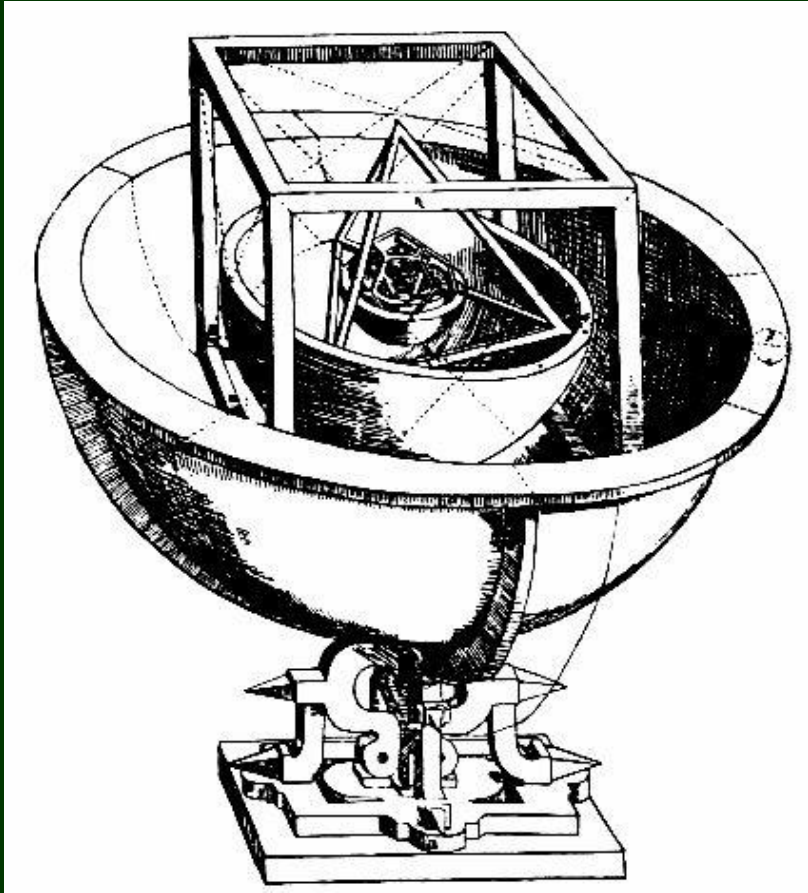
Newton-kurzus



- A világ matematikai harmóniája ad választ a legfontosabb kérdésekre:
  - Miért pont 6 bolygó van? (A távcső felfedezése előtt ennyi.)
  - Ezek miért olyan távolságra keringenek a Nap körül egymáshoz képest, mint ahogy keringenek? (→ kopernikánus)
  - Miért lassabbak a távolabbi bolygók a közelebbiekénél?
- Minden addigi idők legpontosabb és legátfogóbb megfigyelési adataiban keresi a matematikai harmóniát:
  - négyzetes, köbös, stb. sorozatok
  - egyéb numerikus összefüggések (pl. trigonometrikus)
  - geometriai alakzatok: a Jupiter és a Szaturnusz szférája közé szabályos háromszög illeszthető → próba: Mars-Jupiter közé négyzet, Föld-Mars közé ötszög, stb.

# II/1/g. Kepler geometriai kozmosza

Newton-kurzus



Ez egyben választ ad az első két kérdésre!

# II/1/h. A harmóniakeresés „mellékterméke”

Newton-kurzus



## A bolygómozgás törvényei:

1. A bolygók nem kör-, hanem ellipszis-pályán keringenek a Nap körül, amely az egyik fókuszpontban áll.
  2. A bolygót és napot összekötő szakasz egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol  
⇒ a naphoz közelebb gyorsabban halad, mint távolabb  
(⇒ mind az egyenletes mozgás, mind a körmozgás elve megdől)
  3. Az egyes bolygók keringési periódusainak négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint Naptól mért (maximális) távolságaik köbei  
(⇒ válasz a harmadik kérdésre)
- + számos egyéb „harmónia”

Miért van ez így? Mert így rendezte el a Teremtő:  
matematikai minta alapján dolgozott

(⇒ Newton majd máshogyan értelmezi ezeket...)



## II/1/i. A szférák zenéje

Newton-kurzus

- Püthagoreusok: a matematikai arányok zenei hangközöket fejeznek ki, tehát a kozmosz matematikai szimmetriája egy tökéletes zenei összhangzatnak felel meg
- Kepler: még jó, hogy ellipszis-pályák vannak, mert így az egyes bolygók pályájához számarány rendelhető (legnagyobb/legkisebb távolság), és így kijön az összhangzat

HARMONICIS LIB. V. 207

omnia (infinita in potentiâ) permeantes actu : id quod aliter à me non potuit exprimi, quam per continuam seriem Notarum intermedia-

Saturnus Jupiter Mars ferè Terra Venus Mercurius Hic locum habet etiam

## II/2. Az „égi fizika”



- Ha az égi és földi közti határvonal megszűnik, akkor nemcsak a matematika tud „lejönni” a földre, hanem a fizika is érvényes lesz az égre
- Az arisztoteléliánus szférák érvényüket veszítik. De akkor mi mozgatja a bolygókat?
- Kepler: „erők”  
→ okkult, mágikus tradíció virágzik a reneszánszban (pl. asztrológia: befolyások, (távol)hatások, stb.)
- Két erő:
  - a Napból kiáramló küllők forognak a Nappal együtt (← Galilei), és ezek hajtják körbe a bolygókat
  - a Nap egy mágnes (W. Gilbert: De Magnete, 1600), és a bolygókat taszítja és vonzza is, ezért nem körpálya
- Ez még itt nem matematizált elmélet!

## II/3. „Új” matematizált területek



- Felerősödnek hagyományosan matematikailag (is) tárgyalt, de nem standard tudományos tradíciók
- Arkhimédész, Hérón, Papposz, stb.:  
matematizált optika, sztatika, hidrosztatika, kinematika  
⇒ ezek a középkorban nem voltak ismertek  
⇔ 17. sz. elején lefordítják és tanulmányozzák őket
- Ezek esetén erős gyakorlati motiváció: gépek, szerkezetek, stb. (már az ókorban is: hidraulikus szobrok, mechanikus szerkezetek...)  
⇒ a hagyományos „töprengő” tudósmodellt fokozatosan felváltja az alkotó mesterember modellje

# II/3/a. A gyakorlati matematika

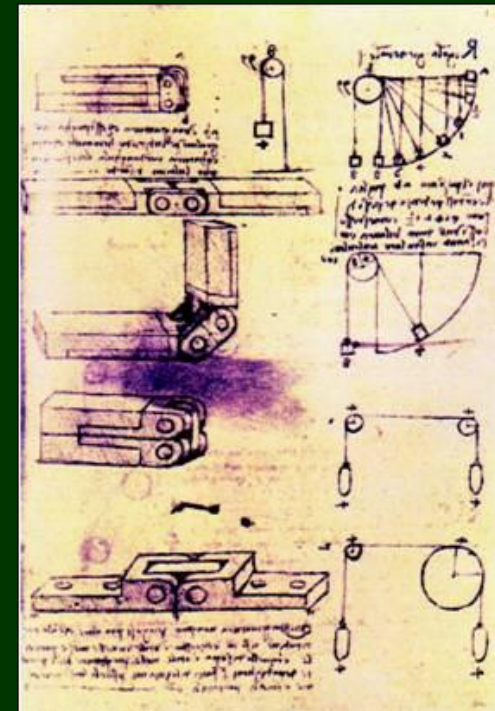
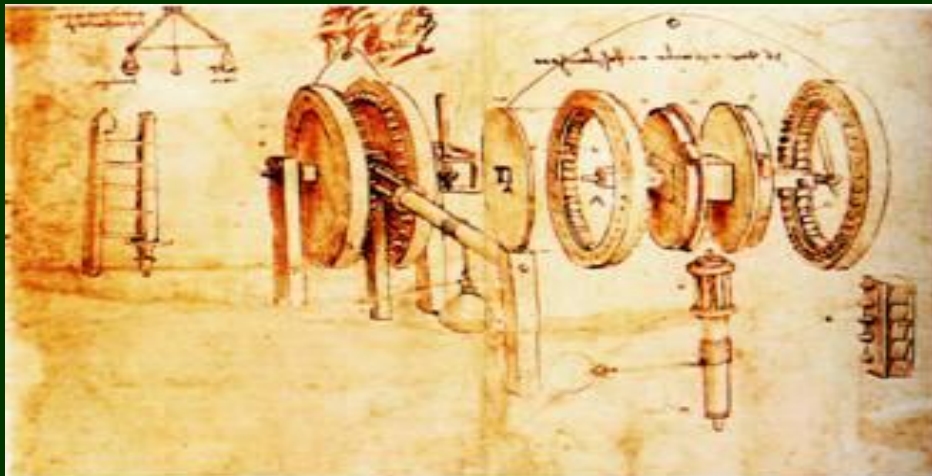
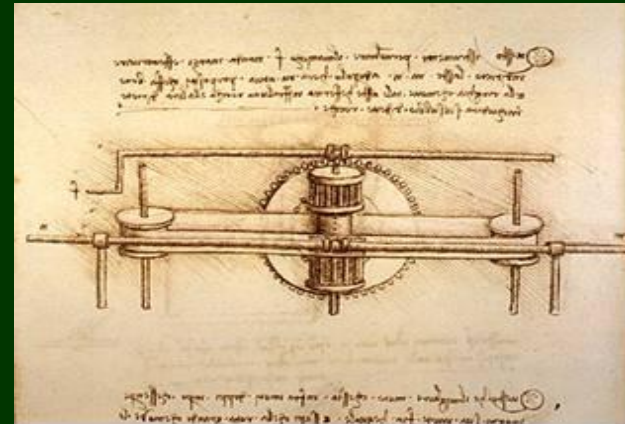
Newton-kurzus



Jonas Moore: *A New System of the Mathematicks* (1681) – borító részlet

# II/3/b. Mechanikus szerkezetek

Newton-kurzus



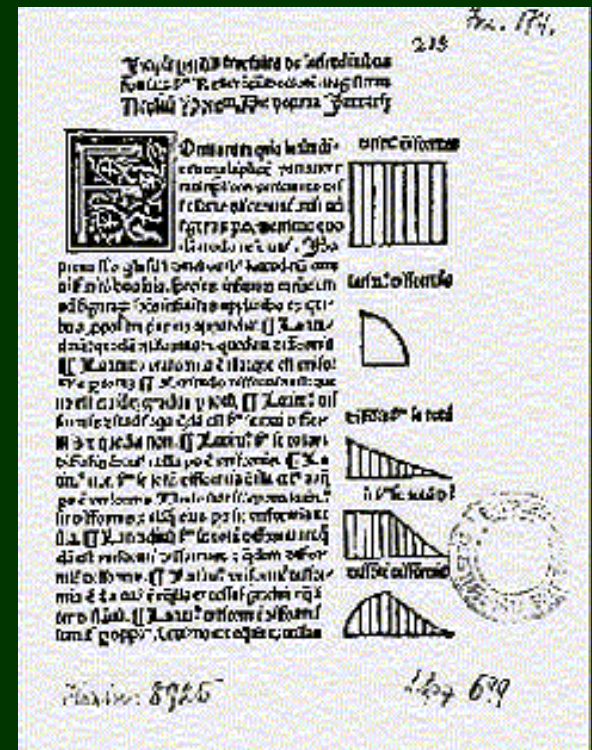




# II/3/c. A kinematika új tudománya

Newton-kurzus

- Galilei, 1636: *Beszélgetések a két új tudományról...*  
⇒ a mozgás *matematikai* leírása
- Szabadesés egyenletes gyorsulása, hajítás parabolája, stb.
- A mozgást mennyiségekkel jellemezzük  
⇒ *mérhetővé* kell tenni: hosszt és időtartamot mérhetünk
- 14. sz.-i előzmények: az *intensio*-t (valamilyen minőség) *extensio*-val (valamilyen kiterjedés) jellemezzük (Nicole d'Oresme, Jean Buridan)
- Később mindent így kell mérni: erő, hőmérséklet, nyomás, stb.
- Galilei: „a természet a matematika nyelvén szól hozzánk”



A tudományos forradalom 1.

# II/4. A matematika mint bizonyosság

Newton-kurzus



- 15-16. sz.: a matematika alantas: számológépek bűvészkednek vele, mesteremberek buherálják
- 17. sz. (jezsuiták): a matematika a biztos, csalhatatlan gondolkodás mintaképe
- (Persze az első esetben az arab-reneszánsz algebrai hagyomány, a másodikban az antik geometria.)
- Descartes: A biztos tudománynak biztos gondolkodásmódon kell alapulnia, és ezt a matematikából tanulhatjuk:  
„Szabályok az értelem vezetésére” (1628)
- A matematika presztízse a 17. században alapvetően megnő, persze ő maga is gyökeresen átalakul