

# **A fizika története**

**GEFIT555-BL2, GEFIT555-BL, GEFIT703-MFTL**

**8óra/félév, 2 kredit**

**2025/2026. tanév, 1. félév**

***Dr. Paripás Béla***

***1. rész***

***(2025.09.19-re tervezett tananyag)***

## Miért a FIZIKA története?

- a FIZIKA az ógörög φύσις (physis) szóból ered, jelentése „természet”), ez az alap-természettudomány.
- Ez az alapja a többi természettudománynak és a MŰSZAKI TUDOMÁNYOKnak, tehát egyúttal ezek történetét is tanuljuk.
- A FIZIKA ma is a természet általános törvényszerűségeinek feltárásával foglalkozó tudomány.
- „A fizikát nem tudó mérnök tudása nem megalapozott.”

## Problémák:

- Sok mérnökre van (lenne) szükség, de a mérnök szakokra még most is kevesen jelentkeznek.
- Az egyetemi „reguláris” fizika oktatásban nagy a „lemorzsolódás

## Miért?

- mert nem szeretik a fizikát?
- mert az egzakt tudományok nehezek?

**A probléma kezelése:** a „reguláris” fizika oktatás elé egy **fizikatörténet** kurzus beszúrása, amelyben a középiskolai fizikát történeti aspektusból tekintjük át.

Segítheti a természeti törvények megértését (de számolni nem tanít meg) és a fizika megszerettetését (vagy legalábbis az ellenszenv csökkentését).

Tantárgyi követelmények: aláírás + vizsga

Az aláírás megszerzésének és a vizsga letételének részletes feltételeit külön fájlban találják meg.

A kivetített képeket tartalmazó pdf file-t elérhetővé teszem a honlapomon is!!!

*[http://web.uni-miskolc.hu/~www\\_fiz/paripas/index.htm](http://web.uni-miskolc.hu/~www_fiz/paripas/index.htm)*



Ajánlott irodalom:

**Simonyi K.: A fizika kultúrtörténete, Gondolat Kiadó, 1978**

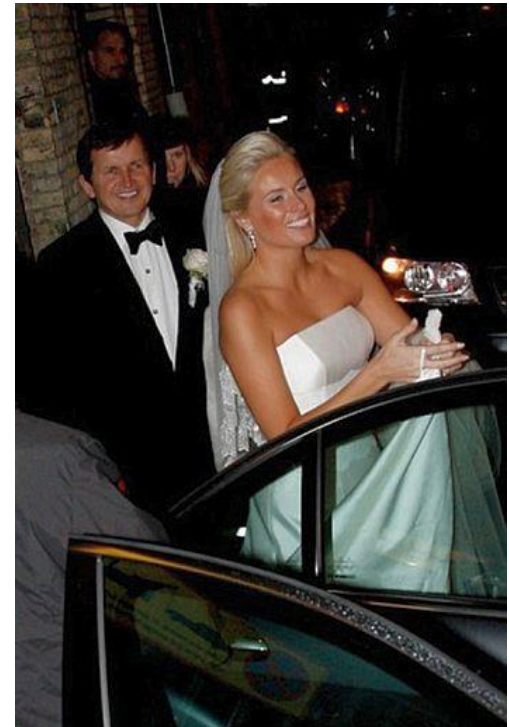
Simonyi Károly (Egyházaskfalu, 1916. október 18. – 2001. október 9.) mérnök, fizikus, kiemelkedő tudós-tanár.

**Elnagyolt életrajza:** Tizenegy gyermekes parasztcsalád hetedik gyermeke.

Egy gazdagabb rokona Simonyi-Semadam Sándor támogatta tanulmányait az óbudai Árpád Reálgymnáziumban.

1940-ben a Műegyetemen gépészmérnöki, a Pécsi Tudományegyetemen jogi diplomát szerzett.

**Simonyi Károly és fia Charles Simonyi, az első magyar „fizetős” űrhajós**



1940-től a Műegyetem Bay Zoltán vezette atomfizika tanszékének tanársegédje.

A világháború alatt amerikai, majd szovjet hadifogságba esett. Jelentősen lefogyva érkezett haza.

1946-ban részt vett a Bay által vezetett Hold-radarkísérletben.

1948-ban a Műegyetem **soproni fizika-elektrotechnika tanszékére került (!!!)**, ahol a megépítette az első magyar magfizikai részecskegyorsítót, ezért 1952-ben Kossuth-díjat kapott.

1952-től alapítója és vezetője volt a BME elméleti villamosságtan tanszékének és a KFKI atomfizikai osztályának.

Később a KFKI egyik igazgatóhelyettese Kovács István igazgató és Jánossy Lajos igazgatóhelyettes mellett.

1956-ban megválasztották a KFKI forradalmi bizottsága elnökének. A forradalom alatt az intézményben nem történt rendbontás.

A forradalom után megindult ellene a harc, vezetői posztjairól később távozni kényszerült.

Beosztott egyetemi tanárként folytatta a tanítást.

Ez tette lehetővé egy előadássorozat során körvonalazódó, legismertebb könyvének, **A fizika kultúrtörténetének** a megírását, amelyért 1985-ben Állami Díjat kapott.

Később az egyetemi felvételi feladatokat kitűző bizottság elnökének kérték fel. 1993-ban a Magyar Tudományos Akadémia soraiba választotta.



A Központi Fizikai Kutató Intézetben 1962-ig működött

**1 millió voltos Van de Graaff típusú elektrosztatikus részecskegyorsító**

Első változata a Soproni Műszaki Egyetem Elektrotechnika Tanszékén épült 700 kV-os feszültségre, protonok gyorsítására

**1951 decemberében Simonyi Károly professzor és munkatársai azzal a részecskegyorsítóval hoztak létre először Magyarországon mesterséges atommag átalakulást.**

1952-ben a KFKI Atomfizikai Osztályán átépítették, az elérhető feszültséget 1 millió voltra növelték, és elektronok gyorsítására alakították át. Elsősorban atomfizikai

alapkutatásra használták, de kísérleti jelleggel végeztek vele ipari célú

nagyenergiájú röntgen besugárzásokat is.

2001-ben a Millenium alkalmából helyreállították a KFKI Atomfizikai Osztály utódjának tekinthető KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet munkatársai.

## Kapcsolata a mi egyetemünkkel

Az 1904-ben Selmecebányán megalapított Fizikai-Elektrotechnikai Tanszék az I. világháború után (az ismert okok miatt) Sopronba költözött. A tanszék 1947-ben Sopronban különvált Fizikai és Elektrotechnikai Tanszékekre. Az Elektrotechnikai Tanszéket Simonyi Károly hét éven át vezette. Ennek az időszaknak az emlékére ma az egész kar Simonyi Károly nevét viseli.

Később (1959-ben) ez a tanszék beleolvadt a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen 1950-ben alapított Elektrotechnikai Tanszékbe. Így a mi Elektrotechnikai-Elektronikai Tanszékünk jogosan tekinti őt egy korábbi tanszékvezetőjének.

A SOPRONI EGYETEM  
SIMONYI KÁROLY MŰSZAKI,  
FAANYAGTUDOMÁNYI ÉS MŰVÉSZETI KAR

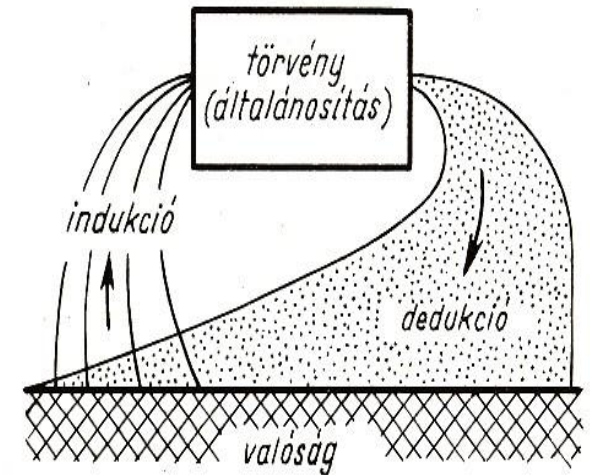
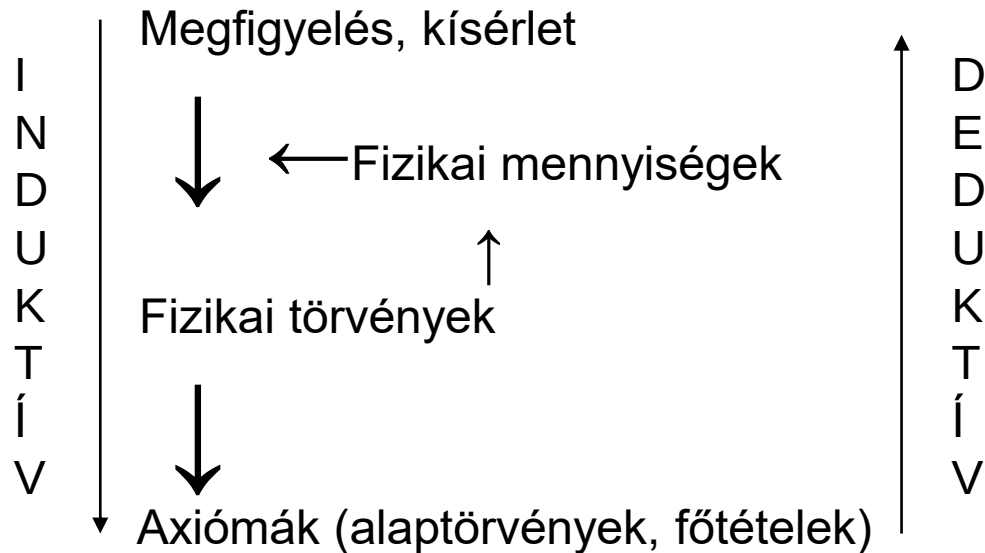
### NYÍLT NAPJÁNAK PROGRAMJA



|                               |                         |                         |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Boleman Géza                  | 1904-1947               | Selmecebánya,<br>Sopron |
| <b>Dr. Simonyi<br/>Károly</b> | <b>1947-1954</b>        | <b>Sopron</b>           |
| Vörös Imre                    | 1954-1959               | Sopron                  |
| Fischer<br>György             | 1950 (ősz<br>félév)     | Miskolc                 |
| Csáki Frigyes                 | 1951 (tavasz<br>félév)  | Miskolc                 |
| Uray Vilmos                   | 1951-1976               | Miskolc                 |
| Dr. Szarka<br>Tivadar         | 1976-1979,<br>1995-1999 | Miskolc                 |
| Dr. Szentirmai<br>László      | 1979-1995               | Miskolc                 |
| Dr. Kovács<br>Erő             | 1999-2014               | Miskolc                 |



## A fizika módszertana:



A törvények, axiómák idealizált testekre, modellekre vonatkoznak.

A modellekre a törvények egzaktak, a valóságos testekre azonban közelítő jellegűek.

„A fizika az elhanyagolások művészete.”

A fizika története → a modell egyre jobban közelíti a valóságot.

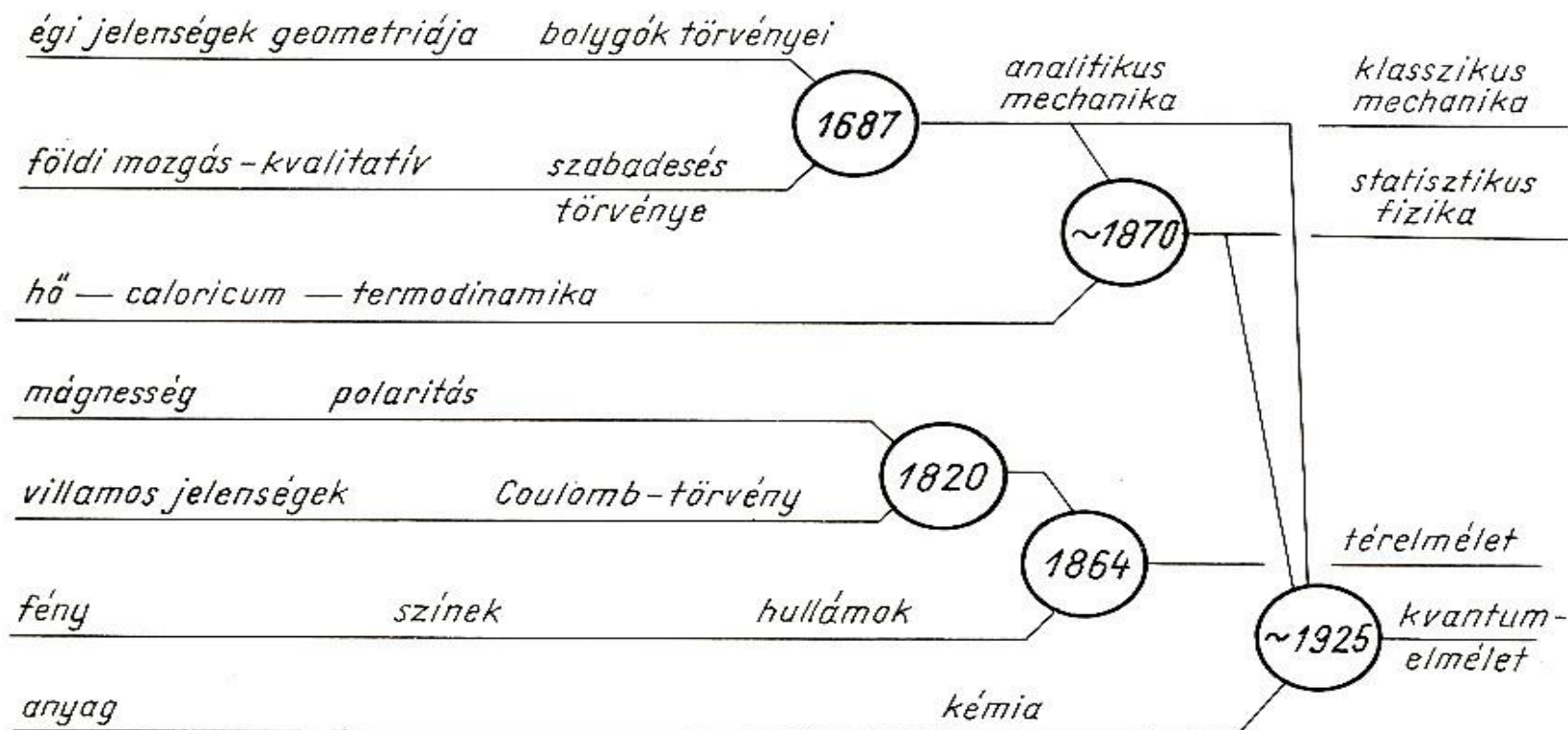
## Következmények:

Az ősrégi fizikai elméletek (majdnem) mindig hibásak, felidézésük káros? is és hasznos is lehet.

Míg a régi idők művészete, vallásai és bölcsészeti tudományai **abszolút** értelemben is nagyok, a régi idők fizikája csak **relatív** értelemben.

„Egy ókori szobor kifaragása egy mai szobrász számára is elismert teljesítmény lenne, de Arisztotelész fizika tudása az érettségin bukáshoz vezetne.”

Ma sok fizikai törvény igazsága nyilvánvaló (mi is biztosan felismernénk?), de az adott korban az adott törvény kimondása és az elismeréséért folytatott harc igen nagy tett volt.



## 0.2—8 ábra

A fizikatörténet csomópontjai: a különböző jelenségcsoportok közötti kapcsolat felismerésének időpontjai (Hund: Geschichte der physikalischen Begriffe nyomán)

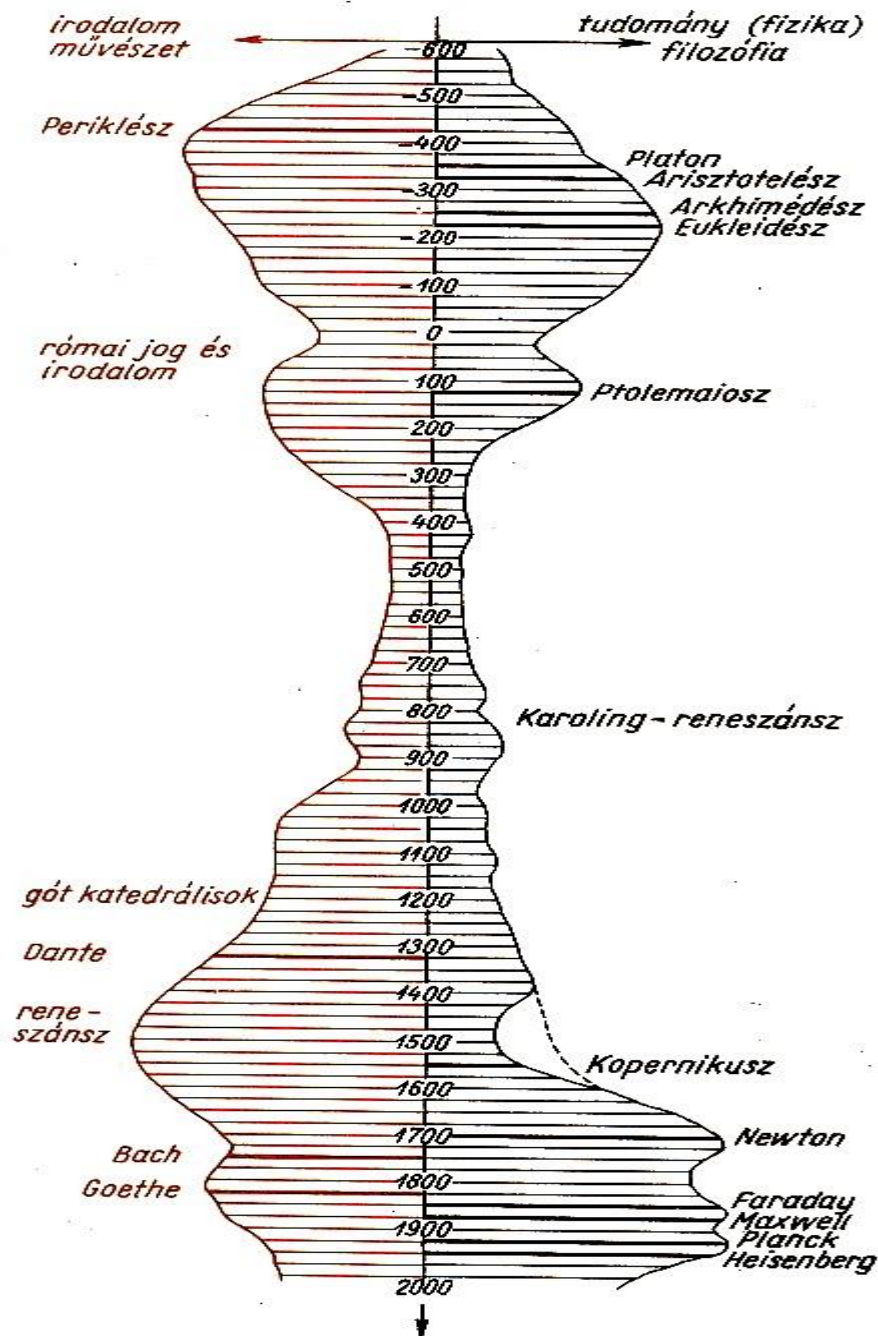
|                                  |                                             |                                            |                                                       |                                              |                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|
|                                  | - 600                                       | + 529                                      | 1543                                                  | 1687                                         | 1900                                  |
| korszak                          | ANTI-K<br>ÖRÖKSÉG                           | ÁTMEN-TÉS<br>ÉS<br>ELSAJÁ-TÍTÁS            | ROMBOLÁS ÉS<br>AZ ÚJ ALAPOK<br>LERAKÁSA               | A KLASSZIKUS<br>FIZIKA<br>KITELJE-<br>SEDÉSE | A 20. SZÁZAD<br>FIZIKÁJA              |
| a tudomány és<br>vallás viszonya | autonóm                                     | teológia<br>szolgálója                     |                                                       | a u t o n ó m                                |                                       |
| a ráció és empiria<br>viszonya   | a kiindulási<br>alapokat is                 | AZ ÉSZ KÉPES<br>a hit segítségével         | A VILÁGOT MEGISMERNI<br>az empiria segítségével       |                                              |                                       |
| nagy eredmények                  | geometria,<br>statika,<br>leíró asztronómia | kvalitás →<br>kvantitás<br>impetus-elmélet | földi-égi fizika<br>egyesítése,<br>módszer tisztázása | klasszikus<br>mechanika,<br>elektrodinamika  | relativitás,<br>kvantum-<br>mechanika |
| centrális egyéniség              | ARISZTOTE-<br>LÉSZ                          | AQUINÓI<br>TAMÁS                           | GALILEI<br>DESCARTES                                  | NEWTON<br>MAXWELL                            | PLANCK<br>EINSTEIN<br>HEISENBERG      |
| a természettörvény<br>jellege    | ÖRÖK IGAZSÁG<br>determinisztikus            |                                            |                                                       | APPROXIMÁCIÓ<br>valószínűségi                |                                       |

A 0.2–18 ábra a II. színes táblán található

0.2–1 táblázat

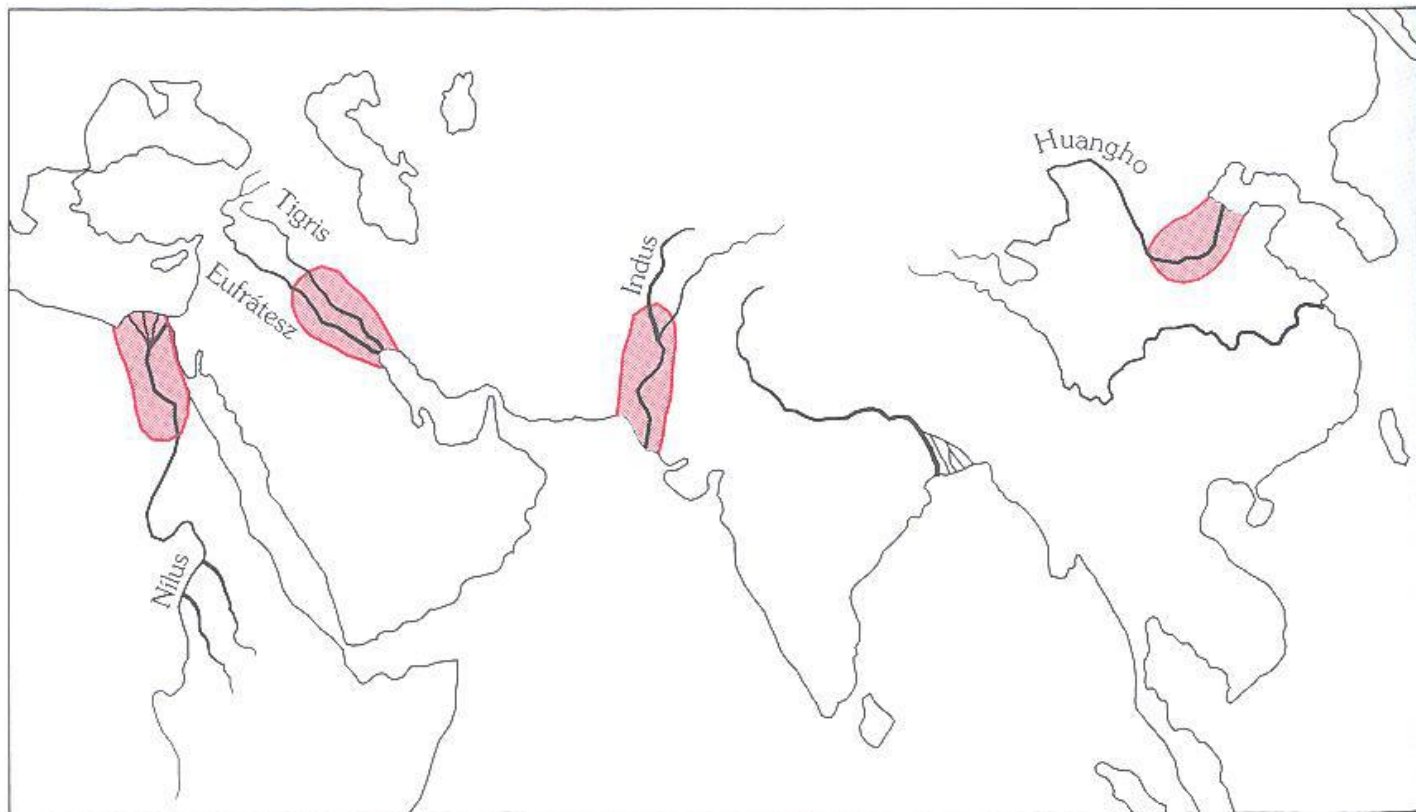
Az egyes korszakok jellemzői – erősen sematizálva



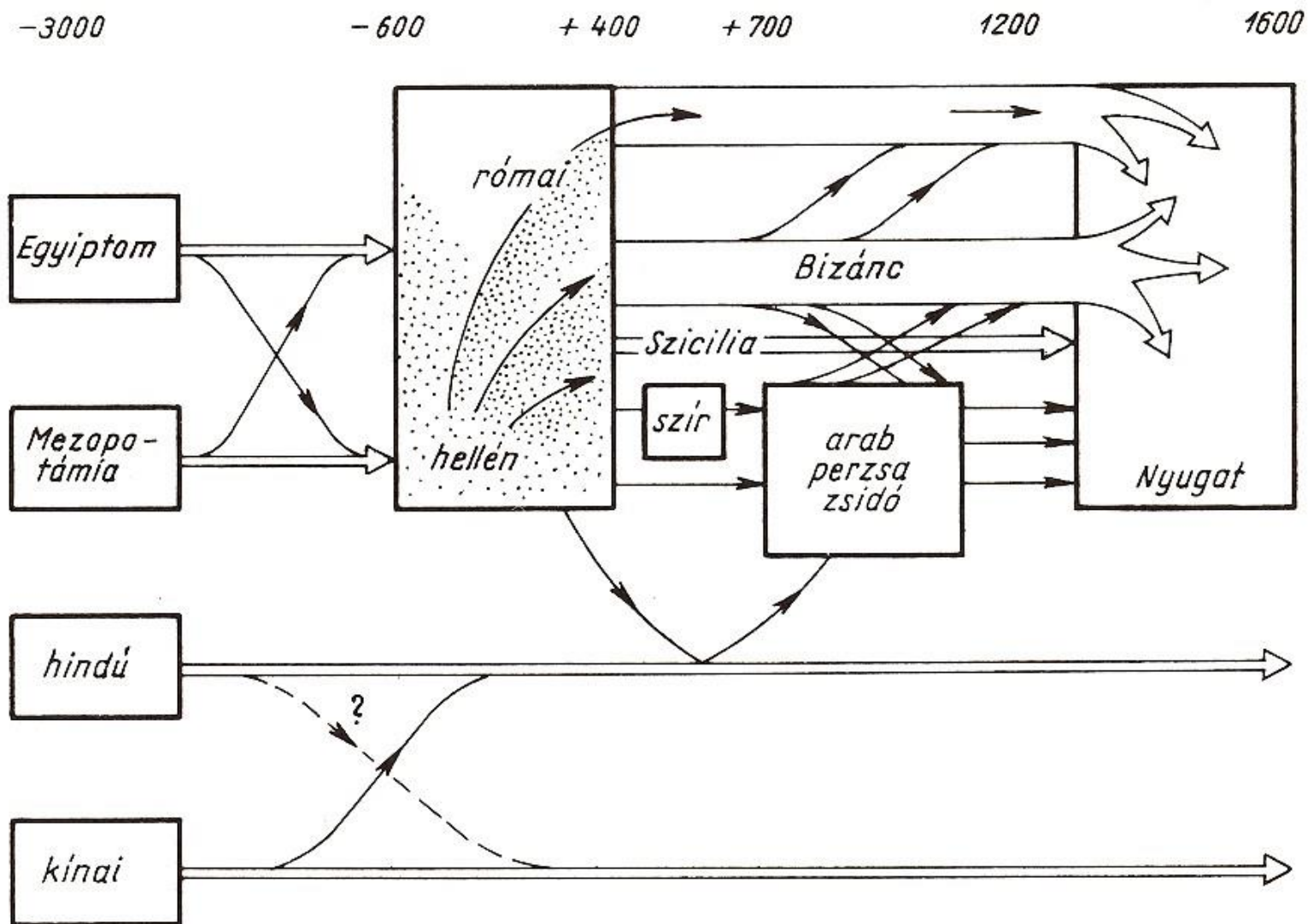


Az  
intellektuális  
tevékenység  
intenzitásának  
idődiagramja

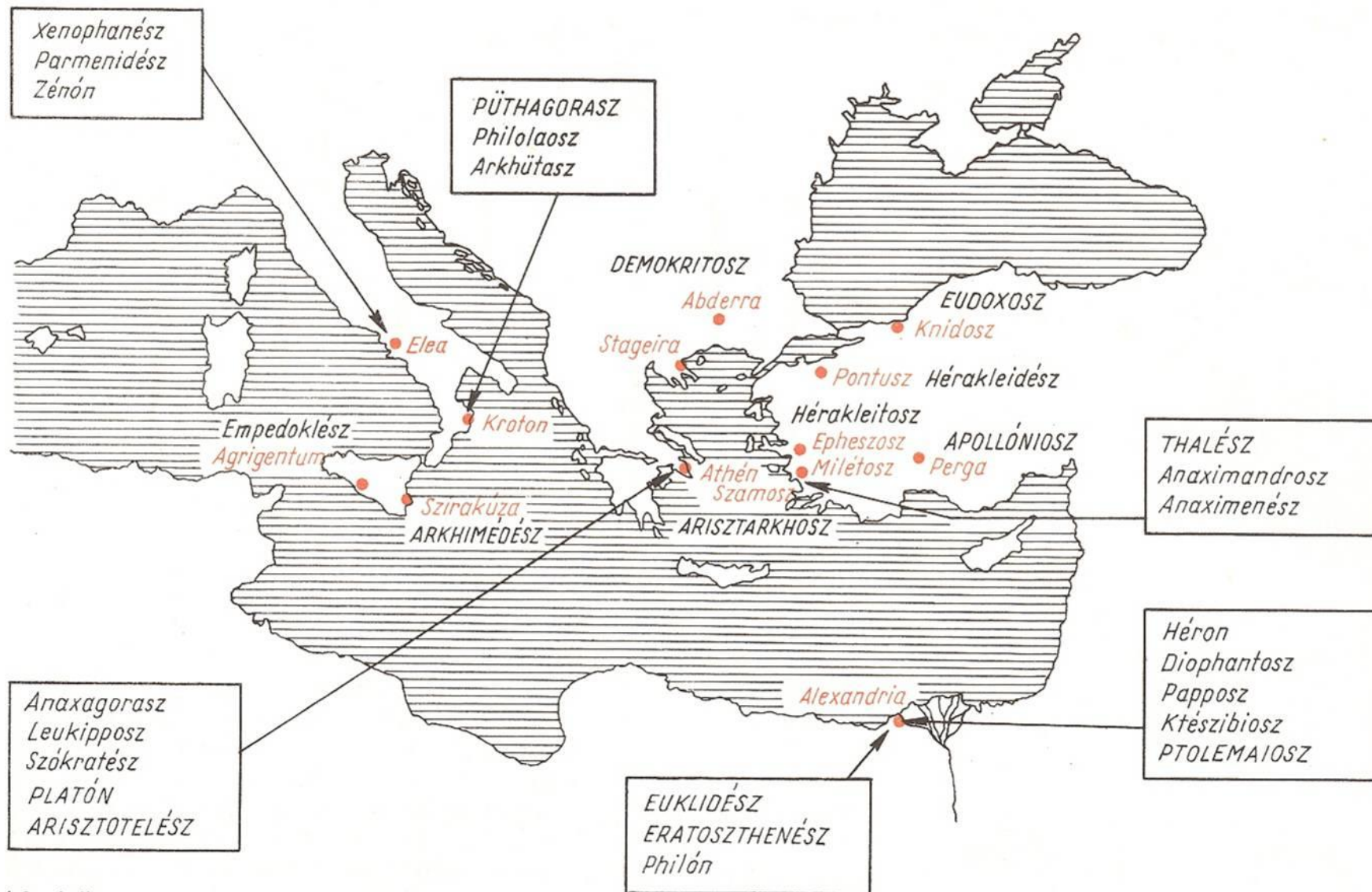
Időben hol kezdjük? Talán a nagy folyómenti kultúráknál? Ahol az írást, számolást és a naptárt kitalálták? A nagy tudósainak minden bizonnyal volt már valamilyen világképük, de ezek nem maradtak fenn.



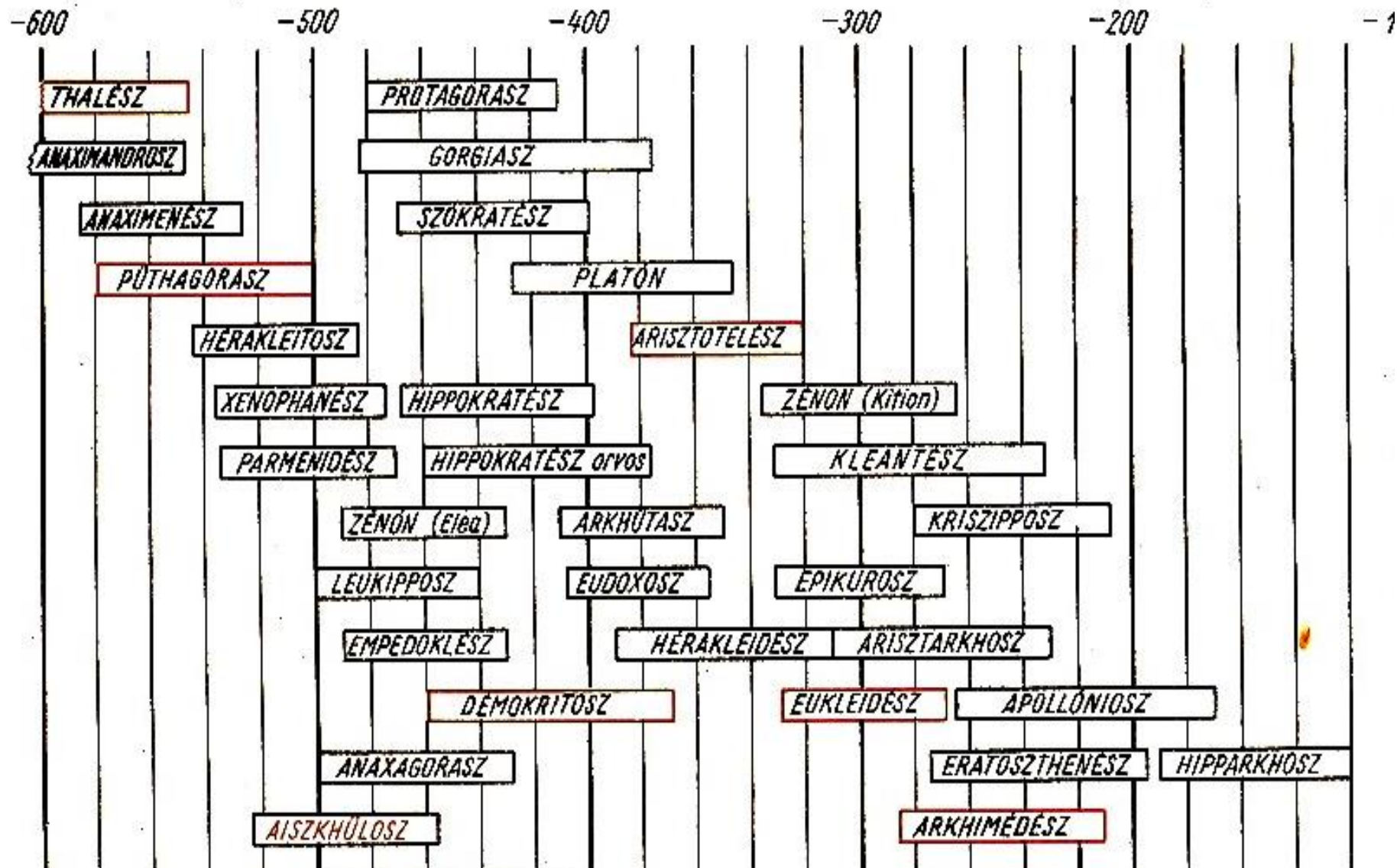
## A kulturális örökség útja

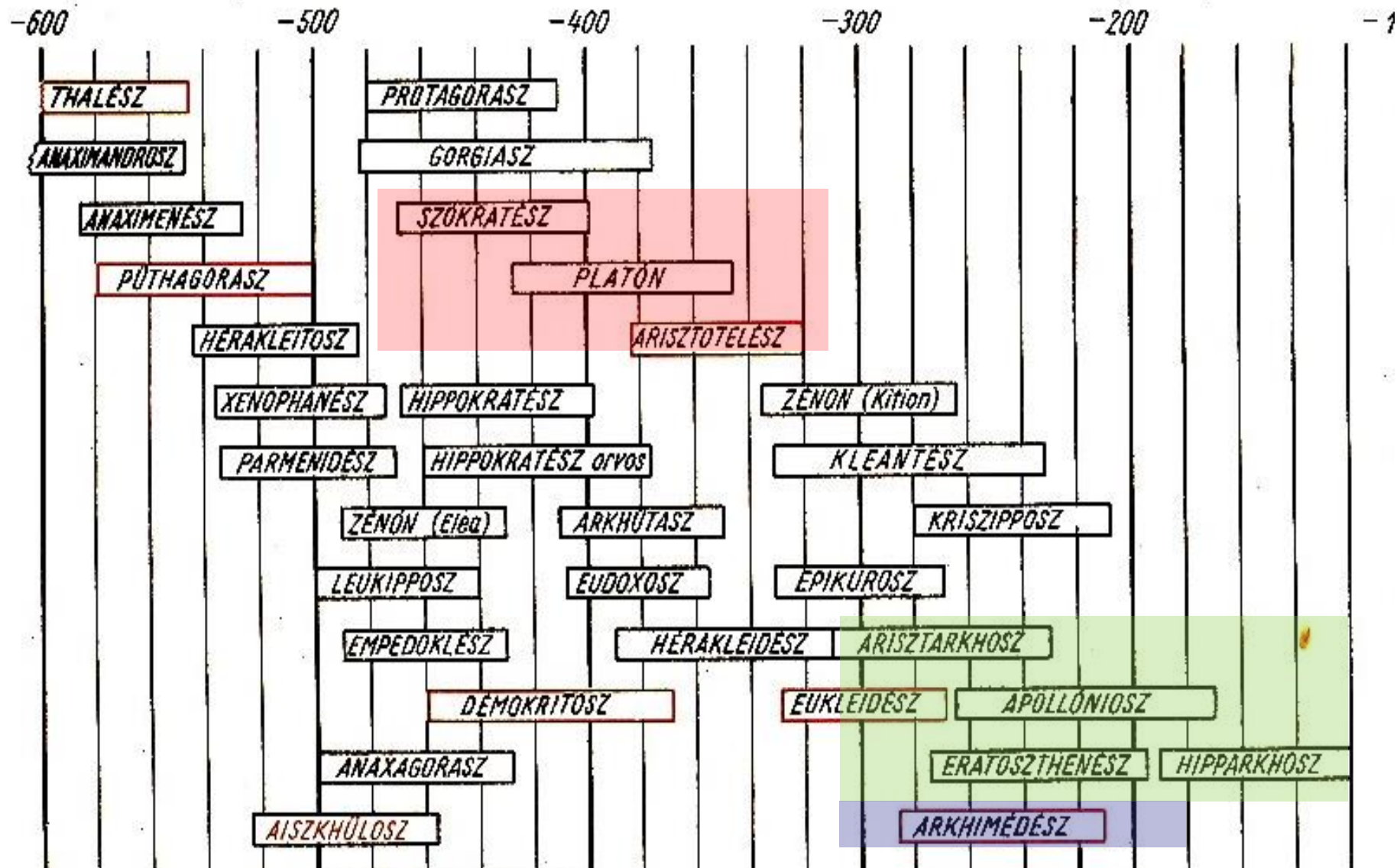


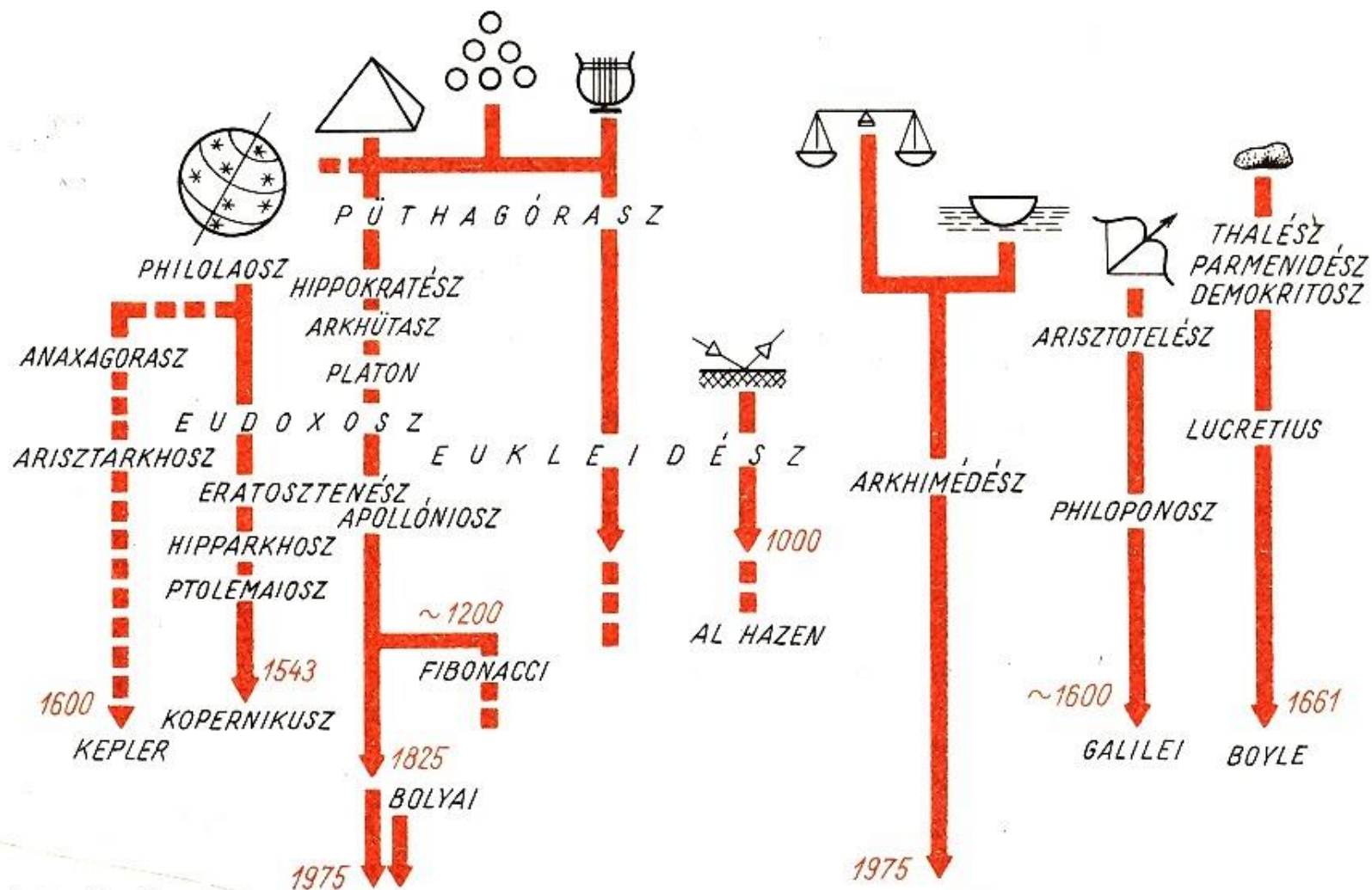
# A hellén-római kor természettudománya











1.2–2 ábra

A görög természettudomány témakörei. Bejelöltük azt az időpontot is, ameddig a görög gondolat mint tudományos igazság szerepelt

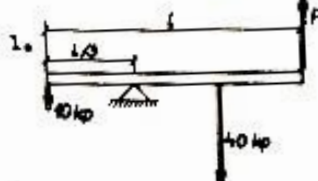


Az ókorban fizika mely ágában sikerült olyan eredményeket elérni, amelyek még ma is érvényesek?

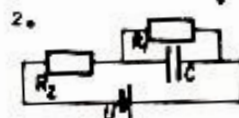
- a) a csillagászatban
- ☒ b) a sztatikában
- c) a dinamikában
- d) az optikában

Az ókori csillagászati eredményeket melyik évszázadban sikerült először meghaladni?

- a) a XII. században
- b) a XIV. században
- ☒ c) a XVI. században
- d) a XVIII. században



Egy súlytalan rudat hosszának egyharmadában alátámasztunk; az ábra szerint a bal oldalon a rud végén 40 kp, a jobb oldalon a jobb oldalra eső rudhossz közepén 40 kp erő hat. A jobb oldali végén mekkora  $F$  erővel tudjuk a rudat egyensúlyban tartani?



A választ áramkörben  $U=4,5$  V,  $R_1=6\ \Omega$ ,  $R_2=12\ \Omega$ ,  $C=300\ \mu\text{F}$ .

a/ Mekkora a feszültség az  $R_2$  ellenálláson?

b/ Mekkora a kondenzátor töltése?

A telep teljes ellenállása elhanyagolható.

3. Egy prizma egyik oldalapjára merőlegesen beeső fénysugár a másik oldalán 75°-os törési szöggel lép ki. A prizma anyagának törésmutatója 1,5. Mekkora a prizma törésszöge?

4. Egy 20 literes palackban 100 atm-sűrűségi nyomású 0 °C hőmérsékletű oxigén van. Az oxigénből kiengedünk 0,86 kg-ot.

a/ Mekkora lesz a nyomás, ha a hőmérséklet ismét 0 °C?

b/ Mekkora hőmérsékletre kell az oxigént melegíteni, hogy nyomása újból 100 atm-sűrűségi legyen?

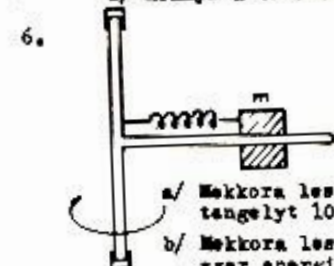
Az oxigén sűrűsége 0 °C és 1 atm nyomás mellett 1,43 kg/m<sup>3</sup>.

5. Egy 25 cm hosszú, 50 cm<sup>2</sup> keresztmetszetű, 1000 menetes tekercsen átfolyó áram 0,1 s alatt egyenletesen 0-ról 10 A erősségre nő. A tekercs ohmos ellenállása elhanyagolható.

a/ Mekkora a feszültség a tekercsen?

b/ Írjuk fel és ábrázoljuk a tekercs hőmennyiségét az idő függvényében az adott intervallumban!

c/ Mennyi a tekercs által ezen idő alatt felvett energia?



Egy függőleges tengelyhez mereven van hossz-erősítve egy vízszintes rud. A rudra a vázlat szerint egy  $m=0,2$  kg tömegű testet fűzünk fel és egy rugóval kötjük a tengelyhez. A rugó feszítetlen állapotában 0,5 m-re van a test a forgástengelytől. A rugó 50 N erő hatására nyúlik meg 1 cm-rel.

a/ Mekkora lesz a test távolsága a forgástengelytől, ha a tengelyt 10 s<sup>-1</sup> fordulatszámmal forgatjuk?

b/ Mekkora lesz a rugóból és az  $m$  tömegű testből álló rendszer energiája az adott fordulatszámnál a nyugalmi állapothoz képest?

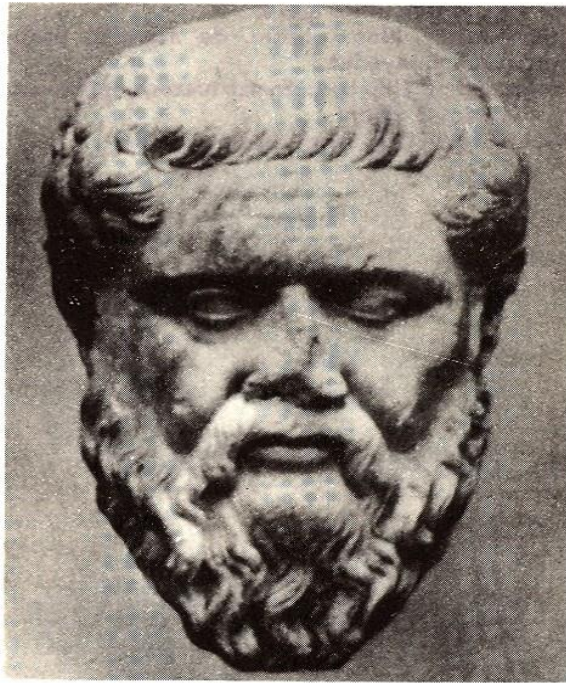
c/ Mekkora az a fordulatszám, amely fölött nem találunk olyan sugarat, amelyen a test forgás közben megmarad?

Elhanyagolható a test és a rud közti súrlódás és a rugó tömege.

Kezdjük a görögökkel!



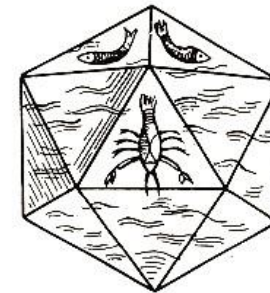
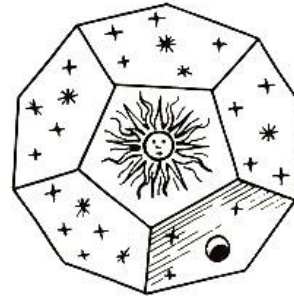
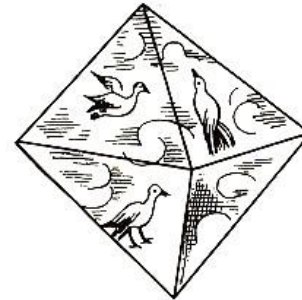
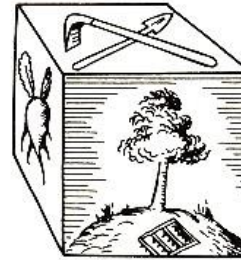
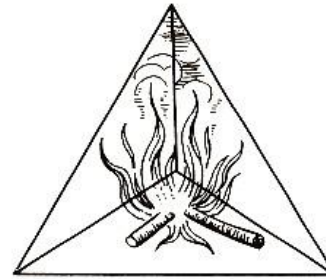




1.2–11 ábra

PLATÓN (i. e. 427–i. e. 347) Szókratész tanítványa, Arisztotelész mestere. 20 éves korában került Athénba Szókratész tanítványaként. Mestere halála után bejárta az akkor ismert világot. Dél-Itáliában megismerkedett a pitagoreusok tanításaival. Valószínűleg Egyiptomban is járt. Athénba visszatérve az Akademosz nevű hős (hérosz) ligete mellett iskolát nyitott (innen az Akadémia elnevezés), i. e. 368-ban Szürakuszaiban II. Dionüsziosz – aki tanítványa volt – udvarában megkísérelte politikai elképzeléseit megvalósítani – teljesen sikertelenül. Platón műveit dialógusok formájában írta; ezek főszereplője (az utolsó munkája, a Törvények kivételével) mindenütt Szókratész. Az i. e. 374-ben készült *Állam* adja talán filozófiájának legteljesebb keresztmetszetét. Természetfilozófiai nézeteit a *Timaios*ban fejti ki.

Halála után az Akadémia vezetője unokaöccse, Szpeuszípposz lett. Az asztronómus pontuszi Herakleidész is ebből az iskolából került ki.

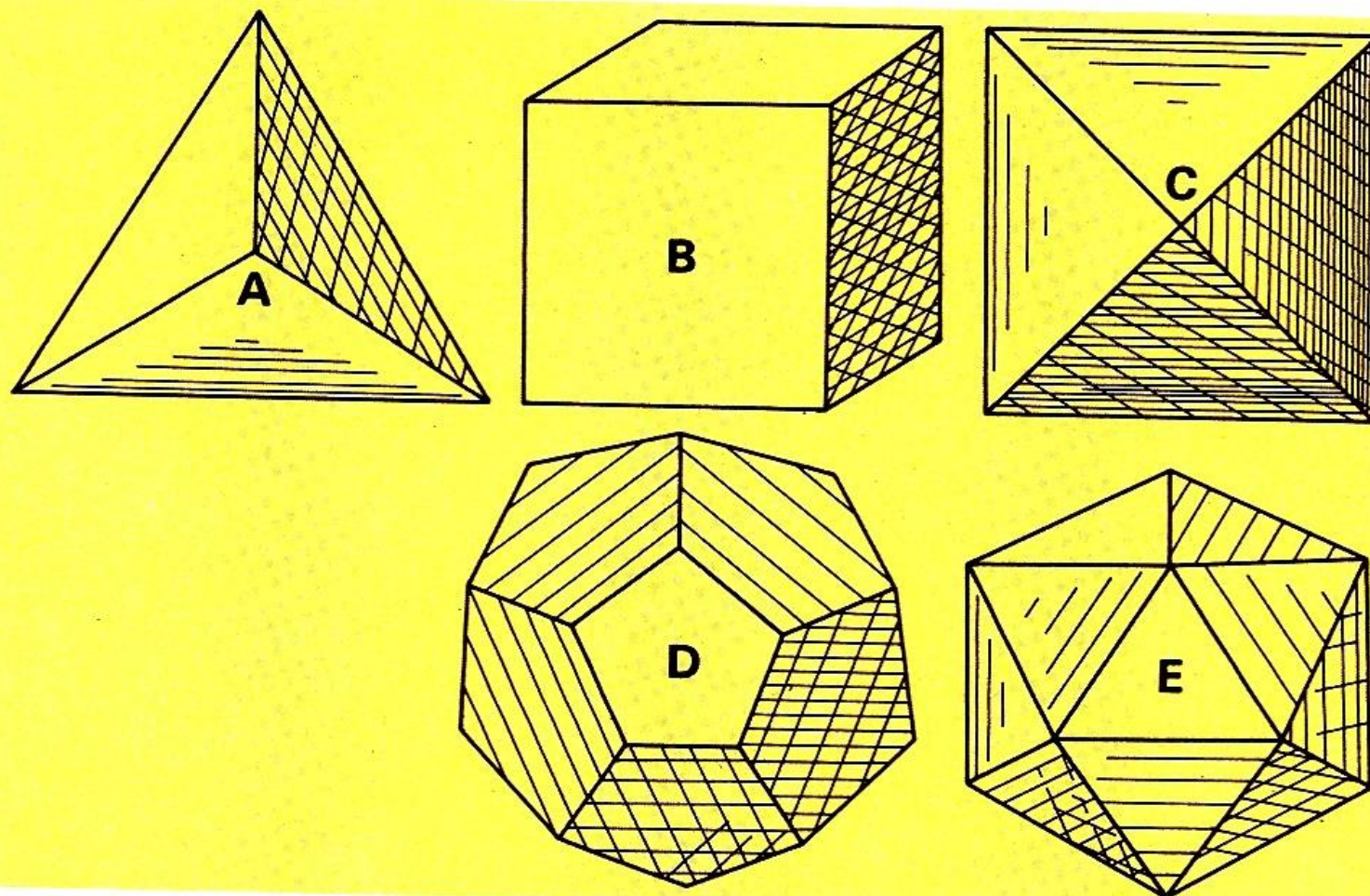


1.3–1 ábra

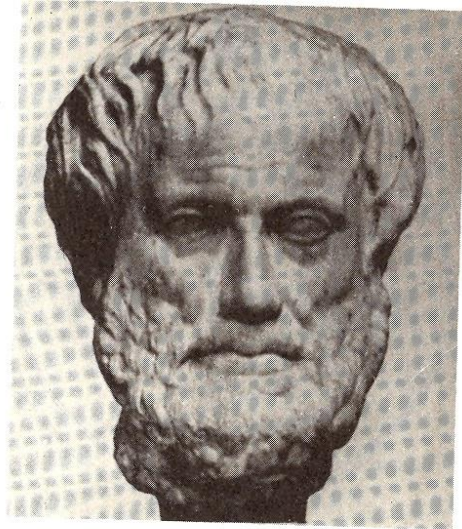
A parmenidészi négy elem és a platóni négy szabályos test egymáshoz rendelése. Az ötödik szabályos test a kozmosz ideáját jelenti (KEPLER nyomán)



**25. ábra:** Az öt szabályos geometriai test: (A) tetraéder, négylap; (B) kocka, hatlap; (C) oktaéder, nyolclap; (D) dodekaéder, tizenkétlap; (E) ikozaéder, húszlap. E testek lapjai egybevágók, élei egyenlők, ugyanannyi él találkozik ugyanolyan élszögekkel, vagyis lapjaik szabályos sokszögek és testszögleik egybevágók







## Arisztotelész (i.e. 384 – i.e. 322)

a makedoniai Stagira városában született. Innen ered a sokszor használt megnevezése: a stagirita.

17 éves korában Athénban Platón tanítványa lett. Platón halála után elhagyta Athént és i.e. 343-ban Nagy Sándor nevelője lett.

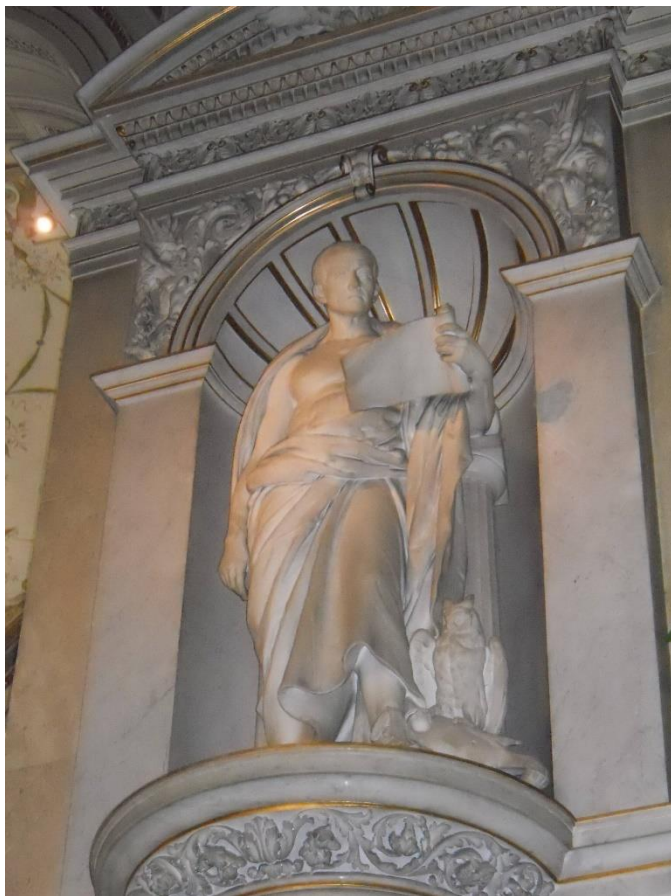
I.e. 334-ben visszatért Athénba, ahol Apollón Lükeosz ligetében tanított. Talán a liget sétaútvonalairól nevezték el iskoláját **peripatetikus iskolának**. Hatalmas méretű tudományos kutató centrumot hozott létre.

Nagy Sándor halála után i.e. 323-ban Athénból menekülnie kellett, Eüboa szigetén halt meg.

Saját kezű munkái mind elvesztek, csak tanítványai munkái ismertek.

Igazi jelentősége csak a XIV. században lett, Aquinoi Tamás munkássága nyomán ő lett „A Filozófus”.

Arisztotelész szobra a bécsi  
Természettörténeti Múzeumban



Nagy Sándor és  
Arisztotelész



## A mozgások arisztotelészi osztályozása (a „hétköznapi” ismeretek összefoglalása):

1. Mozgás az örök rend szerint: az égi szférák mozgása (motus a se)
2. Földi mozgások:
  - a) az élőlények mozgása (motus a se)
  - b) a természetes mozgás, avagy a megzavart rend helyreállítása (motus naturalis)
  - c) a kényszerített mozgás (motus violentus)

$\text{sebesség} \sim \frac{\text{hatók}}{\text{ellenállás}}$

← pl. rabszolgák száma

← pl. a hajó mérete

„Azért nem lehet vákuum, mert ott a sebesség örökké tartana változatlan nagyságban.”

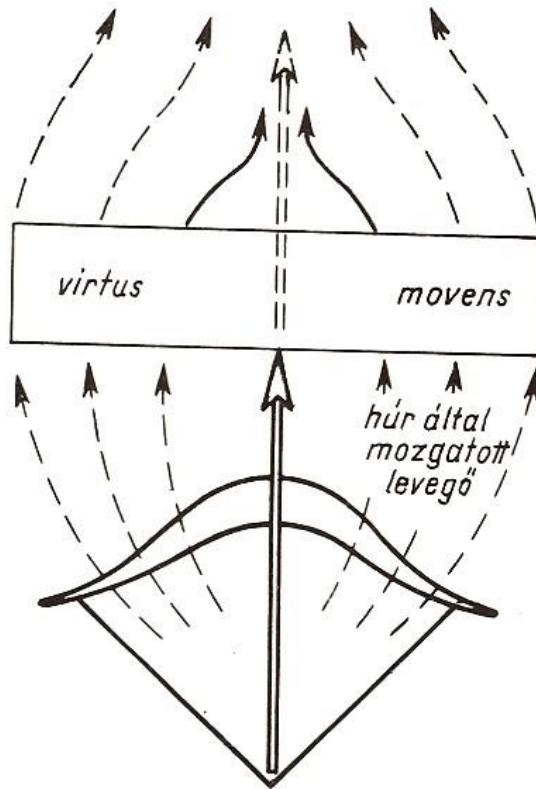
### 1.3.4 Az arisztotelészi világkép

| <i>Kozmosz</i><br><i>zárt, hierarchikus</i>                                                                                                                                                                                | <i>Mozgás</i><br><i>folyamat és nem állapot</i>                                                                                                                           | <i>Anyag</i><br><i>folytonos, nem atomos</i>                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Mindennek megvan a helye, ahová természeténél fogva törekszik</i>                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                         |
|  <p>égi szférák,<br/>amelyeket<br/>a csillagok<br/>szférája<br/>zár be</p> <p>szublunáris<br/>világ</p> <p>levegő</p> <p>Föld<br/>víz</p> | <p>mozgás az örök harmónia<br/>szerint:<br/>egyenletes körmozgás,<br/>vagy ilyenek össze-<br/>tétele</p>                                                                  | <p>változatlan, nem<br/>keletkező és nem<br/>tűnő anyag:<br/>quinta essentia</p>                                        |
|                                                                                                                                                                                                                            | <p>természetes mozgás:<br/>a nehéz lefelé, a könnyű<br/>felfelé igyekszik;</p> <p>kényszerített mozgás:<br/>minden mozgáshoz vele<br/>érintkező mozgató<br/>szükséges</p> | <p>az öselemek— föld,<br/>víz, levegő és tűz —<br/>keveredéséből és szét-<br/>válásából adódó<br/>változások világa</p> |
| <i>vákuum lehetetlen — fizikailag is, fogalmilag is</i>                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                         |

1.3— 2 táblázat

Az arisztotelészi világkép jellegzetességei





1.3–5 a ábra  
Mitől mozog a húrt elhagyó nyíl?

Az Arisztotelészi tanok képtelenségét sokan látták (mert értelmes emberek akkor is voltak):

SZTRATÓN: van vákuum  
PLUTARKHOSZ: a földi és az égi jelenségek nem különülnek el élesen.

Arisztotelész mozgástana alapvetően hibás, hisz a mozgásnak nincs oka (csak a mozgásállapot változásnak)

Melyik nem az arisztotelészi világkép jellegzetessége?

- a) az anyag atomos szerkezete
- b) a vákuum lehetetlensége
- c) az égi és földi mozgások alapvető különbözősége
- d) a ható okkal arányos sebesség

Melyik mozgást tekinti Arisztotelész természetes mozgásnak?

- a) a bolygók mozgása
- b) a kő leesése
- c) a nyíl mozgása
- d) a teknősbéka mozgása

## Peripatetikus dinamika

a mozgás  
fenntartásához  
hatóerőre van szükség

$$v \sim F$$

ha  $F=0$   
akkor  $v=0$

a mozgás : folyamat

## Newtoni dinamika

a mozgás-állapot  
megváltoztatásához  
van hatóerőre szükség

$$\frac{d}{dt} v \sim F$$

ha  $F=0$   
akkor  $v = \text{állandó}$

a mozgás : állapot

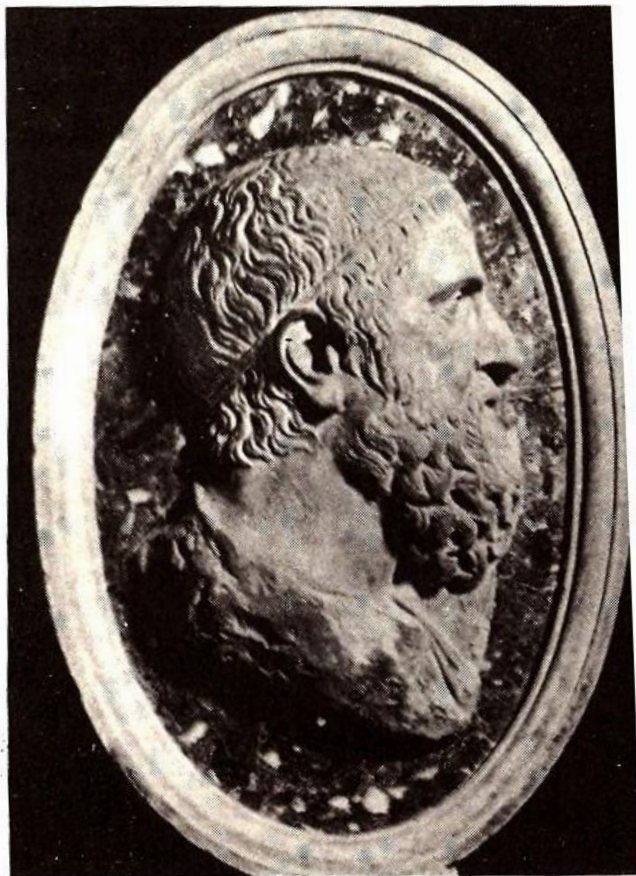
Az alábbiak közül melyik nem jellemző a peripatetikus dinamikára?

- a) mozgás fenntartásához hatóerőre van szükség
- b) a sebesség arányos a hatóerővel
- ☒ c) ha nincs erőhatás, akkor a test sebessége állandó
- d) a mozgás folyamat (azaz nem állapot)

Az alábbiak közül melyik jellemző a peripatetikus dinamikára?

- ☒ a) mozgás fenntartásához hatóerőre van szükség
- b) a mozgásállapot megváltoztatásához hatóerő szükséges
- c) ha nincs erőhatás, akkor a test sebessége állandó
- d) a mozgás állapot (azaz nem folyamat)





1.4–1 ábra

ARKHIMÉDÉSZ (i. e. 287? – i. e. 212) Szürakuszaiban született. Apja, Pheidiász asztronómiával is foglalkozott. Közeli kapcsolatban volt Szürakuszai uralkodócsaládjával, Hieron királlyal és fiával, Gelonnal. Talán rokonuk is volt Alexandriában tanult Eukleidész közvetlen utódjánál, talán magánál Eukleidésznél. Életének legnagyobb részét szülővárosában töltötte. Ott halt meg a város bevételekor

Arkhimédész igen sok munkája megmaradt. Ezek legtöbbje rövid értekezés jellegű.

1. A gömbről és a hengerről (*Περὶ σφαίρας καὶ κυλίνδρου*)
2. A kör méréseiről (*Κύκλου μέτρησις*)
3. A konoidokról és szferoidokról (*Περὶ κωνοειδῶν καὶ σφαιροειδῶν*)
4. A spirálokról (*Περὶ ἑλίκων*)
5. A síkok egyensúlyáról vagy a síkok súlypontjáról (*Περὶ ἐπιπέδων ἰσορρογιῶν καὶ κέντρα βαρῶν ἐπιπέδων*)
6. A parabola kvadratúrájáról (*Τετραγωνισμὸς παραβολῆς*)
7. Az úszó testekről (*Περὶ οχομένων*)
8. A homokszámláló (*Ψαμμίτης*, latinul *Arenarius*)
9. A módszerről (*Ἐρροδος*)

Ezenkívül meg kell említeni a Lemmák gyűjteményét, valamint a Barmok problémáját.

Különböző szövegek hivatkozásaiból rekonstruálhatjuk Arkhimédész néhány elveszett munkájának címét, illetőleg tartalmát:

1. Vizsgálatok a sokszögekről
2. Az elvekről (*Ἀρχαί*)
3. A mérlegről és az emelőről (*Περὶ ζυγῶν*)
4. A súlypontokról (*Κεντροβαρικά*)
5. Optika (*Κατοπτρικά*)
6. A gömbkészítésről (*Περὶ Σφαιροποιίας*)

Arkhimédész munkásságának legértékesebb része nem fejtett ki közvetlen hatást. Több mint másfél évezreden keresztül a tudományos világ nem érte el azt a szellemi szintet, amely megértéséhez szükséges. Az első teljes Arkhimédész-kiadás 1544-ben jelent meg, tehát közvetlenül a történelem másik két nagy könyvének, Kopernikusz *De revolutionibus orbium coelestium*, és Vesalius *De humani corporis fabrica* megjelenése utáni évben



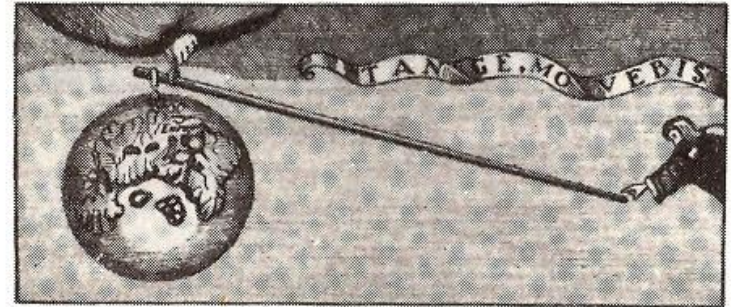
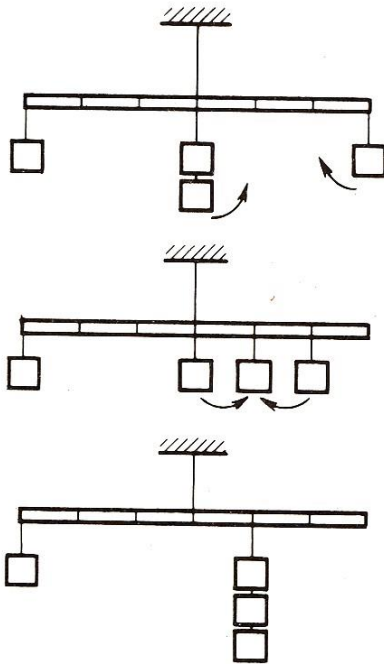
# A siracusai görög színház



# Archimédész munkássága a fizikában:

## 1. Mérlegek és emelők törvényei

- „Adjatok egy fix pontot a Földön kívül és kiemelem helyéből a Földet.”
- Mérlegek egyensúlyának levezetése Archimédész szerint.



1.4–3 a ábra

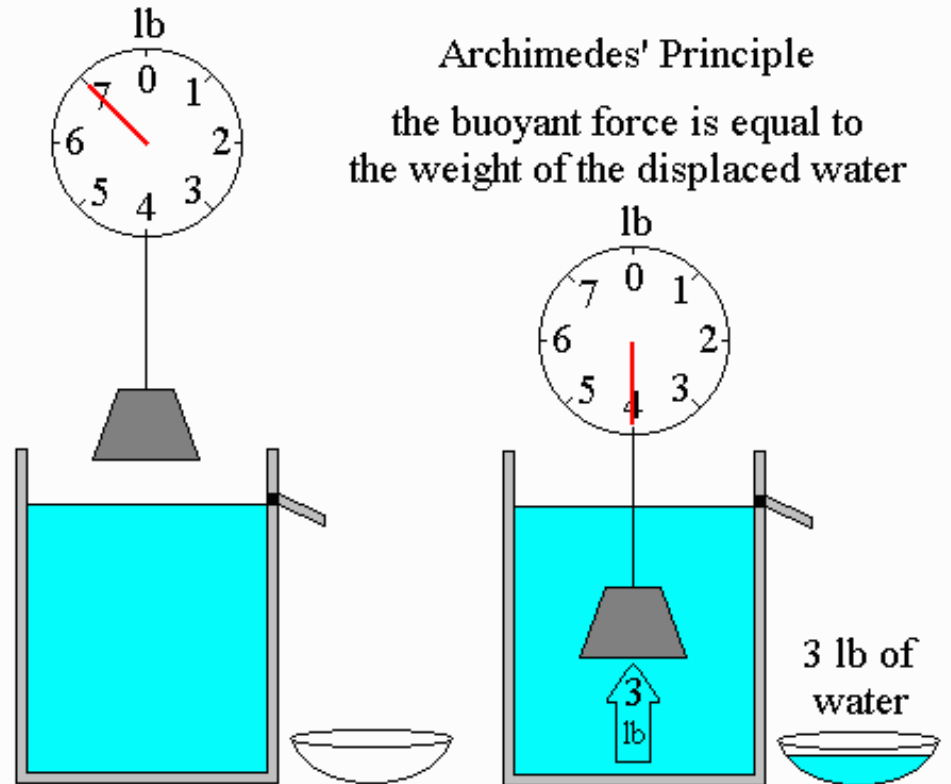


## 2. Hidrosztatikai problémák

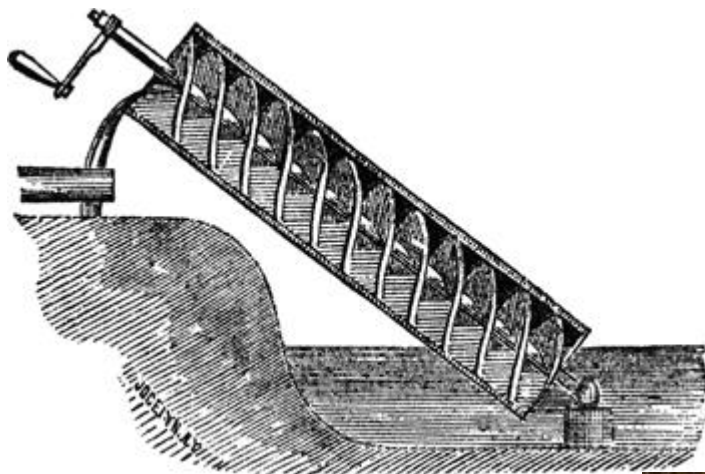
- Az Archimédész törvény:

*„Minden vízbe mártott test a súlyából annyit vesz, mint amennyi az általa kiszorított víz súlya.”*

- Hajók stabilitásának kérdései







Archimédeszi csavar – vízemelő  
szerkezet



# Hieron király koronája (Heuréka!)



## További Archimédész „sztorik”:

Római hajók elsüllyesztése emelőkkel és tükrökkel Szürakuszai ostromakor.

Halála: Ne zavarj köreimet!



Melyik város volt Arkhimédész szülőhelye?

- a) Athén
- ☒ b) Szirakúza
- c) Alexandria
- d) Milétosz

Az alábbiak közül melyik tudományos kérdéssel nem foglalkozott Arkhimédész?

- a) testek egyensúlya
- b) testek úszása
- ☒ c) elektrosztatika
- d) optika



## ***Az Alexandriai Iskola: kb. 700 éven át a tudományos élet legfőbb központja***

Euklidész (geometria) i. e. 300

Arisztarkhosz (csillagászat) (i. e. 320-250)

Eratoszthenész (csillagászat) (i. e. 276-194)

(Archimédész) (egyensúly: mérlegeké és folyadékoké, optika)  
(i. e. 287-212)

---

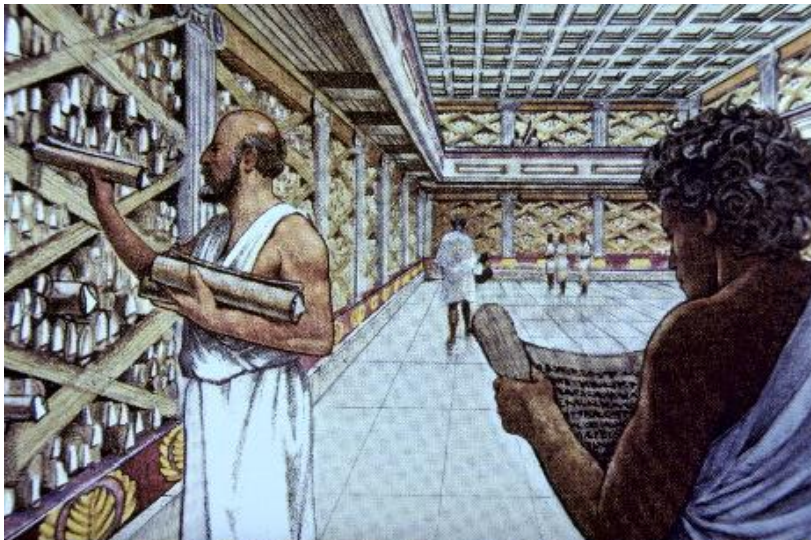
Héron (találmányok) (i. sz. 62)

Ptolemaiosz (csillagászat) (i. sz. 87-145)

A világhódító Nagy Sándor i. e. 332-ben alapította a saját

magáról elnevezett **Alexandriát**, amely a makedón eredetű Ptolemaida (más néven Lagida) uralkodóház háromszáz éves uralma alatt felvirágzott. A város remek fekvésének köszönhetően nemcsak a Földközi-tenger keleti részének áruforgalmát, hanem a Vörös-tengeren át Indiába tartó kereskedelmi útvonalakat is uralta. Alexandria a római kor kezdetére (i. e. 30) igazi világvárossá vált, melynek lakossága – egyes kutatók szerint – akár az egymillió főt is elérhette.

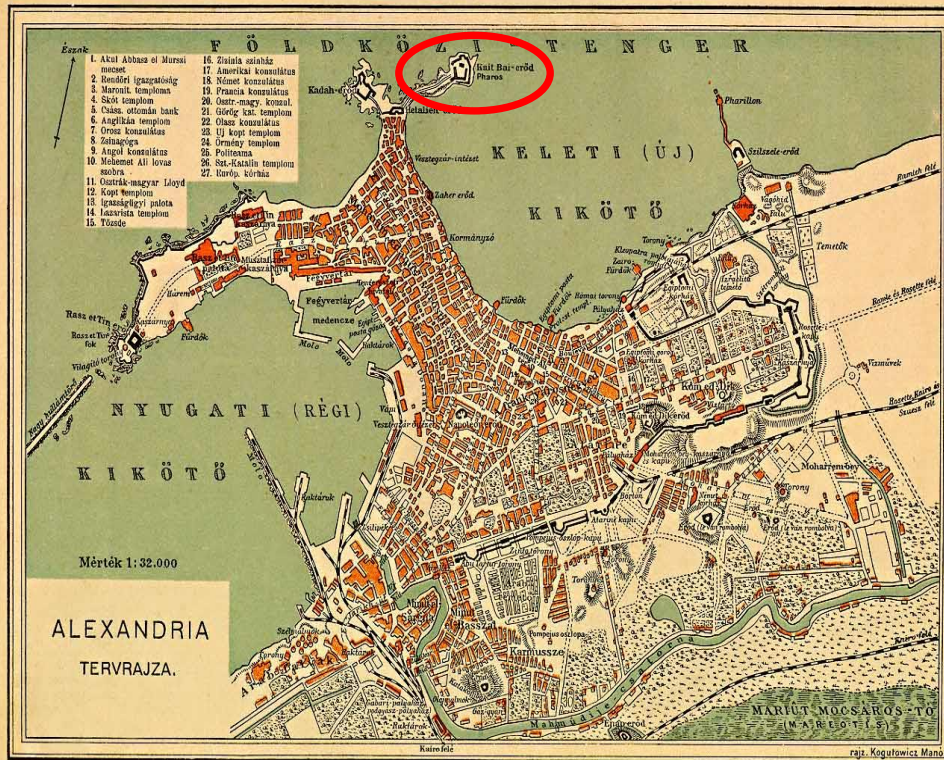
**Leghíresebb alkotások: Világítótorony és Könyvtár**







## ALEXANDRIA



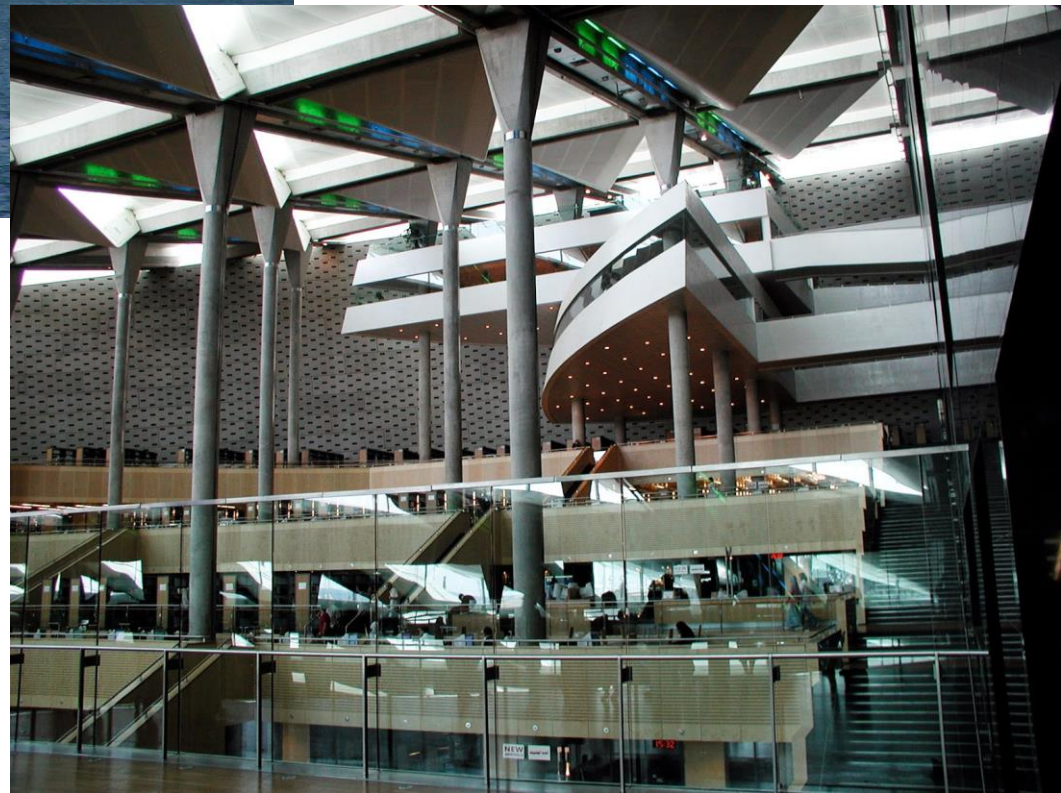
SCALE 1:7,260,000  
100 150 200 Kilometers  
50 100 150 200 Miles  
Lambert Conformal Conic Projection,  
standard parallels 12°N and 38°N

- International boundary
- ★ National capital
- ⊙ Governorate capital
- Railroad
- Expressway
- Road
- - - Track





Alexandria és a Könyvtár ma



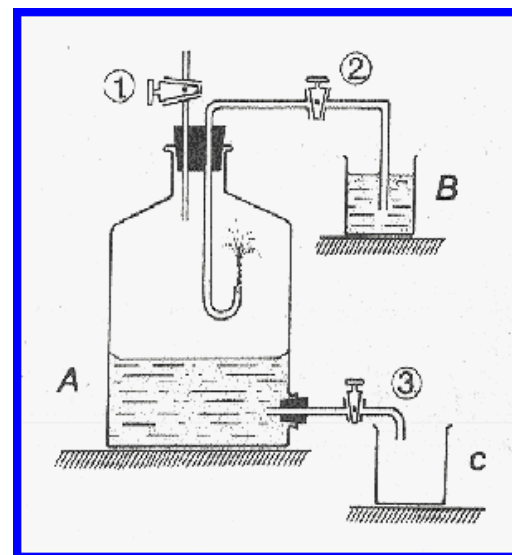
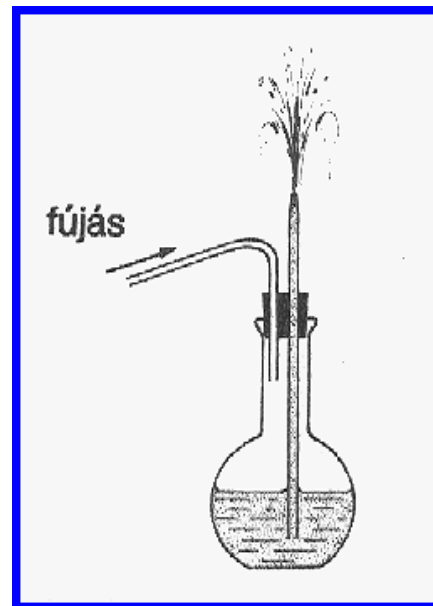


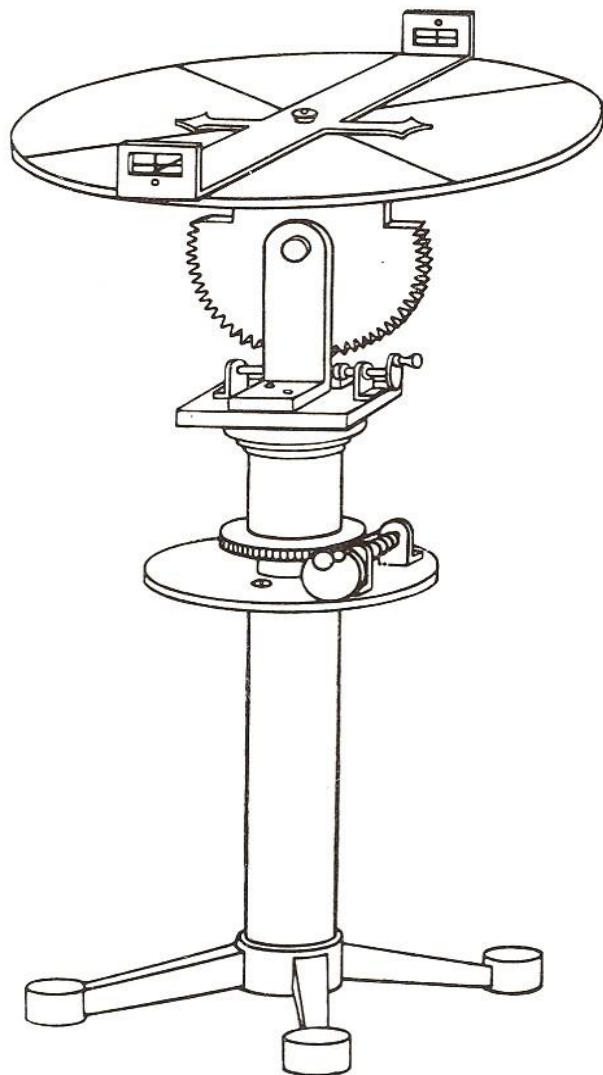


Heron (? – 62)

Heron-labda: a gőzgép  
őse

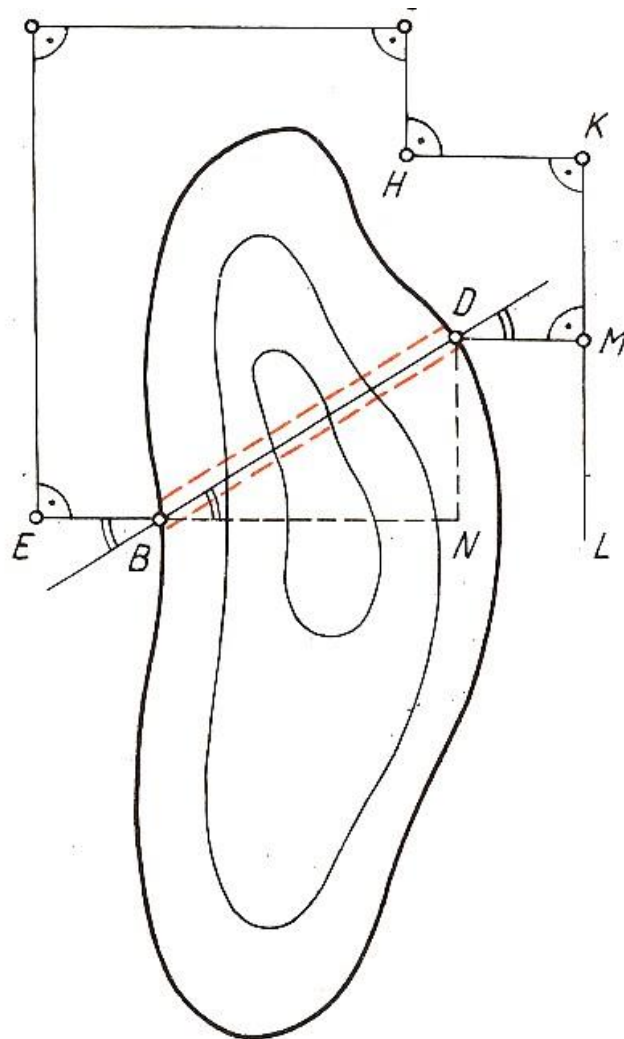
Heron-szökőkút verziók



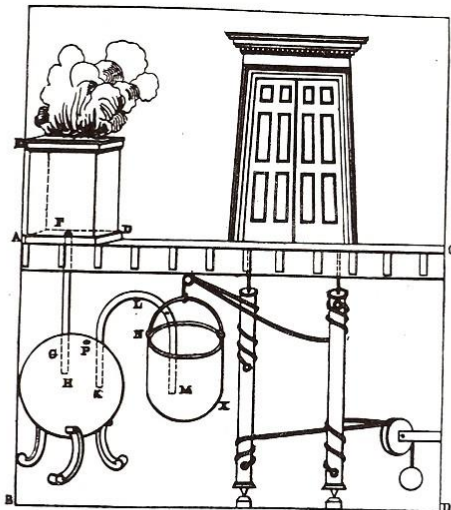


1.4–17 ábra  
Héron dioptriája (SCHÖNE rekonstrukciója)

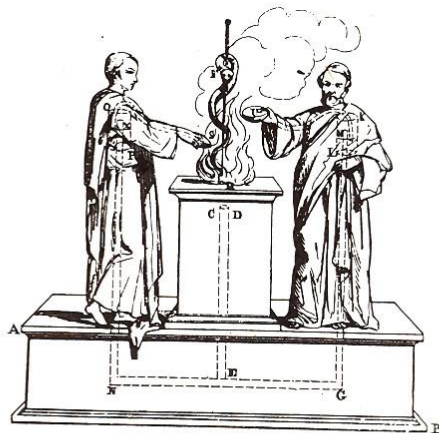
dioptra



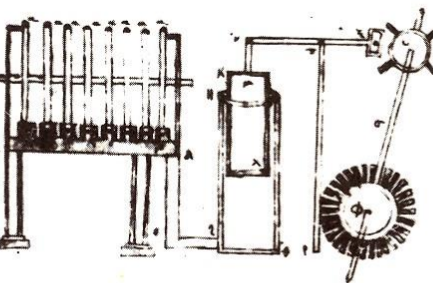
1.4–18 ábra  
Héron szerint így kell egy alagút fúrását egy időben mindkét oldalról elkezdni



a) Az áldozati tűz által felmelegített levegő automatikusan kitarja a hívó előtt a szentély kapuját



b) Az áldozati tűz hatására itt a kígyó sziszegni kezd, az emberi alakok pedig tömjént szórnak a tűzre

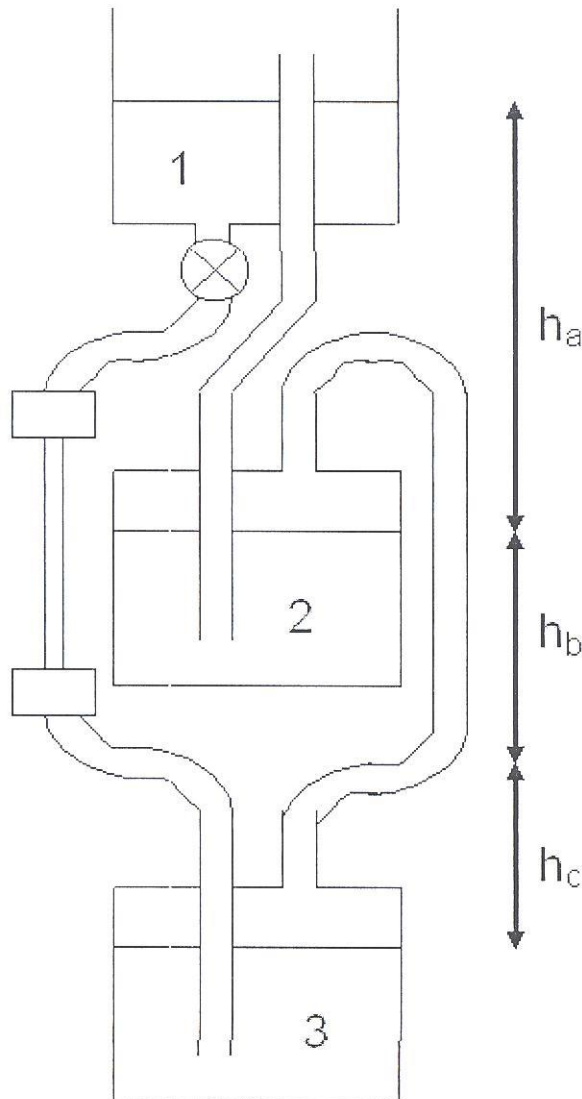


d) Heron híres készüléke, az első gőzgép: a hajtóerőt a nagy sebességgel kiáramló gőz reakcióereje szolgáltatja: működésének elve tehát a mai rakétákéhoz hasonlítható

e) Vízi orgona; a működéséhez szükséges nagy mennyiségű levegőt víz nyomja a sípokba. Az energiát gyakran szélkerekek szolgáltatták

1.4–21 ábra

Alexandriai készülékek. Az a és b ábra egy XIX. századi kiadásból, a c, d és e ábra viszont a ránk maradt legrégebbi kéziratból való [1.6]



1. ábra: A berendezés vázlatos rajza

## HÉRON KÚTJA

A csap kinyitása után a 3 tartály fölötti levegő nyomása

$$p = p_0 + \rho g (h_a + h_b + h_c)$$

Az összekötő cső ezt a levegő nyomást viszi át a 2 tartály felső részébe. Ez a nyomás ebből a tartályból a vizet az 1 tartályon átvezető csövön „szökőkút” szerűen kinyomja. A víz nyomása a kiömlés helyén

$$p = p_0 + \rho g (h_b + h_c)$$

Végeredményben a 2 tartály vize átkerül a 3 tartályba. A víz helyzeti energiájának csökkenése teszi lehetővé azt, hogy a szökőkút vize az 1 tartály szintje fölé jusson.

**Szemléltetése videóval**



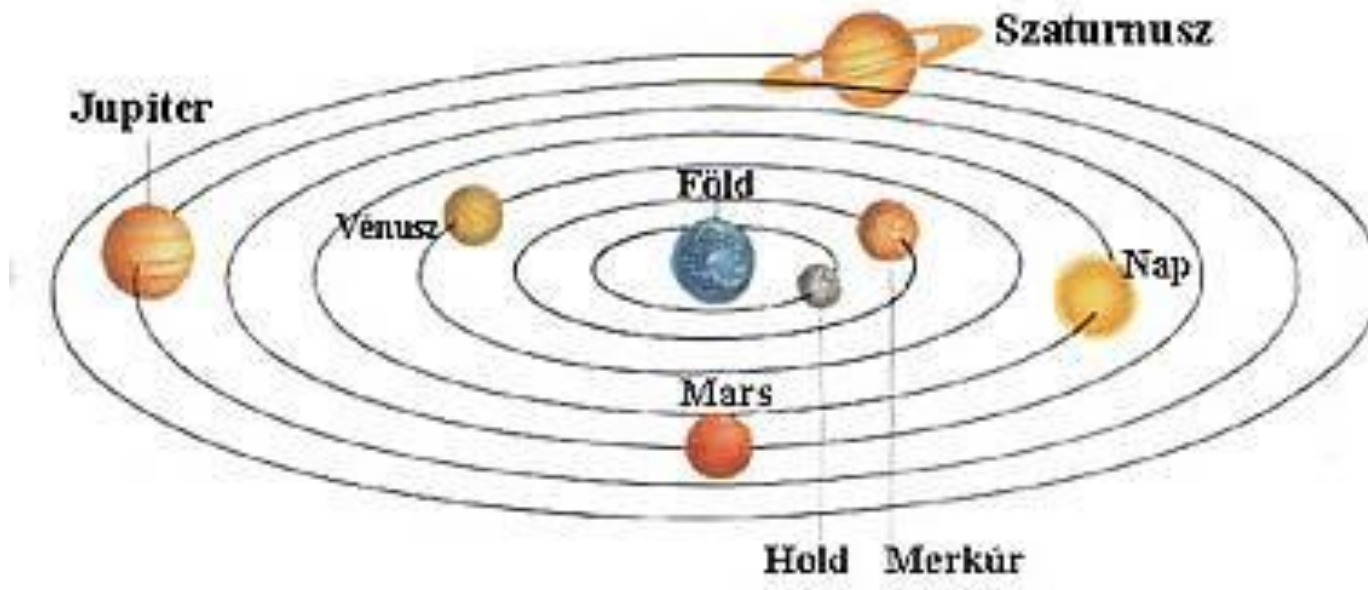
## LÉRŐNKÍTEL



t

ül  
k

# Az ókor csillagászata



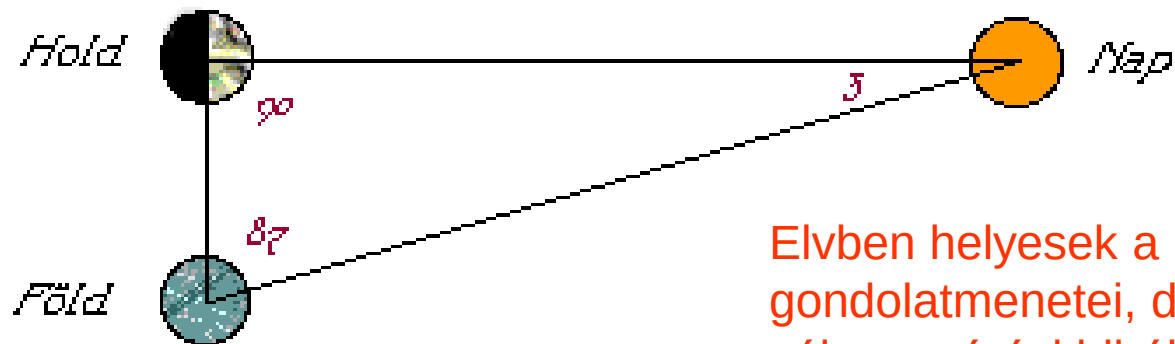
A Nap és Hold mellett már ismert az 5 szabad szemmel is látható bolygó

Tudják a Nap- és Holdfogyatkozás okát, de nem tudják az abszolút távolságokat

# Arisztarkhosz (i. e. 320-250)

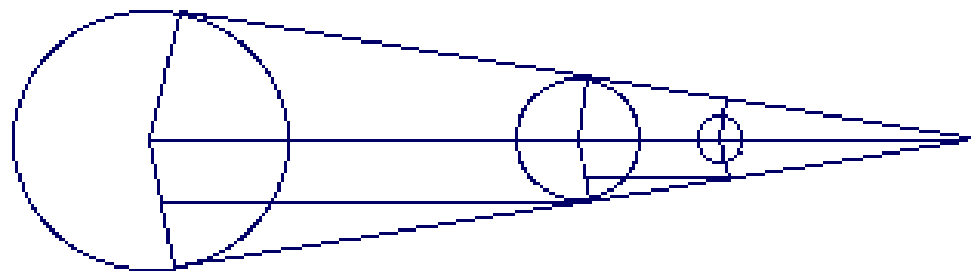
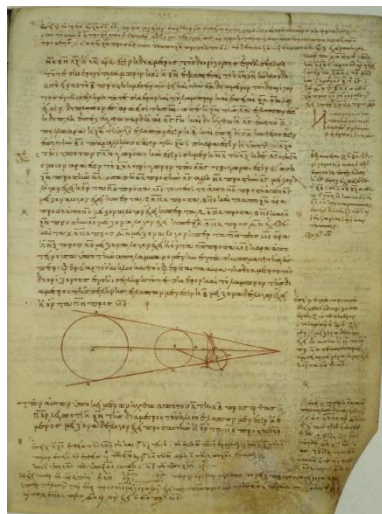
## A kozmosz méretei

- a Hold és a Nap távolságainak aránya



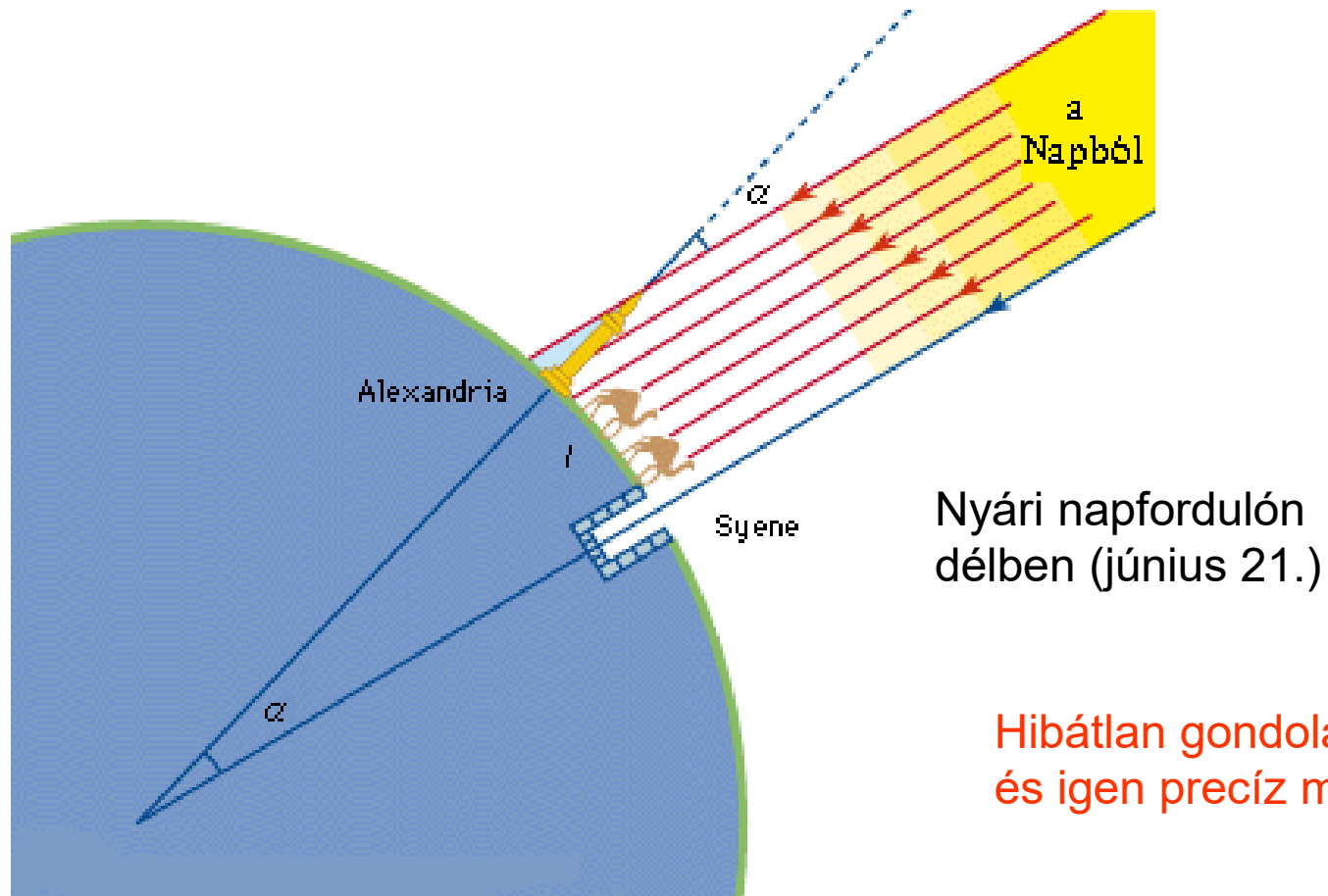
Elvben helyesek a gondolatmenetei, de igen súlyos mérési hibákat vétett!

- a Hold és a Nap átmérőinek aránya



– Eratoszthenész (i. e. 275-194)

- a Föld kerülete



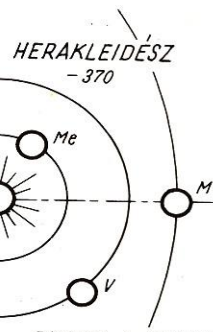
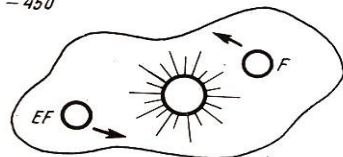


| Név<br>időpont          | $\frac{D_H}{D_F}$   | $\frac{D_N}{D_F}$ | $\frac{t_{HF}}{D_F}$ | $\frac{t_{NF}}{D_F}$ | $\pi D_F$          | megjegyzés                                                                                                                                         |
|-------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | ma elfogadott érték |                   |                      |                      |                    |                                                                                                                                                    |
|                         | 0,27                | 108,9             | 30,2                 | 11 726               | 40 000 km          |                                                                                                                                                    |
| Arisztarkhosz<br>- 270  | 0,36                | 6,75              | 9,5                  | 180                  |                    | $\alpha_H \sim \alpha_N \sim 2^\circ$<br>a helyes 30' helyett<br>$\alpha_{HN} \sim 87^\circ$<br>a helyes 89°52' helyett                            |
| Eratoszthenész<br>- 230 |                     |                   |                      |                      | 252 000<br>stádium | 36 000 - 46 000 km-nek<br>felel meg<br>1st { egyiptomi: 157 m<br>görög: 180 m<br>késő egyiptomi: 211 m                                             |
| Hipparkhosz<br>- 150    | 0,33                | $12\frac{1}{3}$   | $33\frac{2}{3}$      | 1245                 |                    | 1 stádium = 600 láb                                                                                                                                |
| Poszeidóniosz<br>- 90   | 0,157               | $39\frac{1}{4}$   | $26\frac{1}{5}$      | 6550                 | 180 000<br>stádium | Lehet, hogy ez ekvivalens<br>a 252 000 stádiummal,<br>Eratoszthenész értékétől<br>való eltérést talán csak a<br>másfajta stádium-egység<br>okozza. |
| Ptolemaiosz<br>150      | 0,29                | 5,5               | 29,12                | 605                  | 180 000<br>stádium |                                                                                                                                                    |

#### 1.4 – 1 táblázat

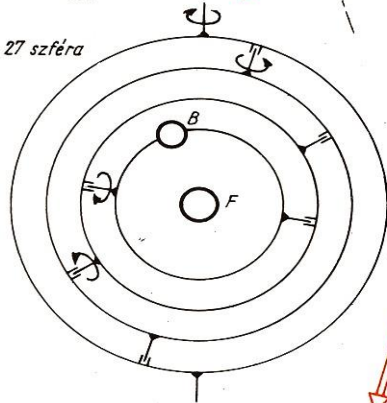
A kozmosz méretei:  $D_H$ ,  $D_N$ ,  $D_F$  rendre a Hold, a Nap és a Föld átmérőjét,  $t_{HF}$ ,  $t_{NF}$  pedig a Hold, illetve a Nap Földtől mért távolságát jelenti. A piros számok a ma elfogadott értéket adják

PÜTHAGORASZ - PHILOLAOSZ  
~ -450

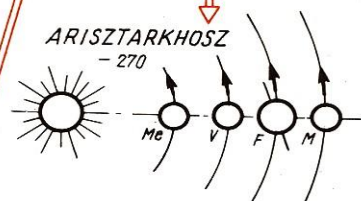


EUDOXOSZ  
-370

27 szféra



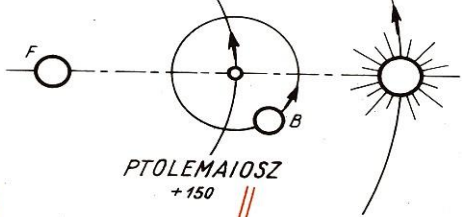
TYCHO de BRAHE  
1600



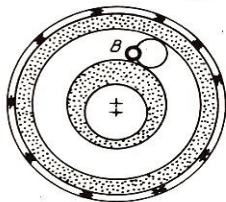
ARISZTOTELESZ  
-340

HIPPARKHOSZ  
-150

KOPERNIKUSZ  
1543



PTOLEMAIOSZ  
+150



1.4-13 a ábra

PTOLEMAIOSZ szobra egy középkori katedrálisban. Ptolemaiosz - latinosan Claudius Ptolemaeus (i. sz. 120-160) életéről nagyon keveset tudunk. Hadriánusz császár alatt működött Alexandriában. Legnagyobb hatású műve a ptolemaioszi csillagászati rendszert magában foglaló, eltorzított arab nevén ránk maradt *Almagest* (Megale Szüntakszisz).



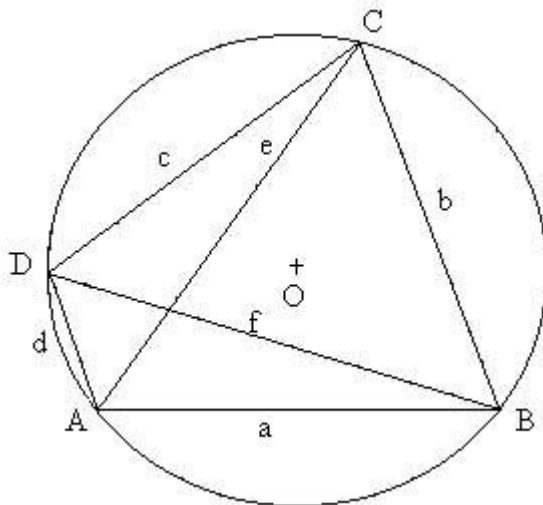


**Klaudiosz Ptolemaiosz** (görög: *Κλαύδιος Πτολεμαῖος*, latin: Claudius Ptolemaeus) (Ptolemais Hermiou, Kr.u. 90. k. – Alexandria, Kr. u. 168. k.), görögül író, Egyiptomban élő, római polgárjoggal rendelkező matematikus, csillagász, geográfus, asztrológus és költő. Ptolemaiosz számos tudományos értekezés szerzője volt, melyek közül legalább három folyamatos jelentőséggel bírt a későbbi iszlám és európai tudomány számára.

Almagest

Geográfia,

Apoteleszmatika kísérlet a horoszkopikus asztrológia és kora arisztotelészi természetfilozófiájának adaptálására.



*Ptolemaiosz-tétel: A körbe írt négyszög átlóinak szorzata egyenlő a szemközti oldalak szorzatának összegével.*

*Jelöléssel:*

$$AB \cdot DC + BC \cdot AD = AC \cdot BD$$

$$ac + bd = ef$$

# Almagest *(matematikai csillagászat)*

Klaudiosz Ptolemaiosz (i. sz. 150 körül)

A csillagászok számára ez a mű jelentette az ókori csillagászati világkép összegzését, a keresztény világnézet alapjául szolgáló geocentrikus világkép legelső teljes körű tudományos igényű leírását. A könyvben lefektetett számítások alapján a bolygók mozgásának addigi legtökéletesebb leírásával szolgált.

A mű másik nagy jelentőségű hagyatéka a csillagászok számára Hipparkhosz csillagpozícióinak újraközlése. Hipparkhosz több mint ezer csillag ekliptikai koordinátáit és fényességadatait mérte ki és rögzítette, ám az ő munkásságának írott emlékei javarészt elvesztek. Ptolemaiosz viszont rögzítette az Almagestben, így a világ számára fennmaradt az ókori világ csillagos egének tudományos pontossággal leírt képe. A fényességbecslések jelentősége máig hat: a csillagászok ma is a hipparkhoszi-ptolemaioszi fényességmérési rendszert, a csillagok magnitúdó alapján történő osztályozását használják.

Az Almagest nemcsak csillagászati mű volt, hanem a matematikusoknak is tartogatott alapvetéseket. A mű a legkorábbi fennmaradt írásos emlék a trigonometriai számításokról.



Az Almageszt 13 könyvet tartalmaz:

I. Könyv: Arisztotelész kozmológiája

II. Könyv: a kozmoszbeli objektumok napi mozgása

III. Könyv: a Nap mozgása, az év hossza

IV. és V. Könyv: a Hold mozgása, valamint a Nap, a Hold és a Föld mérete és távolsága

VI. Könyv: a napfogyatkozások és holdfogyatkozások

VII. és VIII. Könyv: az álló csillagok mozgása, a tavaszpont precessziója, valamint egy csillagkatalógus 1022 csillag pozíciójával és csillagképekkel. Ez a könyv vezeti be a csillagászatban ma is használatos, a csillagokat látszó fényességük alapján besoroló osztályozási rendszert

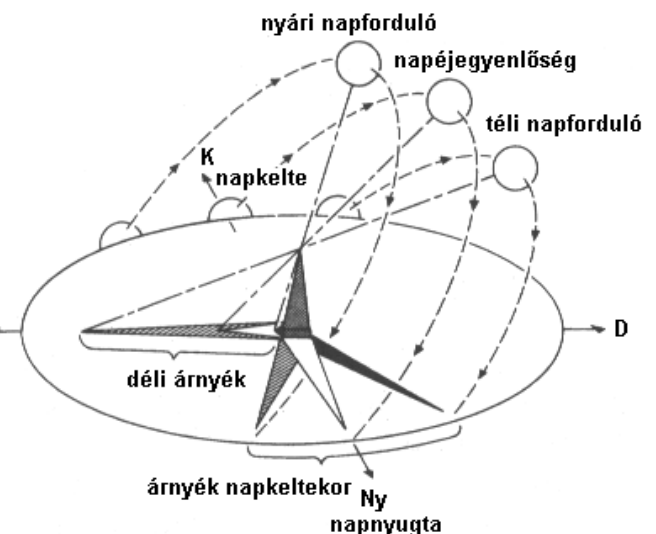
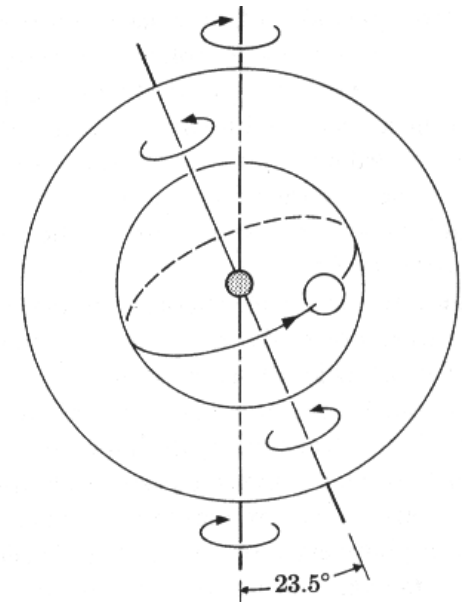
IX. Könyv: az ókorban szabad szemmel is megfigyelhető öt bolygó keletkezésének modellje és a Merkúr keringésének megfigyelési adatai

X. Könyv: A Vénusz és a Mars mozgása

XI. Könyv: A Jupiter (bolygó) és a Szaturnusz mozgása

XII. Könyv: A bolygók látszólagos hátráló mozgása, valamint egy helyben állása a keringés során a csillagos háttérhez képest.

XIII. Könyv: A bolygók pályájának legmagasabb pontjai és az ekliptikától való eltérélygései

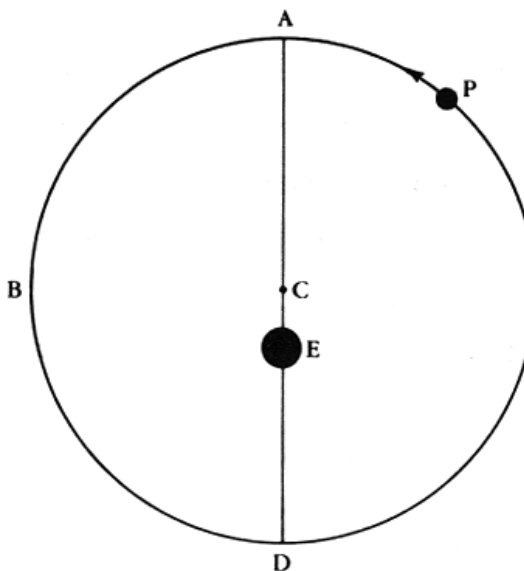
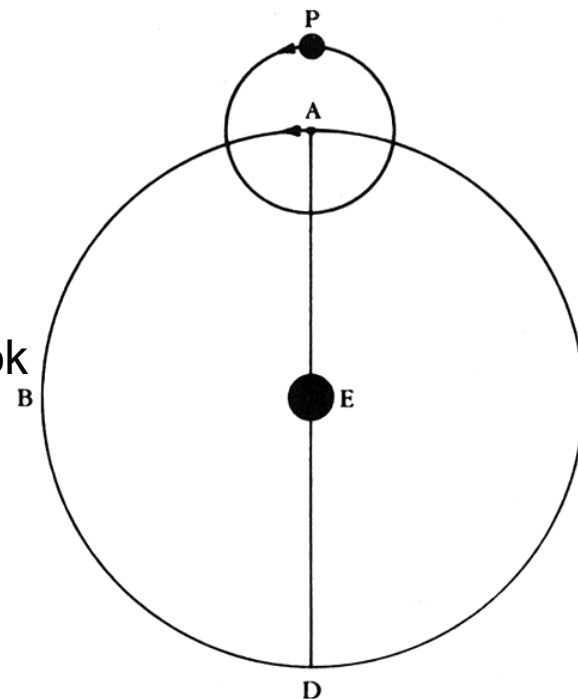
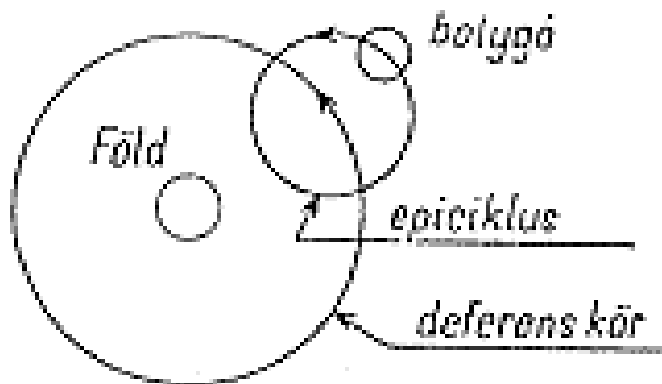


A probléma mai szemmel:

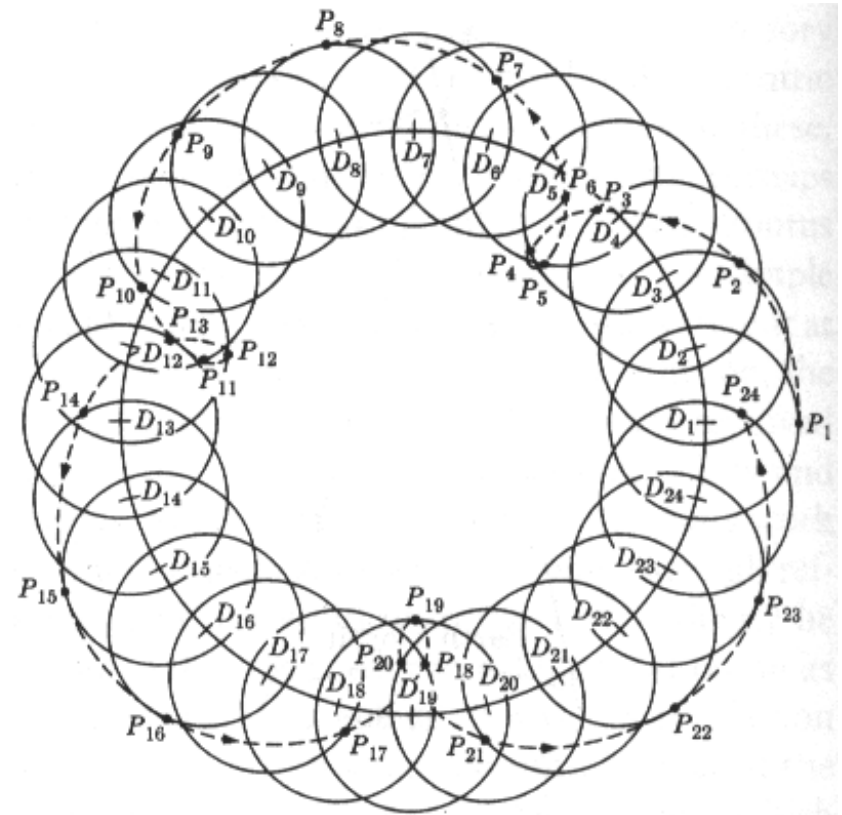
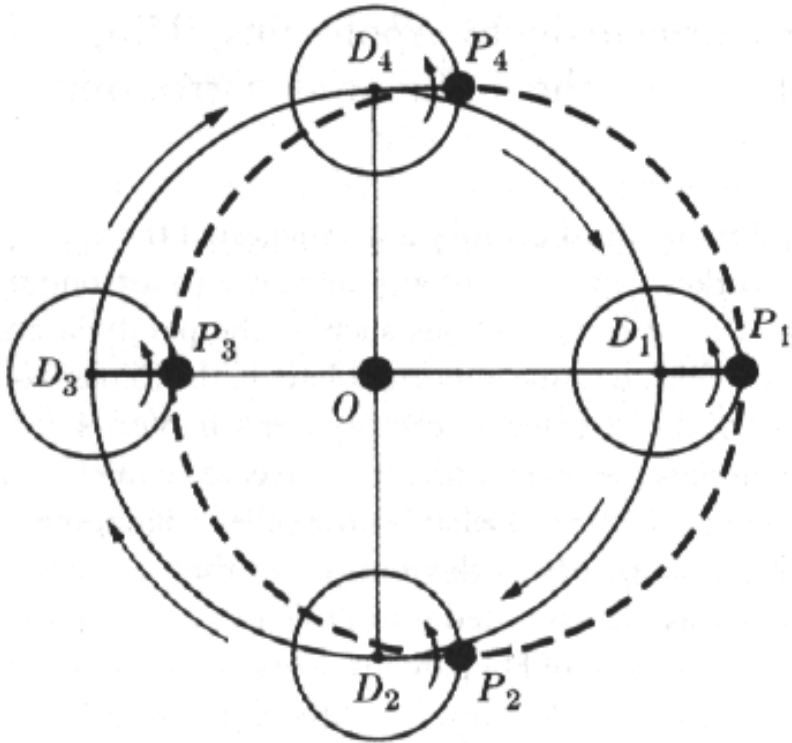
Az égitestek mozgását a mozgó Földről látjuk

Az ellipszist körökből nehéz összerakni

→ kellenek az epiciklusok

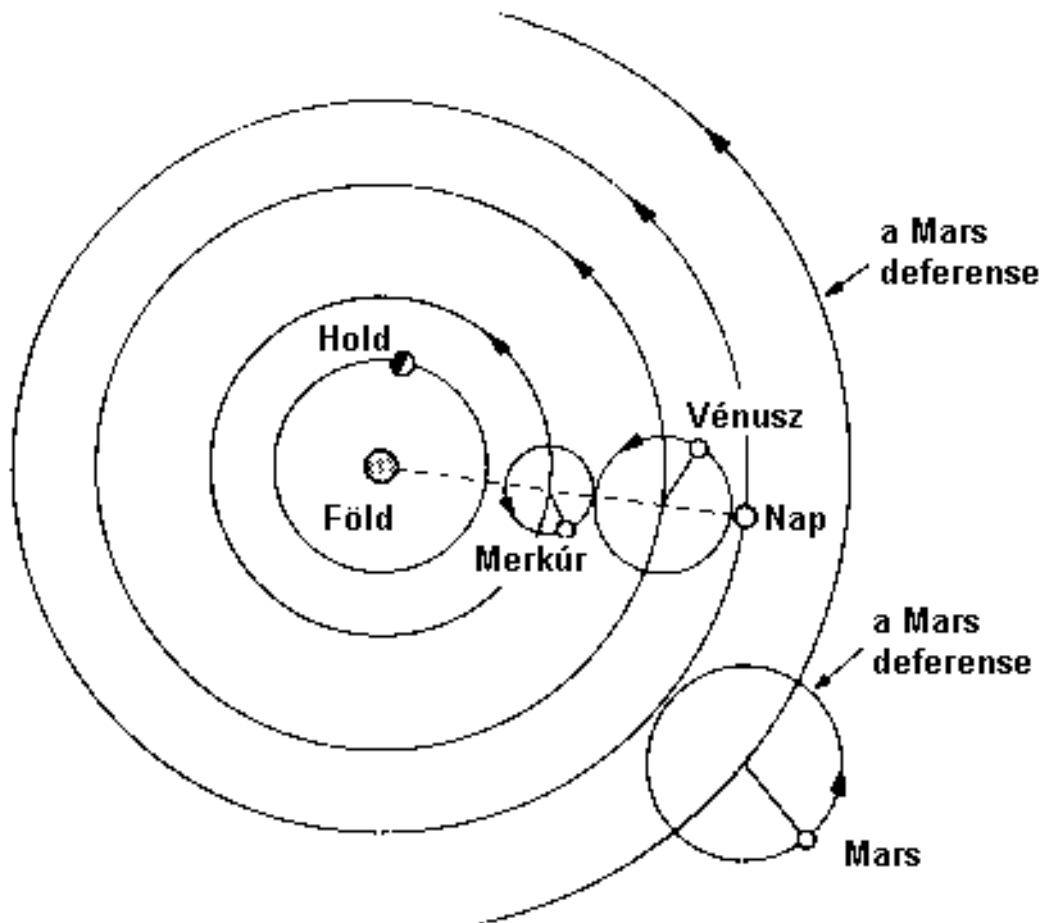
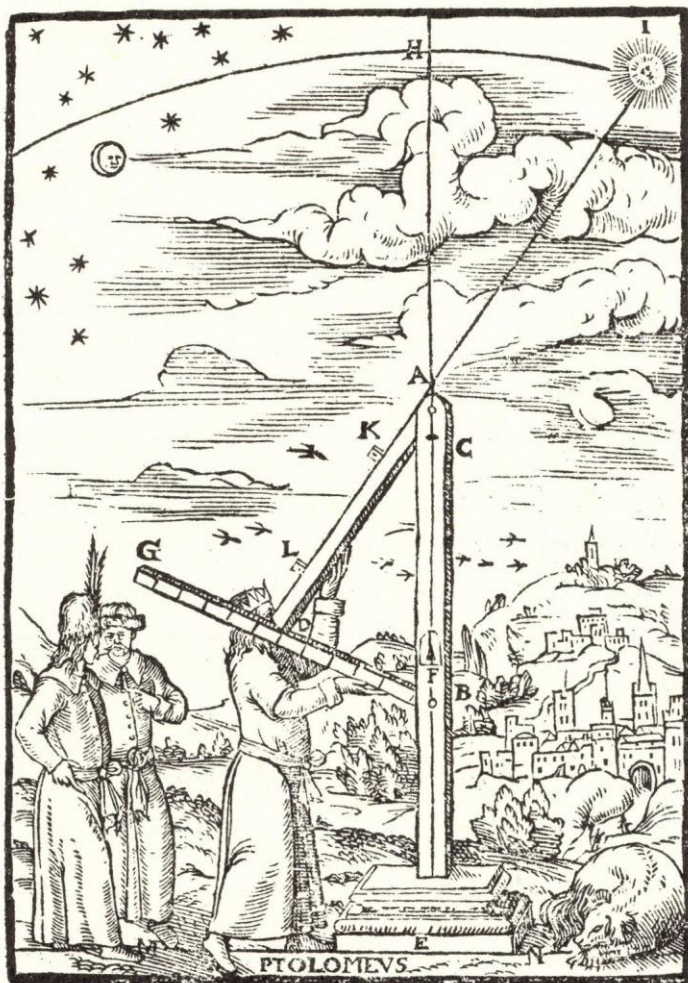


- excentrikus pálya epiciklusos mozgásból



- epiciklusos mozgás visszafordulással

- Ptolemaiosz rendszere



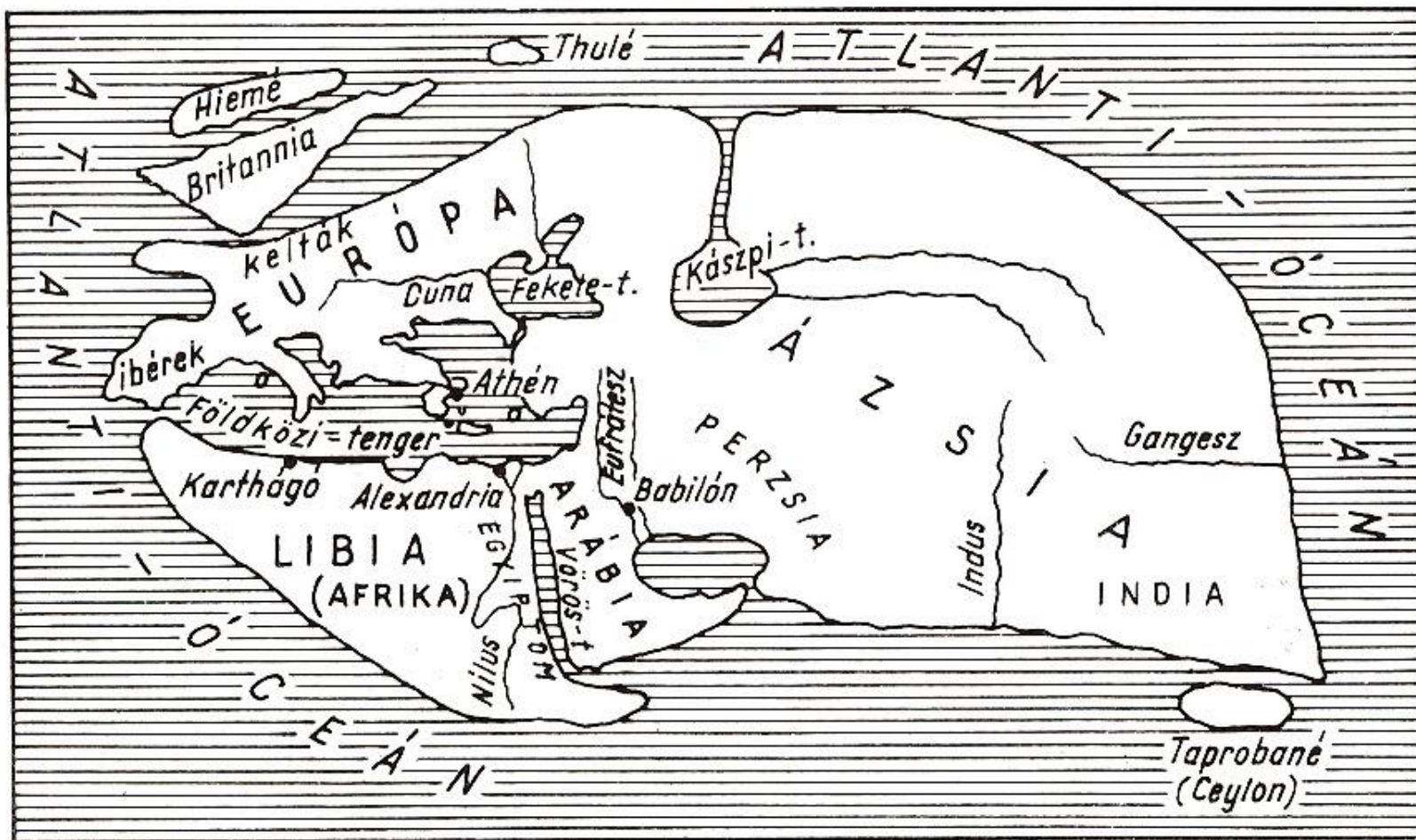


Az alábbiak közül melyik jellemzi leginkább Ptolemaiosz csillagászati rendszerét?

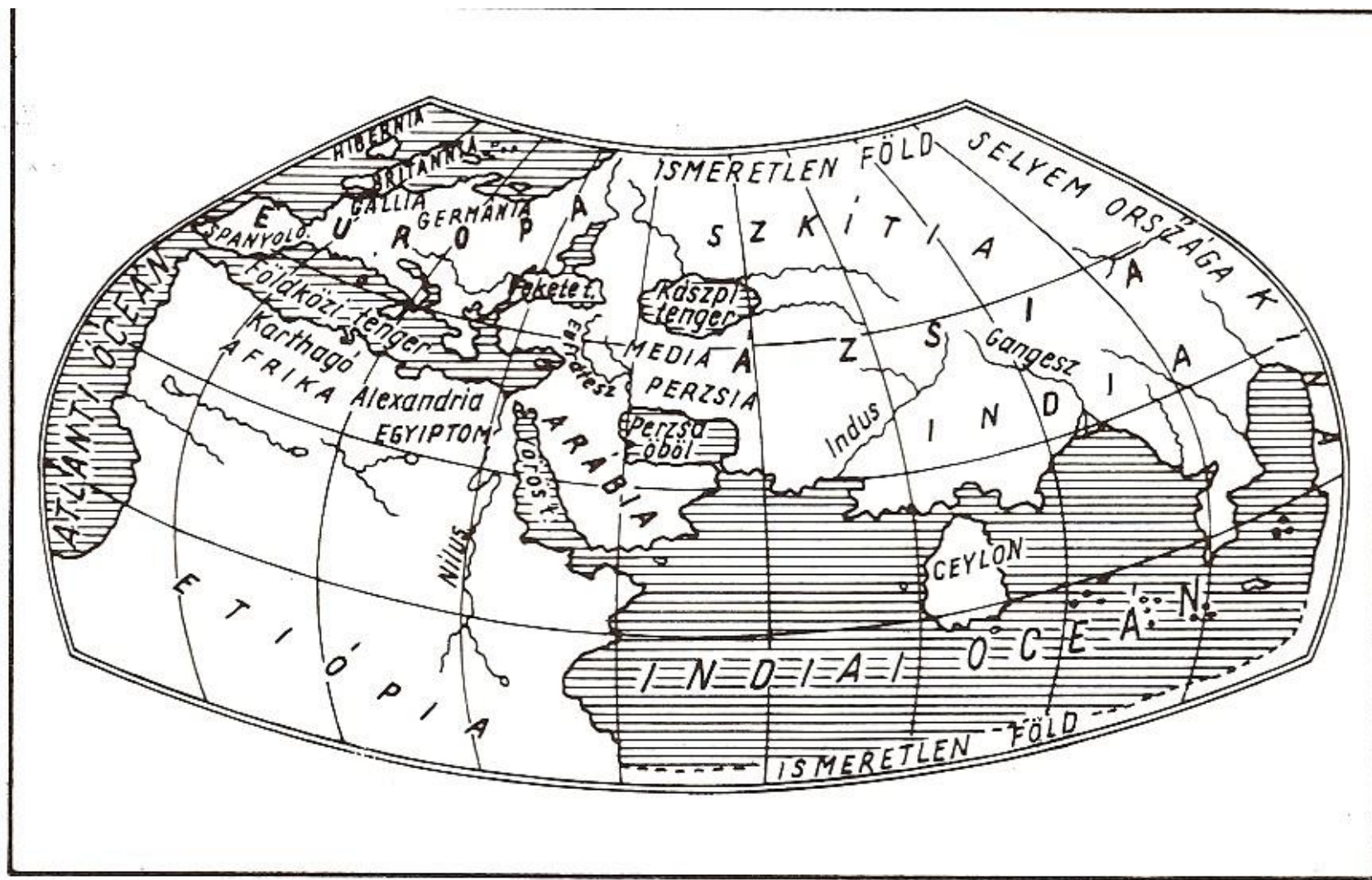
- a) a bolygók a Nap körül körpályán mozognak
- b) a bolygók a Nap körül epiciklusos pályán mozognak
- c) a bolygók a Föld körül körpályán mozognak
- ☒ d) a bolygók a Föld körül epiciklusos pályán mozognak

Hány bolygót ismertek az ókorban (a Földet nem számítva)?

- a) 3 (Vénusz, Mars, Jupiter)
- b) 4 (Merkúr, Vénusz, Mars, Jupiter)
- ☒ c) 5 (Merkúr, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz)
- d) 6 (Merkúr, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz, Uránusz)



Eratoszthenész térképe i. e. 250-ből



Ptolemaiosz térképe i. sz. 250-ből

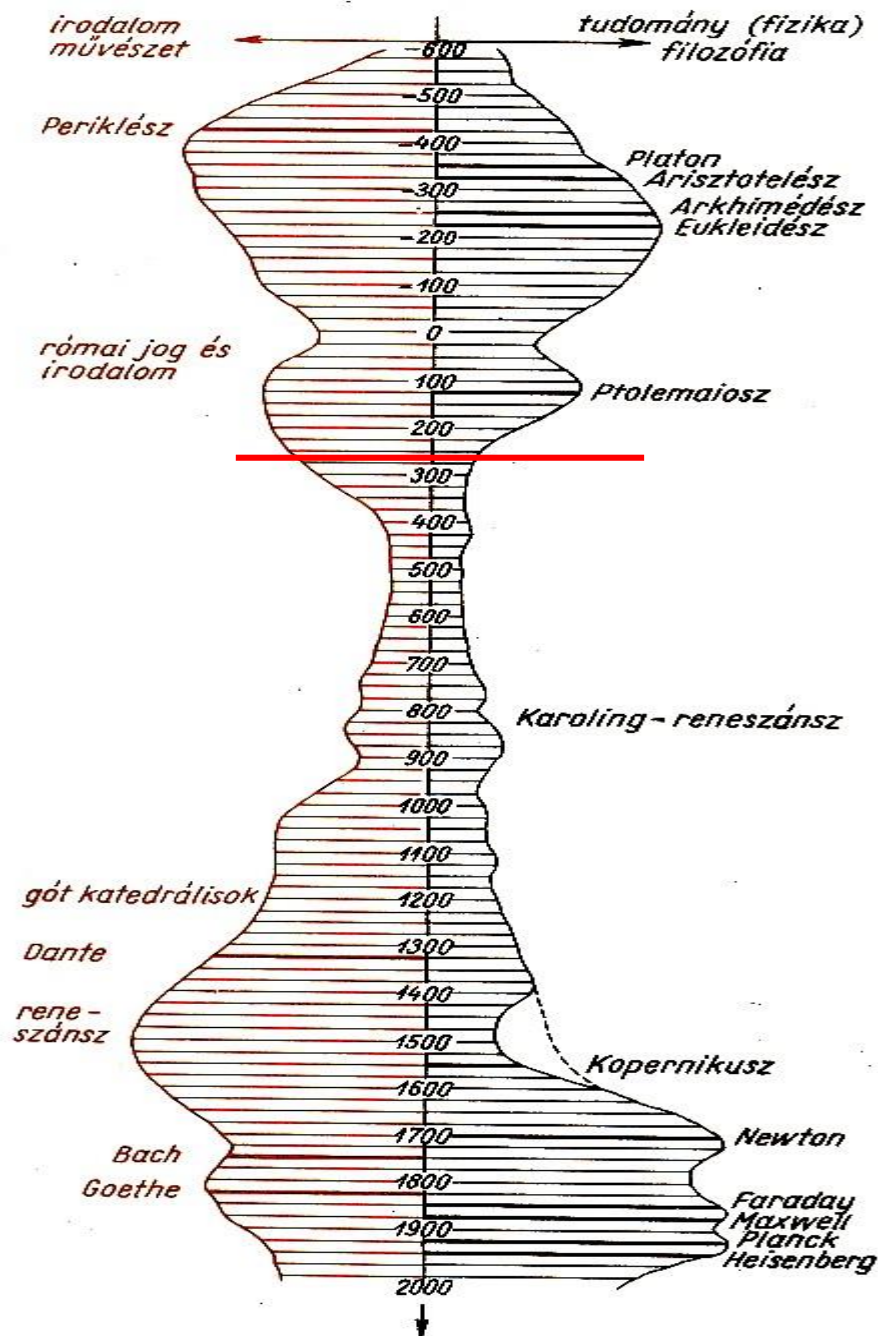
Párosítsuk össze a fizikusokat (csillagászokat) és a „felfedezésüket”!

- 1) a peripatetikus dinamika
- 2) a testek egyensúlya
- 3) a bolygók a Föld körül epiciklusos pályán mozognak
- 4) a Föld kerületének első helyes megmérése

- a) Eratoszthenész
- b) Ptolemaiosz
- c) Arisztotelész
- d) Archimédész

|   | a | b | c | d |
|---|---|---|---|---|
| 1 |   |   | X |   |
| 2 |   |   |   | X |
| 3 |   | X |   |   |
| 4 | X |   |   |   |





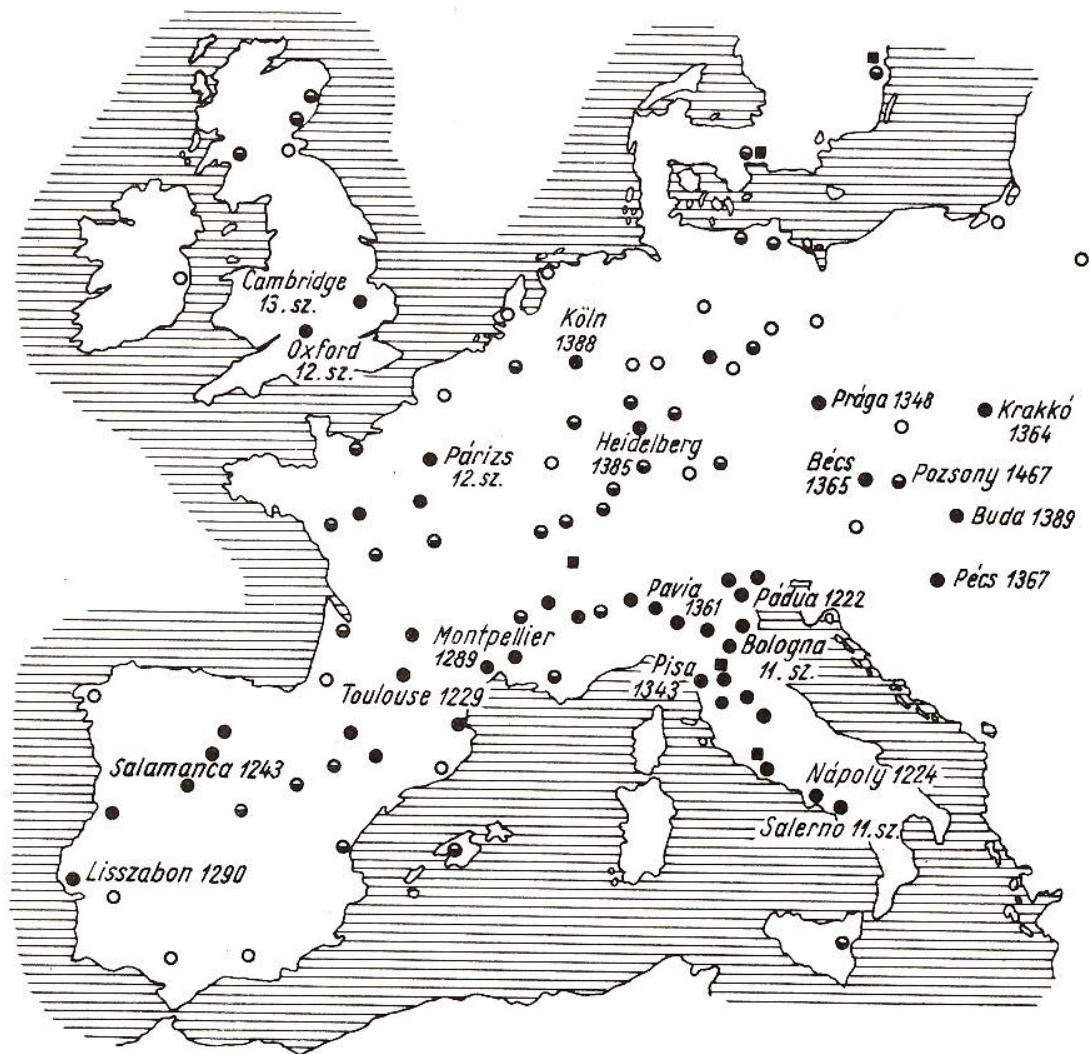
Az  
intellektuális  
tevékenység  
intenzitásának  
idődiagramja

Miért rekedt meg a tudományok fejlődése az ókorban?

- A termelő munkának nem volt társadalmi megbecsülése.
- A tudomány és a gyakorlat kapcsolata hiányzott.
- Rabszolga munka ↔ a gépek hiánya
- A civilizált világ anyagi csődje.
- A római birodalom körül életerős, expanzív barbár törzsek.

## ***Volt-e fejlődés a középkorban?***

- A termelőmunka társadalmi megbecsülésének fejlődése
- Technikai találmányok: lószerszámok, mezőgazdasági eszközök és módszerek, a víz és a szél energiájának befogása, órák, szemüveg, könyvnyomtatás
- A termelékenység és az általános jólét növekedése (megtorpanásokkal)
- Az intézményes oktatás terjedése



## 2.1 – 18 ábra

Az egyetemek elterjedése. Bejelöltük azokat az utakat is, amelyeken az antik ismeret eljutott Nyugatra

A tele kör a XV. század előtt, a félig tele kör a XV. században, az üres kör pedig a XVI. században alapított egyetemeket jelöli.

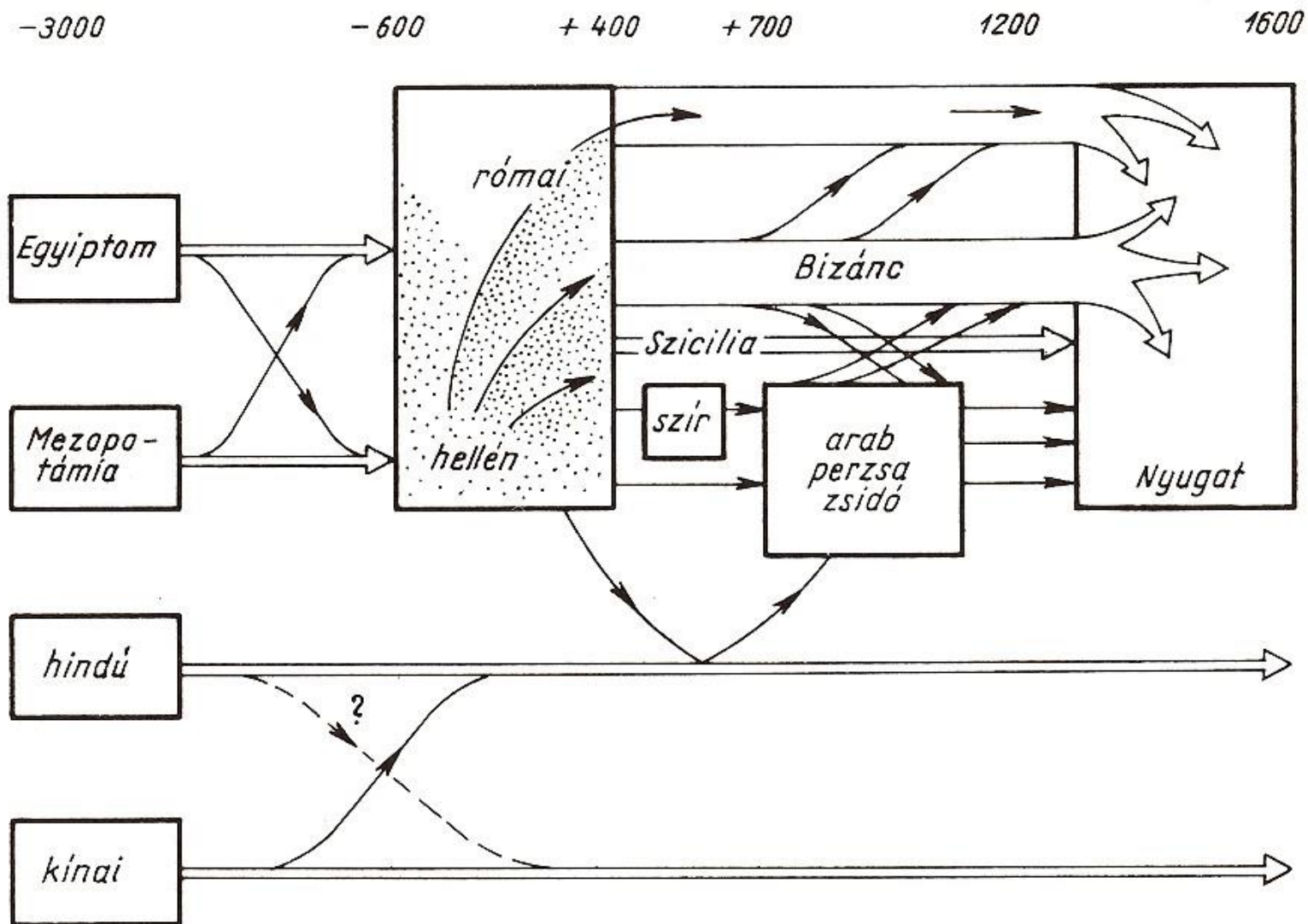
Magyar vonatkozások:

Az 1367–1400 között működő pécsi egyetemet Nagy Lajos, az óbudait Zsigmond, a pozsonyit pedig Vitéz János ösztönzésére Mátyás alapította.

1635-ben Pázmány Péter Nagyszombaton alapított egyetemet, amely 1777-ben Budára költözött; ennek közvetlen utódja a mai Eötvös Lóránd Tudományegyetem

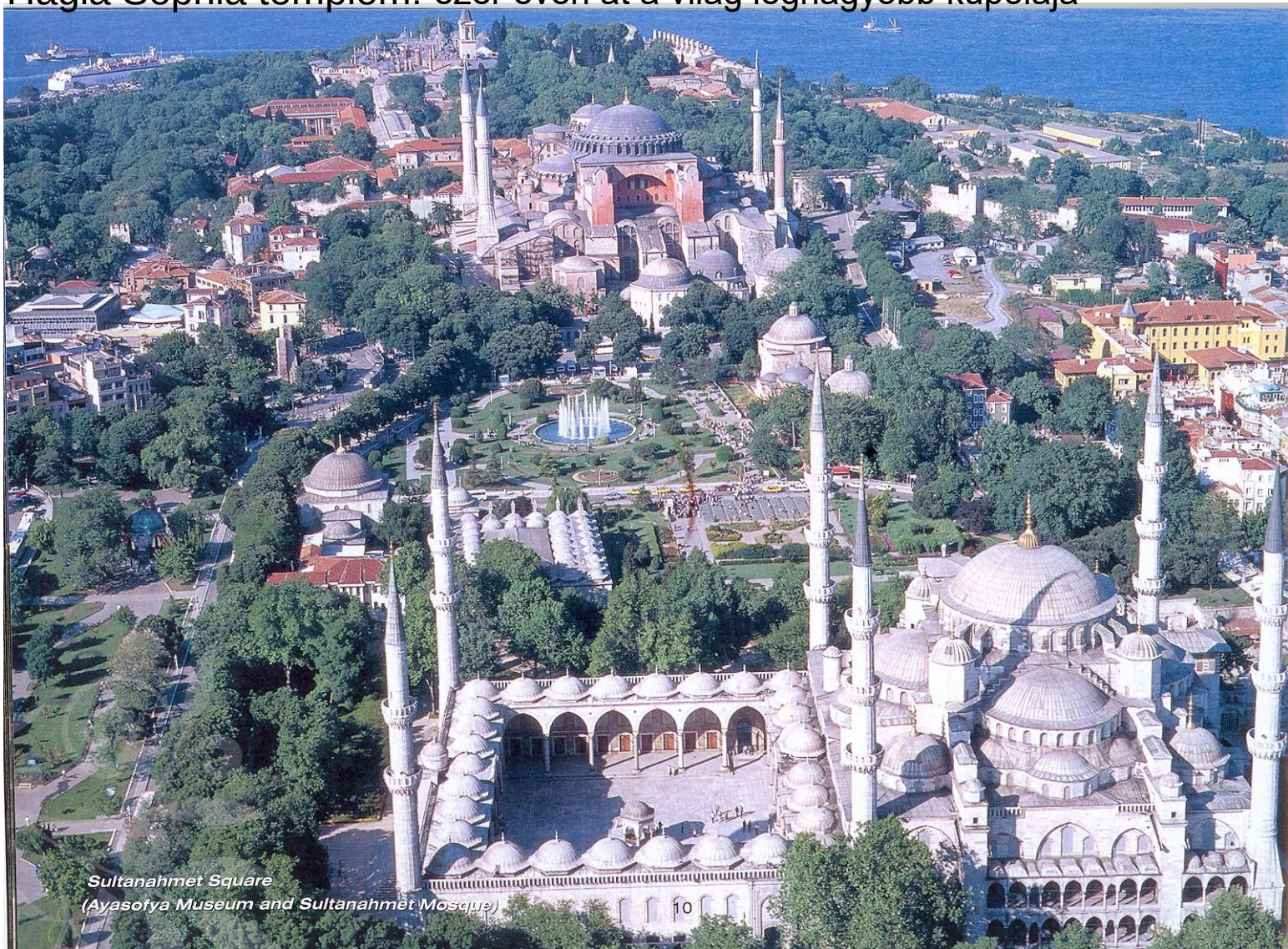


## A kulturális örökség útja





## Hagia Sophia templom: ezer éven át a világ legnagyobb kupolája

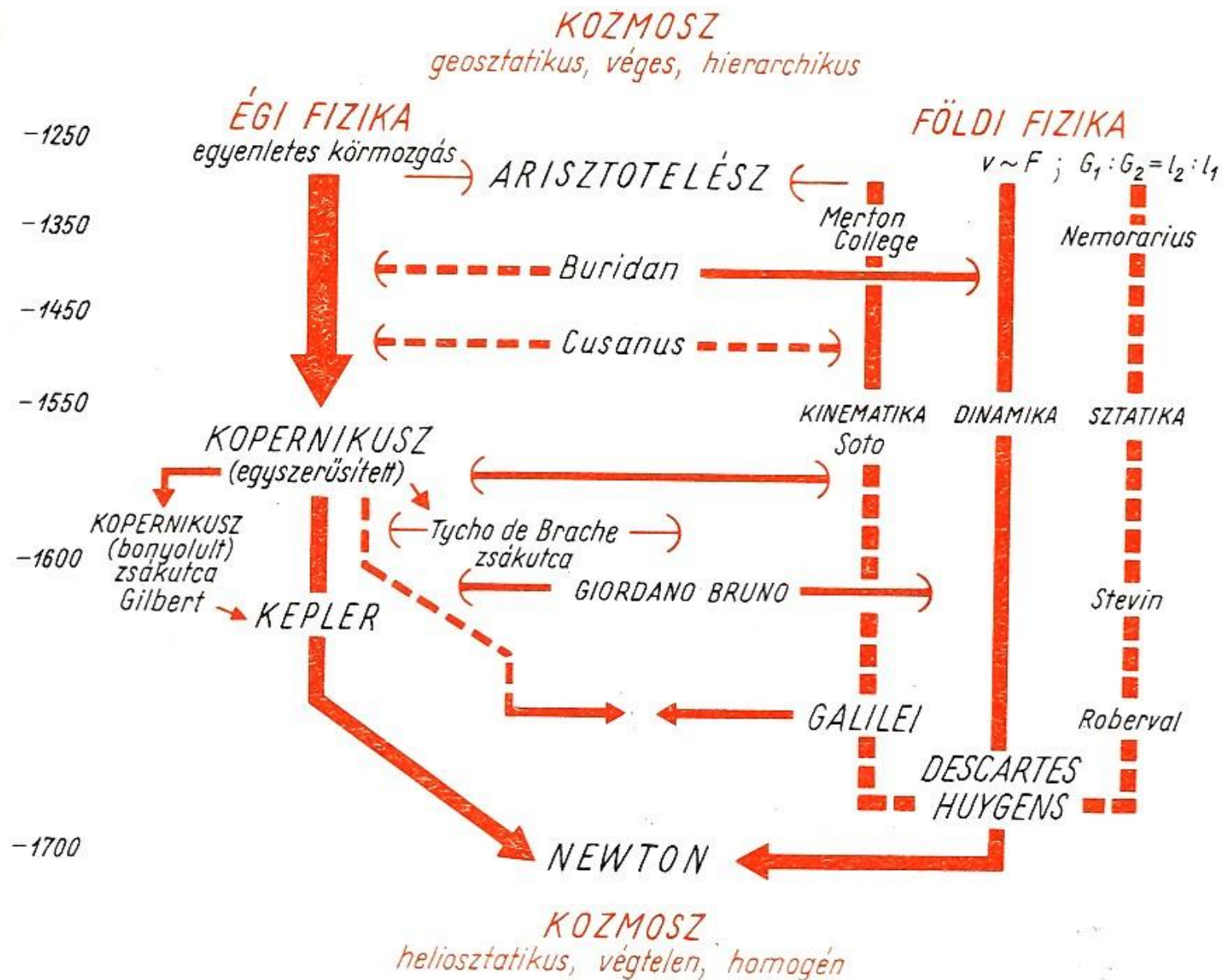


*Sultanahmet Square  
(Ayasofya Museum and Sultanahmet Mosque)*





Aquinói Tamás (Szent Tamás) 1224-1274. Itáliai filozófus, teológus, a skolasztika kiemelkedő alakja. A filozófia és teológia kapcsolatának tisztázása. A teljes Arisztotelészi életmű érvkészletét a teológia szolgálatába állította. **A Biblia és Arisztotelész összebékítése.**





**Az ókori fizika első meghaladói** (Arisztotelész tanainak bírálói):

**Nicole d'Oresme** (Nicolaus Oresmius) XIV. század: a kvalitások kvantitássá alakítása, intenzitások, grafikonok, az egyenletesen változó mozgás tanulmányozása, a Föld forog, nem a csillagos égbolt

**Buridan** impetuselmélete XIV. század : az eldobott test impetust szerez, amit az ellenállás lassan fölemészt, az égi mozgások a földi mozgások különleges esetei, mert „fönn” nincs ellenállás, „a gravitas egyre növeli az impetust”

**A reneszánsz hatása a fizika fejlődésére inkább negatív:** az ókor túlzott tisztelete miatt elvetik a jelen (kevésbé hibás) gondolatait, a gyorsan fejlődő művészet, nyelvészet, reformáció elvonja a szellemi energiákat a fizikától.

**A művészek tudománya: Leonardo da Vinci** (1452-1519) az akkori mechanikai ismeretek (rendszeretlen, csapongó) összegyűjtése + ?

# Rombolás és alapozás

3.2–4 ábra

NICOLAUS COPERNICUS (*Mikołaj Kopernik*) Toruńban született 1473-ban. Apja kereskedő volt. Püspök nagybátyja gondoskodott neveltetéséről apja halála után. Krakkóban, majd Bolognában, Paduában, Ferrarában (itt 1503-ban kánonjogi doktorátust tett) és Rómában tanult. Orvosi tanulmányokat is folytatott, és nagybátyja háziorvosaként is működött. 1512-től a Frauenburgi (Fromborki) dóm kanonoka lett anélkül, hogy pappá szentelték volna. Itt halt meg 1543-ban. Asztronómiai gondolatait az 1512-ben kéziratot formában körözött *Commentariolus* című könyvecskéjéből ismerte meg először a világ. Részletesebb leírását Rheticus wittenbergi professzor 1540-ben megjelent *Narratio prima* című munkája adja. Főműve, a *De revolutionibus orbium coelestium* 1543-ban Nürnbergben, halála évében jelent meg



## A kopernikuszi fordulat:

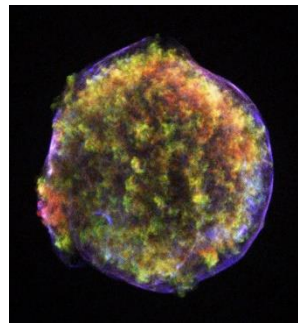
- A világegyetem középpontja a Nap, körülötte keringenek a bolygók, köztük a Föld is.
- A megfelelő pontossághoz kellenek a epiciklusok és a defensek.
- Pontossága egyezik a ptolemaioszi rendszerével, csak egy picit egyszerűbb, viszont a Föld mozog.
- Maradnak a kristályszférák, de a Föld csak egy bolygó → a földi és égi fizika nem különül el teljesen.



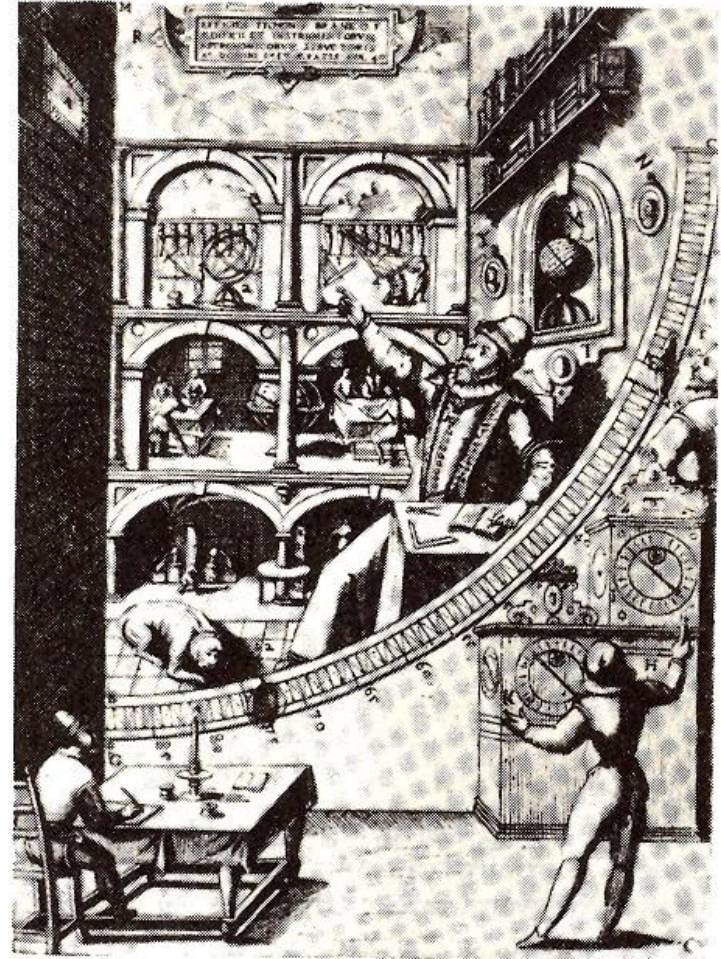
**Tycho de Brahe** kompromisszuma  
(1546-1601) (arany/ezüst orr, Ven szigetén  
Uraniborg felépítése, élete végén Prága,  
Kepler az asszisztense)



- A legpontosabb távcső nélküli csillagász, megfigyelésének pontossága 2' (a korábbi modellek maximális hibája kb 8')
- A Naprendszeren belül távolságokat is tudott mérni (3D)
- Szerencsés véletlenek:
  - 1572 nova, 1576 üstökös
  - változnak a csillagok is,
  - nincsenek kristályszférák.



A Tycho1572 szupernova maradéka jelenleg (távolság kb. 9000 fényév, tágalási seb. 10000 km/s)



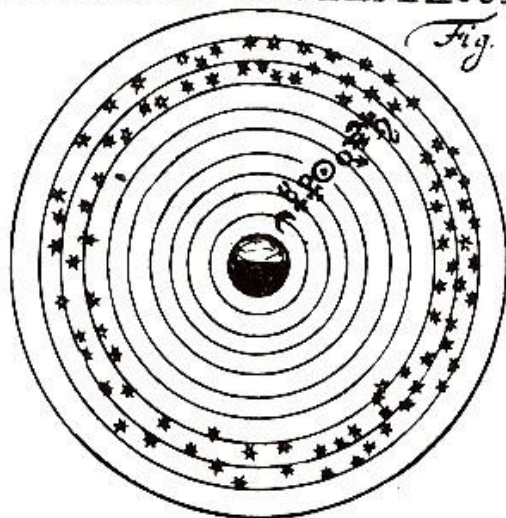
A 6 m átmérőjű kvadráns

- A Nap kering a Föld körül, de a többi a többi bolygó a Nap körül kering.



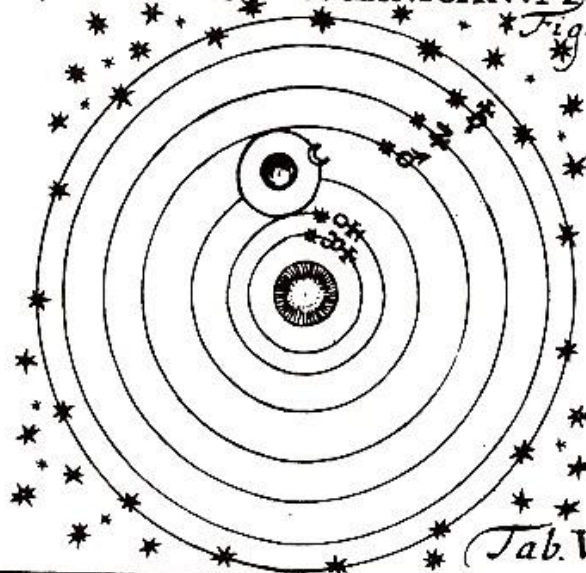
SYSTEMA PTOLEMAICUM

Fig. 45.



SYSTEMA COPERNICANVM

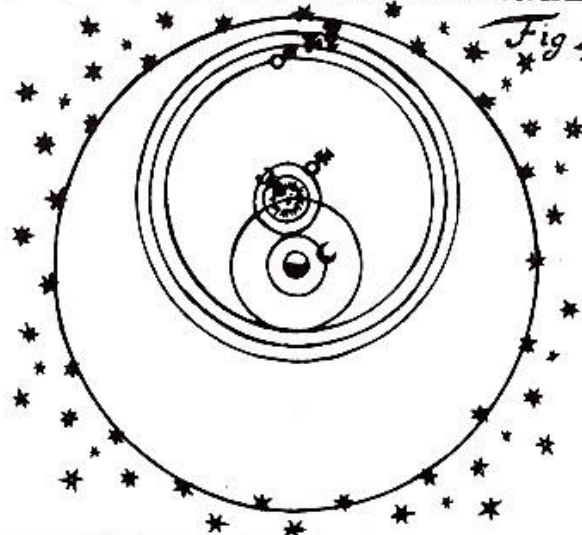
Fig. 46.



Tab. VI.

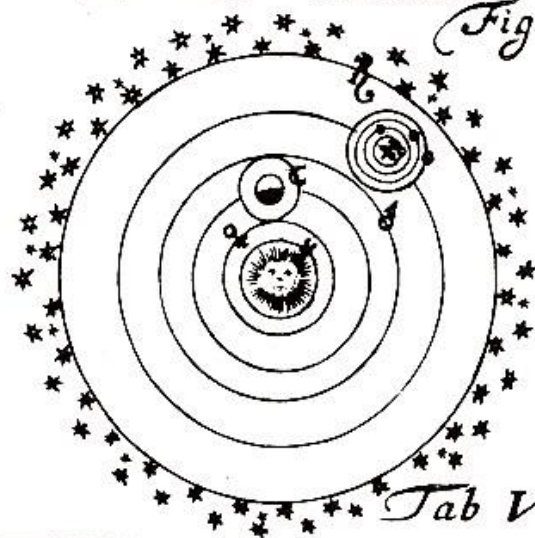
SYSTEMA TYCHONIS ABRAHE

Fig. 47.



SYSTEMA CARTESII.

Fig. 48.



Tab VII.



### 3.2 – 17 ábra

JOHANNES KEPLER (1571–1630) Weil der Stadtban született (Württemberg); egyetemi tanulmányait (teológiát) Thübingenben végezte, ahol Michael Maestlin ismertette meg a kopernikuszi tanokkal. 1594-től Grazban tanított, és naptárakat készített a szokásos asztrológiai és meteorológiai jóslatokkal. Itt publikálta a *Mysterium Cosmographicum* (1596) című munkáját. 1600-ban Tycho de Brahe asszisztense, majd 1601-ben utóda lett Prágában mint Rudolf császár udvari csillagásza. Itt jelent meg az *Astronomia nova seu Physica coelestis* (1609), amelyben az 1. és 2. törvényt találjuk; *Dioptrice*

Nem tipikus tudós, vonzotta a számmisztika és a vallás is.

Kivételes matematikai képességei voltak.

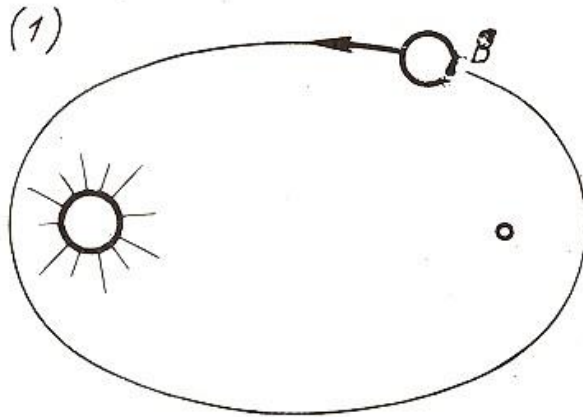
Törvényeit Tycho de Brahe méréseire támaszkodva állította fel.

(1611): ebben a kis szögekre érvényes törvénytörvény, a Galilei-távcső elmélete és a Kepler-távcső szerepel. 1613-tól 1626-ig Linzben működik. Ezen időszakában jelenik meg a *Nova Stereometria doliorum vinariorum* (1615) című könyve a boroshordók térfogatának méréséről.

1619-ben viszont a *De harmonice mundi* lát napvilágot, amelyben Kepler 3. törvényét találjuk. A *Tabulae Rudolphianae* (1627) hosszú időn át szerepelt mint a legpontosabb és legfontosabb csillagászati adatok gyűjteménye.

1630-ban Regensburgban halt meg. A birodalmi gyűlésre utazott, hogy a munkabérével tartozó császártól adósságát behajtsa. Kepler jellemző mondása: „Ut oculus ad colores auris ad sonos, ita mens hominis non ad quaevis sed ad quanta intelligenda condita est.” (Ahogy a szem a szín, a fül a hang, úgy az emberi értelem nem a milyenség, hanem a mennyiség felfogására van alkotva)

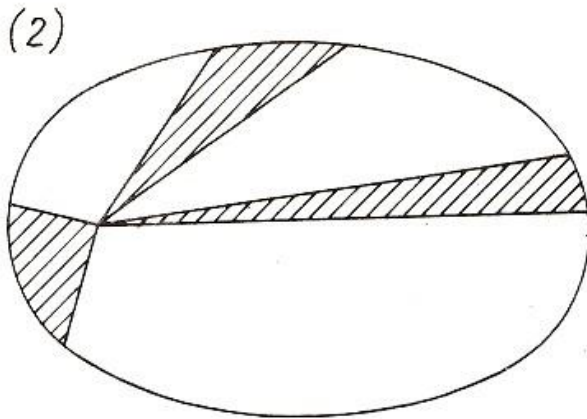




## Kepler törvényei:

**1, A bolygók olyan ellipszis pályán keringenek, amelynek egyik fókuszában a Nap áll.**

*(megdől a körpálya több évezredes téveszméje – de csak lassan)*



**2, A Naptól a bolygóig húzott vezérsugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol.**

**3, A keringési idők négyzetei úgy aránylanak egymáshoz, mint a középnap távolságok köbei.**

3.2 – 21 ábra  
Kepler első és második törvénye



3.2–22 ábra

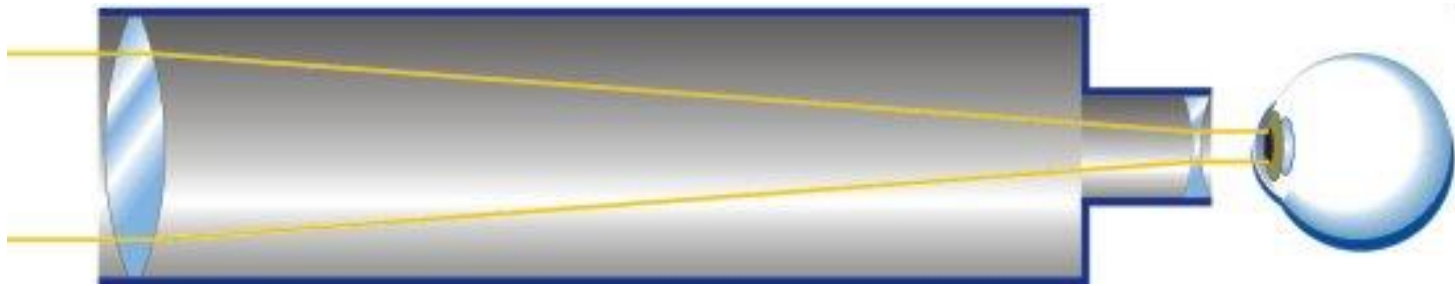
Az egyes bolygók zenei motívumai Kepler szerint [3.3]

Kepler túlfűtött fantáziája:

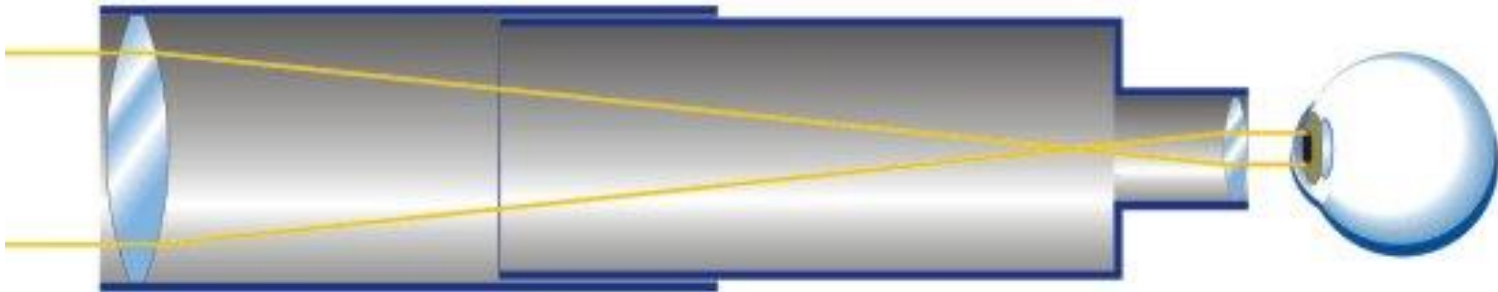
- Számmisztika
- A platóni szabályos testek
- Horoszkópok
- Optikai tanulmányok



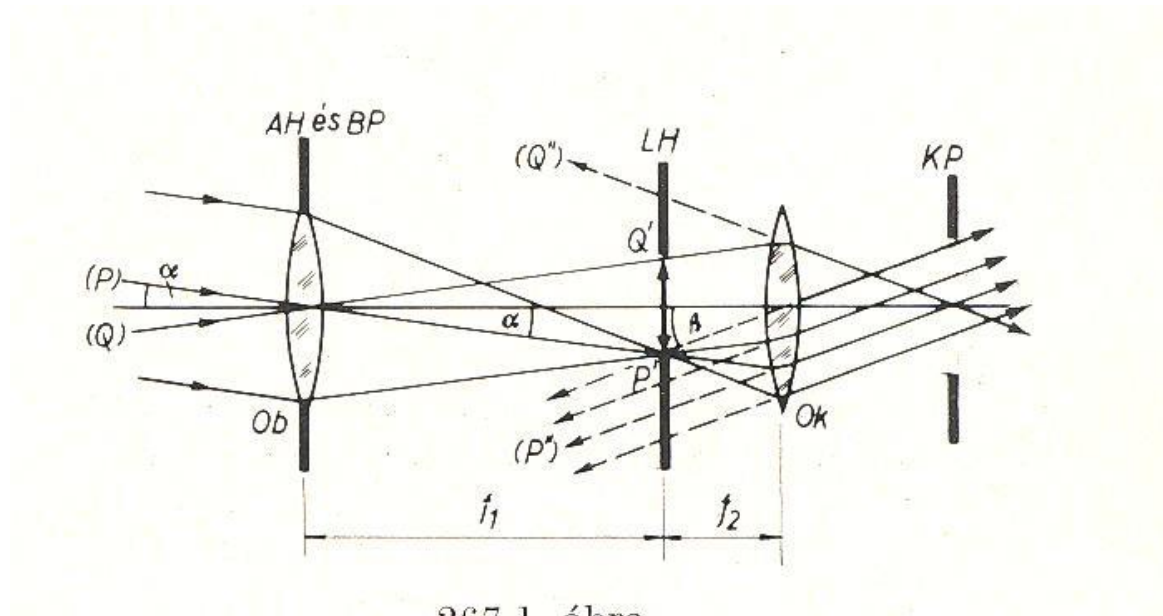
# Galilei- és Kepler-féle távcső összehasonlítása



**Galilei-féle távcső (hollandi távcső)**



**Kepler-féle távcső (csillagászati távcső)**



A távcső valódi lényege: a szögnagyítás (mintha közelebb mentünk volna.

$$N = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{f_1}{f_2}$$

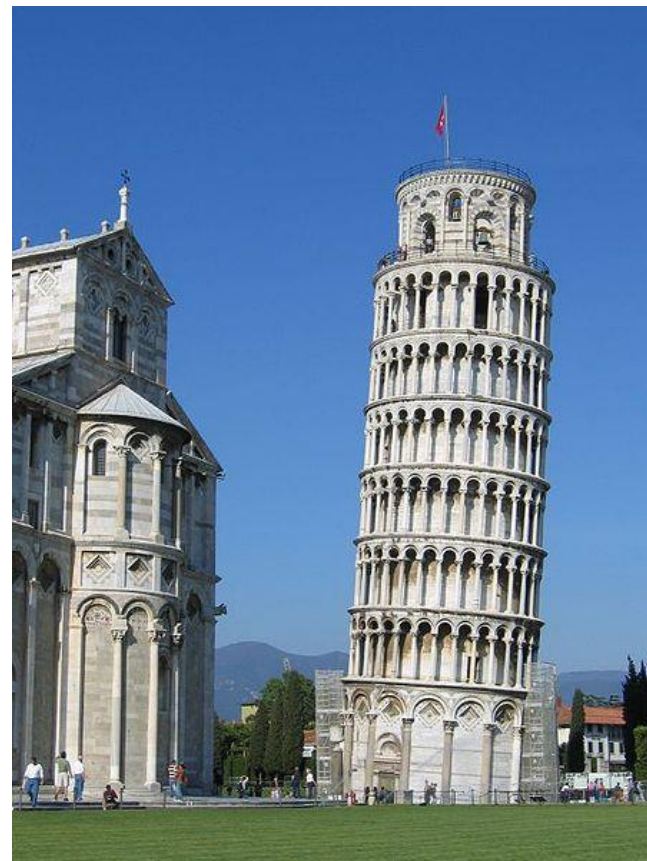
Eredmény: láthatók a kiterjedt tárgyak részletei, a pontszerű tárgyaknak pedig nagyobb a fényereje.

A szemlencsének főleg a pupillánál sokkal nagyobbak lennie. A tárgylencsének a szögnagyítás arányában nagyobbak kell lennie.



3.3–1 ábra

**GALILEO GALILEI** (1564–1642) Pisában született, apja *Vincenzio Galilei*, matematikus és zenész volt. A pisai egyetemen orvosnak készült. 1585-ben Firenzében *Arkhimédész* tanait sajátítja el. 1589-ben Pisában a matematika professzora lett. Ekkor írja *De motu* című, még teljesen *Arisztotelész* szellemében fogant munkáját. 1592-től a páduai egyetemen tanít. 1610-ben elhagyja Páduát, hogy Firenzében a *Mediciek* szolgálatába álljon. Ettől kezdve mint a toscanai nagyherceg első matematikusa szerepel. 1610-ben jelenik meg a *Sidereus Nuncius* című munkája, amely



az általa 1609-ben készített teleszkóppal végzett megfigyeléseit tartalmazza. 1613-ban jelenik meg a *Levél a napfoltokról* című munkája. 1616-ban hivatalos figyelmeztetést kap, hogy ne védje a kopernikuszi rendszert. 1623-ban jelenik meg a *Saggiatore*, 1632-ben kerül nyilvánosság elé leg híresebb műve, a *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Ezt követi 1633-ban a híres Galilei-per, amelynek eredményeképpen visszavonja tanítását. Ezután élete végéig házi őrizetben van Arcetriben, Firenze mellett. 1636-ban itt fejezi be a *Discorsi delle due nuove scienze* című művét, amely 1638-ban jelenik meg Hollandiában, az Elzevir Kiadónál







Galilei egész életében a heliocentrikus világkép híve.

**Az általa épített távcsővel** (ami sokkal jobb volt, mint a „vásári portékák”) vizsgálja:

- A Hold felszínét, megméri hegyeinek magasságát.
- A bolygók (Vénusz) fázisait.
- A napfoltokat.
- Felismeri a Tejút szerkezetét.
- Felfedezi a Jupiter négy holdját:  
az Iót az Európát a Ganümedészt és a Kallisztót



# DIALOGO

DI

GALILEO GALILEI LINCEO

MATEMATICO SOPRAORDINARIO

DELLO STUDIO DI PISA.

*E Filosofo, e Matematico primario del*

SERENISSIMO

GR.DVCA DI TOSCANA.

Doue ne i congressi di quattro giornate si discorre  
sopra i due

MASSIMI SISTEMI DEL MONDO  
TOLEMAICO, E COPERNICANO,

*Proponeudo indeterminatamente le ragioni Filosofiche, e Naturali  
sento per l'una, quanto per l'altra parte.*

CON PRI



VILEGI.

IN FIRENZA, Per Gio: Batista Landini MDCXXXII.

CON LICENZA DE' SUPERIORI.

3.3—3 ábra

A *Dialogo Galilei* legnagyobb hatású könyve. Olasz nyelven 1632-ben jelent meg, latinra 1641-ben fordították. Három szereplő, *Salviati* (Galilei szócsöve), *Sagredo* (egy intelligens, józan, elfogulatlan vitapartner) és *Simplicio* (meggyőződéses Arisztotelész-hívő, akit Galilei *Simplikos*, Arisztotelész-komentátor után nevezett el), négy napon át beszélget a két világrendszer mellett és ellen felhozható érvekről és azok cáfolatáról. A könyv azt a lát-szatot igyekszik keltetni, hogy az érvek és ellen-érvek ismeretében az állásfoglalás teljesen az olvasóra van bízva. Ténylegesen azonban az egész könyv a kopernikuszi rendszer melletti egyértelmű kiállítás (3.3—4 abc idézet)

A Galilei-per

A Dialogo pápai támogatással, egyházi engedéllyel jelenik meg 1632-ben.

Akkor miért indul per 1633-ban? Talán:

- A Pápa (aki régebben jó barátja volt) személyes bosszúja? (A Dialogóban kifigurázza.)
- Galilei elég csipkelődős, néha fennhéjázó modorú.
- Kritikus téma feszegetése (az arisztotelészi filozófia volt a hivatalos világkép): tabukhoz nyúlt Galilei?
- Túl sok hasonlóság Giordano Brunóval?
- Valójában tudományosan nem teljesen helytálló érvelés?

Valószínűleg ezek kombinációja.

A per során Galilei kénytelen volt visszavonni a Föld mozgására vonatkozó tanait, de közben, állítólag, végig azt mormolta maga elé: „Eppur si muove!” („Mégis mozog!”). Házi őrizetre ítélik. Itt írja meg a Discorsit.

1992. október 31. - A Nemzetközi Kutató Bizottság befejezi munkáját. 359 évvel Galilei tárgyalása után, a pápa sajnálkozását fejezte ki a Galileit ért hátrányok miatt, és megsemmisítette az inkvizíció elmarasztaló ítéletét.



Mi a kopernikuszi fordulat lényege?

- a) a bolygók ellipszis pályán keringenek
- ☒ b) a Világegyetem középpontja a Nap
- c) a bolygók a Nap körül keringenek, de a Nap a Föld körül kering
- d) a Világegyetem középpontja a Föld

Melyik pontban írtuk helyesen a csillagászok időrendjét?

- a) Arisztarkosz, Ptolemaiosz, Kepler, Kopernikusz
- b) Kopernikusz, Ptolemaiosz, Kepler, Galilei
- ☒ c) Arisztarkosz, Kopernikusz, Tycho de Brahe, Kepler
- d) Ptolemaiosz, Kopernikusz, Kepler, Tycho de Brahe

Melyik állítás jellemzi leginkább Tycho de Brahe munkásságát?

- a) a Világegyetem középpontja a Nap
- b) az első csillagász, aki távcsövet használt
- ☒ c) a legpontosabb távcső nélküli csillagász
- d) tanai miatt halálra ítélték

Az alábbiak közül melyik felfedezés származik Keplertől?

- a) a világegyetem középpontja a Nap
- ☒ b) a bolygók ellipszis pályán keringenek
- c) a napfoltok létezése
- d) a bolygókat a gravitációs vonzás tartja a pályájukon

Az alábbiak közül melyik nem jellemzi Galilei munkásságát?

- a) felfedezi a Jupiter néhány holdját
- b) felfedezi a bolygók fázisait
- ☒ c) felfedezi a Szaturnuszt
- d) felfedezi a napfoltokat

Az alábbiak közül melyik nem Galilei eredménye?

- a) a matematikai inga lengésideje független a tömegétől
- b) az elhajított testek parabolapályán mozognak
- ☒ c) ütközés során az ütköző testek lendületösszege megmarad
- d) az egyenletesen gyorsuló test által megtett út arányos az idő négyzetével

Párosítsuk össze a fizikusokat (csillagászokat) és a felfedezésüket!

- 1) a világegyetem középpontja a Nap
- 2) a bolygók ellipszis pályán keringenek
- 3) a napfoltok létezése
- 4) a bolygókat a gravitációs vonzás tartja a pályájukon

- a) Kepler
- b) Galilei
- c) Kopernikusz
- d) Newton

|   | a | b | c | d |
|---|---|---|---|---|
| 1 |   |   | X |   |
| 2 | X |   |   |   |
| 3 |   | X |   |   |
| 4 |   |   |   | X |



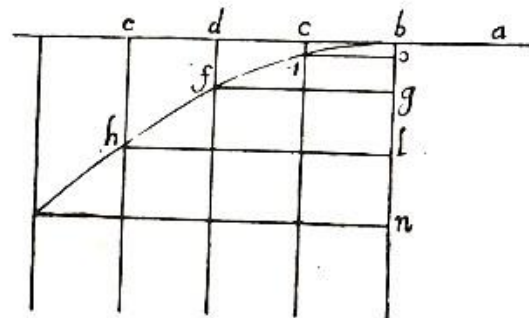
*Con una Appendice del centro di gravità d'alcuni Solidi.*



IN LEIDA,  
Appresso gli Elsevirii. M. D. C. XXXVIII.

242

tionem quadratorum ipsarum,  $e, b, d, b, e$ , seu dicamus, in ratione earundem linearum duplicata. Quod si mobili ultra  $b$  versus  $c$  æquabili latrone lato descensum perpendicularem secundum quantitatem  $e$  superadditum intelligamus, reperiatur tempore  $bc$  in termino  $i$  constitutum. Vltcrius autem



procedendo, tempore  $db$ , duplo scilicet  $bc$ , spatium descen-  
sus deorsum, erit spatii primi  $ci$  quadruplum: demonstratum  
enim est in primo tractatu, spatia peracta à gravi motu natu-  
raliter accelerato esse in duplicata ratione temporum. Pari-  
terque consequenter spatium  $eh$ , peractum tempore  $bc$ , erit  
ut  $y$ . adeo ut manifestè constet, spatia  $eh, df, ci$ , esse inter se  
ut quadrata linearum  $eb, db, cb$ . Ducantur modò à punctis  
 $i, f, h$ , rectæ  $io, fg, hl$ , ipsi  $eb$  æquidistantes; erunt  $hl, fg, io$ ,  
lineæ lineis  $eb, db, cb$ , singulæ singulis æquales; nec non ipsæ  
 $bo, bg, bl$ , ipsi  $ci, df, eh$  æquales. Eritque quadratum  $hl$  ad  
quadratum  $fg$ , ut linea  $lb$  ad  $bg$ : & quadratum  $fg$  ad qua-  
dratum  $io$ , ut  $gb$  ad  $bo$ . Ergo puncta  $i, f, h$ , sunt in una e-  
ademque linea Parabolica. Similiterque demonstrabitur, as-  
sumptis quibuscunque temporis particulis æqualibus cujus-  
libet magnitudinis, loca mobilis, simili motu composito lati,  
iisdem temporibus in eadem linea parabolica reperiri, ergo  
patet propositum.

**Salu.**

# Galilei a kinematika atyja.

- **Az egyenletes mozgást állapotnak tekinti:** egy állapot mindaddig fennáll, ameddig valami azt meg nem változtatja.
- **A Galilei-féle relativitási elv:** minden állandó sebességgel mozgó rendszer egyenértékű a mechanikai mozgások szempontjából.

DISCORSI  
E  
DIMOSTRAZIONI  
MATEMATICHE,  
*intorno à due nuoue scienze*

Attenenti alla  
MECANICA & I MOVIMENTI LOCALI,

*del Signor*  
GALILEO GALILEI LINCEO,  
Filosofo e Matematico primario del Serenissimo  
Grand Duca di Toscana.

*Con vna Appendice del centro di grauità d'alcuni Solidi.*



IN LEIDA,  
Appresso gli Elsevirii. M. D. C. XXXVIII.

**Galilei lejtős kísérletei:** tehát (elsősorban) nem a Pisa-i ferde toronyból; a méréseinek a pontossága nem mindig volt megfelelő.



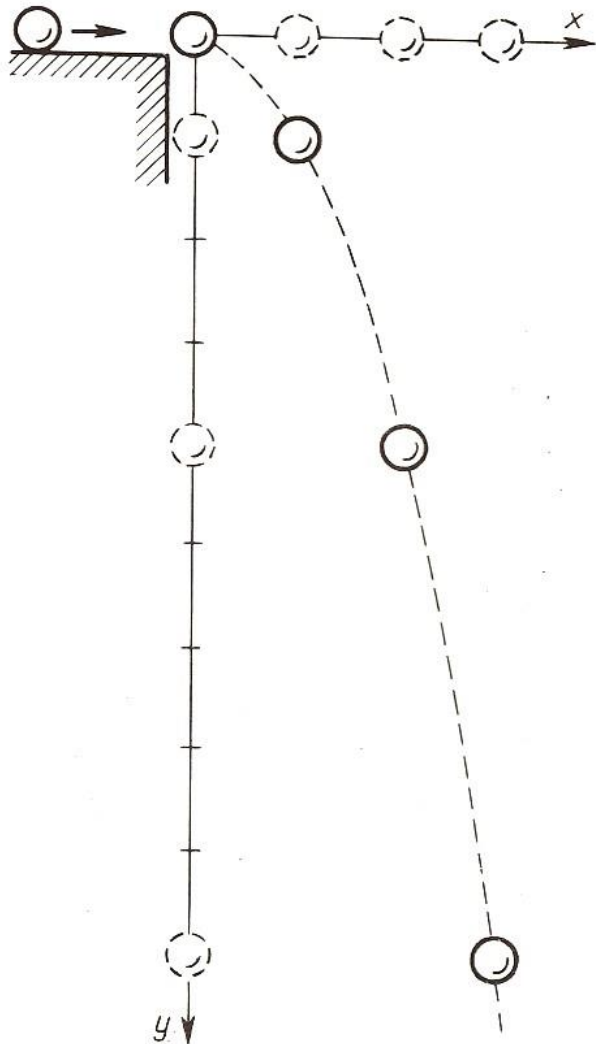
Az egyenletesen változó mozgás leírása, a négyzetes úttörvény.

$$s = at^2/2$$

Galilei a **vízóra egy változatát** használta. Egy tartályból vékony csövön át vizet engedett egy edénybe a lejtőn elindított golyó futásának időtartamára.

A kifolyt vizet egy pontos mérlegen megmérte, és ebből következtetett a futás idejére.

Nem vette figyelembe a lejtőn gördülő golyó perdülését, ezért a  $g$ -t hibásan határozta meg.



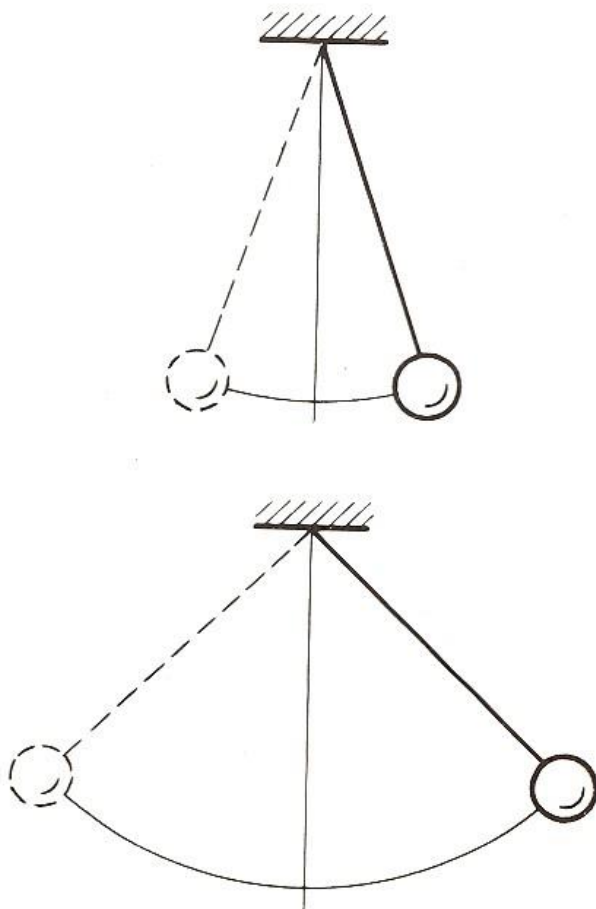
**Az elhajított (kilőtt) testek parabola pályán mozognak. (Erről eddig nem tudtak a tüzérek.)**



3.3–11 ábra

Az elhajított test két független mozgást végez: egyenletesen halad (itt vízszintesen) és gyorsulva esik. Az eredő parabolapálya





**Az inga lengésideje csak annak hosszától függ.** Tehát független a tömegtől és az amplitúdótól is. (Ez utóbbi csak kis kitérésekre igaz.)

Ezt Galilei már gyermekkorában megfigyelte a (huzat által lengésbe hozott) templomi csillárokon. Az időt a zsoltárok ritmusával mérte.

A lengésidő amplitúdó függetlensége teszi lehetővé ingaórák konstruálását (amit később Huygens pontosít).

### 3.3–10 ábra

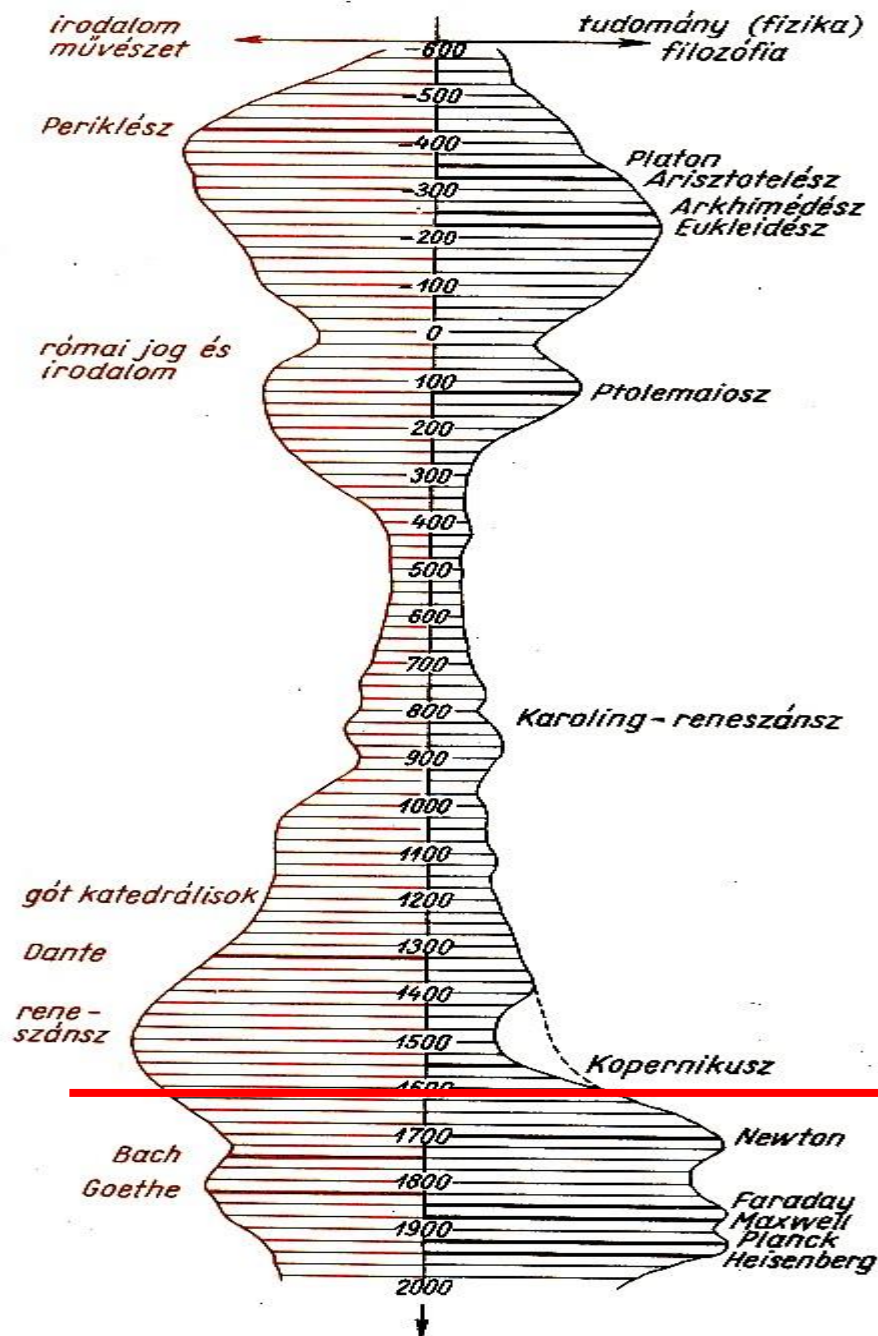
Egy súlytalan fonálra felfüggesztett test — matematikai inga — lengésideje független a tömegtől, de függ a kitérés amplitúdójától. Galilei ezt a függést nem ismerte fel: a kis kitérésekre érvényes állandóságot helytelenül általánosította

# Galilei vizsgálati módszere

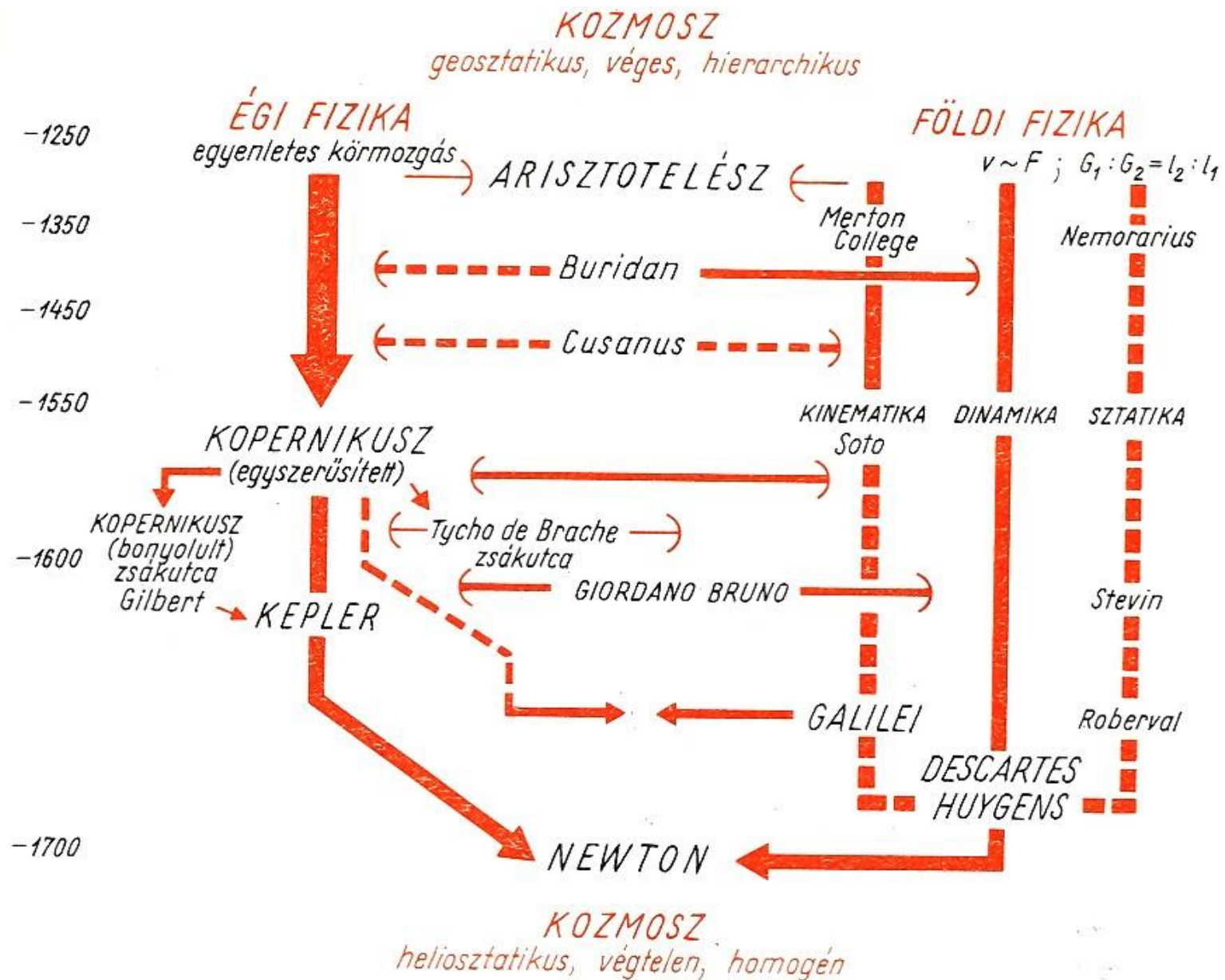
- fogalom tisztázása
- hipotézis
- matematikai következmény felmérés
- kísérleti ellenőrzés
- ha kell, visszalépés valamelyik korábbi szintre



Galilei hőmérő



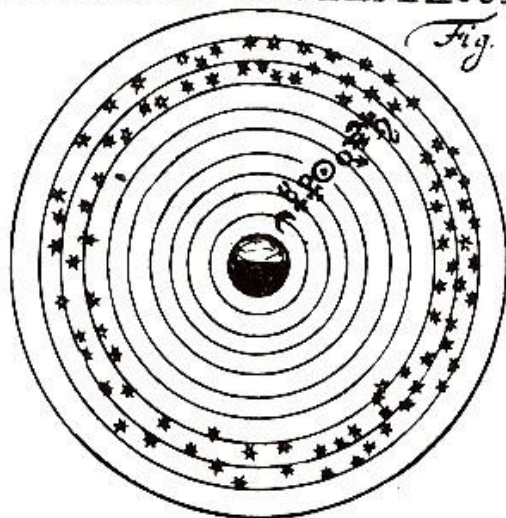
Az  
intellektuális  
tevékenység  
intenzitásának  
idődiagramja





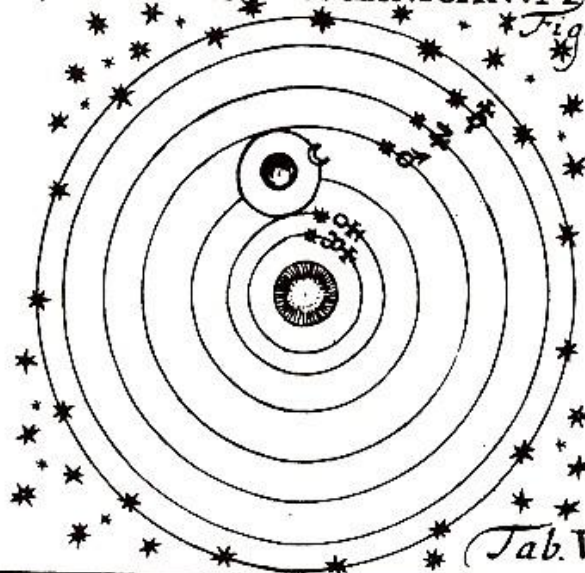
SYSTEMA PTOLEMAICUM

Fig. 45.



SYSTEMA COPERNICANVM

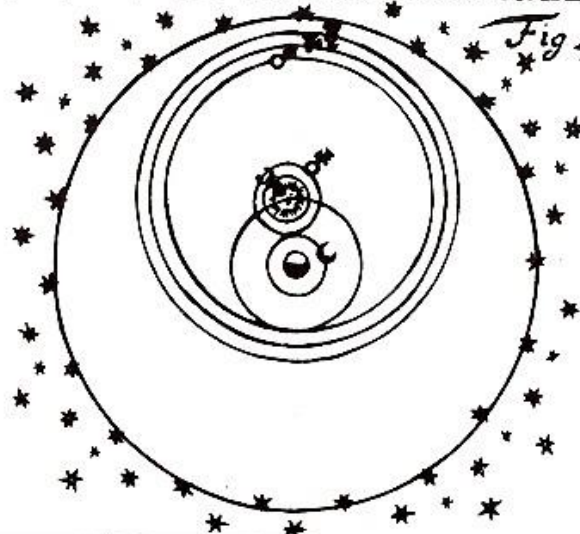
Fig. 46.



Tab. VI.

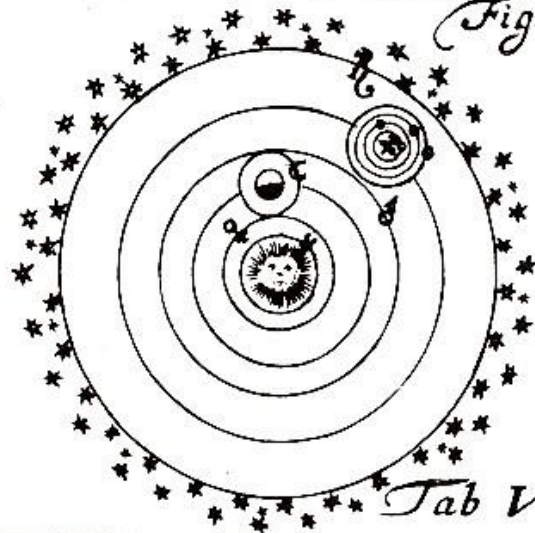
SYSTEMA TYCHONIS ABRAHE

Fig. 47.



SYSTEMA CARTESII.

Fig. 48.



Tab VII.

# Newtonon innen, Galilein túl, avagy a „**géniuszok évszázada**” (a XVII. sz.)

***Galilei (1564-1642)***

(Kepler (1571-1630))

Descartes (1596-1650)

Fermat (1601-1665)

Torricelli (1608-1647)

Pascal (1623-1662)

Mariotte(1620-1684)

Boyle (1627-1691)

Huygens (1629-1695)

***Newton (1642-1727)***

itthon: Pázmány Péter (1570-1637)

Comenius (Komensky) (1592-1670)

**Sárospatak !**

Apáczai Csere János

(1625-1659)

A XVII. század elején a természettudósok (legalábbis a jobbak) már látják az arisztotelészi tanok hibás voltát. A bölcsesek azonban még nem.

Descartes, aki mindkettő volt, látta be először, hogy Arisztotelész tanait csak akkor lehet végleg kidobni, ha filozófiáját is leváltja, nemcsak a fizikáját.

„Csak a nyilvánvaló igazságokat fogadjuk el, ne higgyünk el semmit a régi könyveknek.”

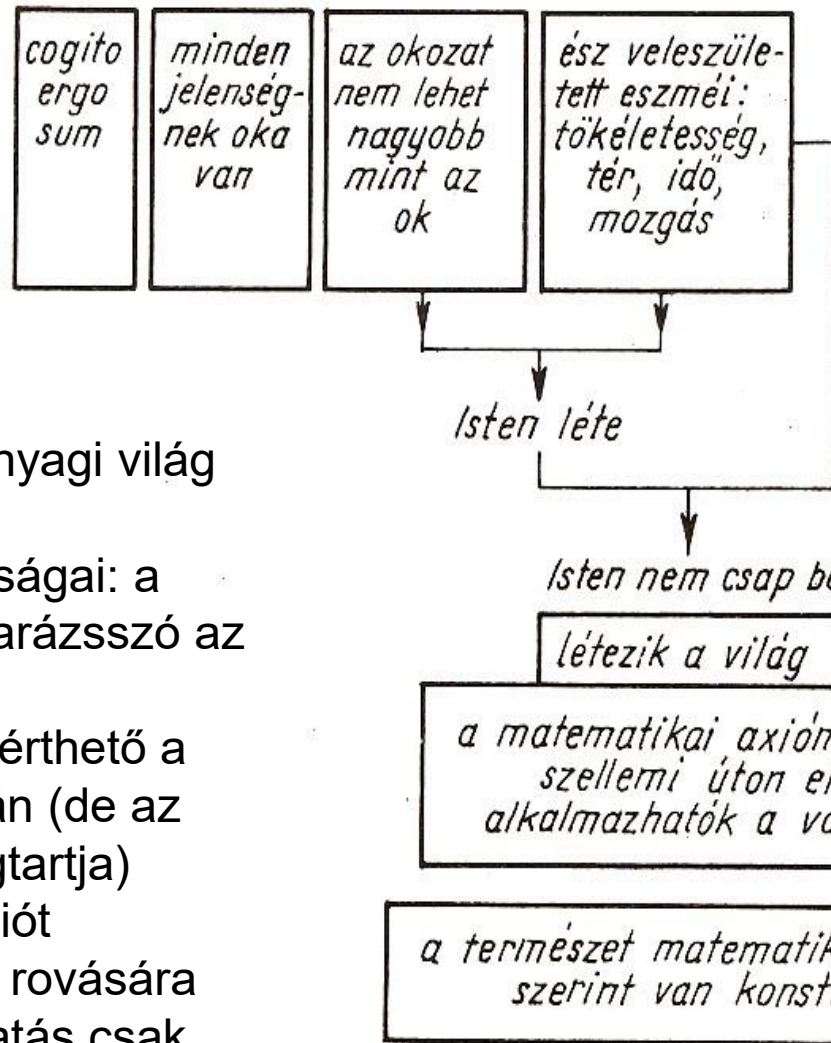




**RENÉ DESCARTES** (1596—1650) La Haye-ban, Tourainban született. Apja — elszegényedett nemes — jogász volt. Nyolc éves korától 16 éves koráig La Flèche-ben tanult a jezsuiták iskolájában. 1617-ben Hollandiában, Bredában a katonai iskolánál szolgált mint önkéntes. Ezután beutazta Európát. 1619-ben a bajor herceg hadseregében találjuk; ekkor egy hideg novemberi napon egy jól fűtött kályha mellett fogant agyában az új filozófia alap gondolata. 1623-ban beutazta Itáliát. Nincs nyoma annak, hogy szándéka lett volna *Galileit* meglátogatni. 1629-ben, hogy munkájához békés környezetet találjon, Hollandiába költözött. 1629 és 1633 között dolgozta ki világrendszereét. Műve, a *Le Monde ou traité de la lumière*, nem jelent meg. Descartes ugyanis értesült *Galilei* elítéléséről, és ezért nem merte művét nyilvánosságra hozni. Eredeti formájában sohasem jelent meg, de későbbi műveibe sok gondolatát beledolgozta. Halála után jelent meg az 1628-ban írt műve, a *Regulae ad directionem ingenii*. 1637-ben jelent meg a *Discours de la Méthode*, majd a *Meditationes de Prima Philosophia* (1641) és végül a *Principia Philosophiae* 1644-ben. Utolsó munkája a *Traité des passions de l'Ame* (1649). 1649-ben *Krisztina* svéd királynő meghívására Stockholmba költözött. Szervezete nem bírta a hideg éghajlatot, a következő évben tüdőgyulladást kapott és meghalt.

A képünkön *Descartes Krisztina* királynőnek magyarázza filozófiáját — hajnali 5 órakor: erre az időre tűzte ki a királynő a filozófiai foglalkozások kezdetét. *Descartes* gyenge egészségu volt, így még La Flèche-ben is megengedték neki a jezsuita atyák, hogy késő délig az ágyban maradhasson. Életrendjének ez a felborítása is hozzájárulhatott korai halálához.





### **Descartes filozófiája:**

- A tudatunktól független anyagi világ léte
- Az anyag primer tulajdonságai: a kiterjedés és a mozgás (varázsszó az örvénylés)
- A világ kifejlődése is megérthető a természettudomány alapján (de az Isten hitet és a Bibliát megtartja)
- Legnagyobb hibája: a rációt túlhangsúlyozza a kísérlet rovására
- Peripatetikus vonások: hatás csak kontaktus útján, nincs vákuum

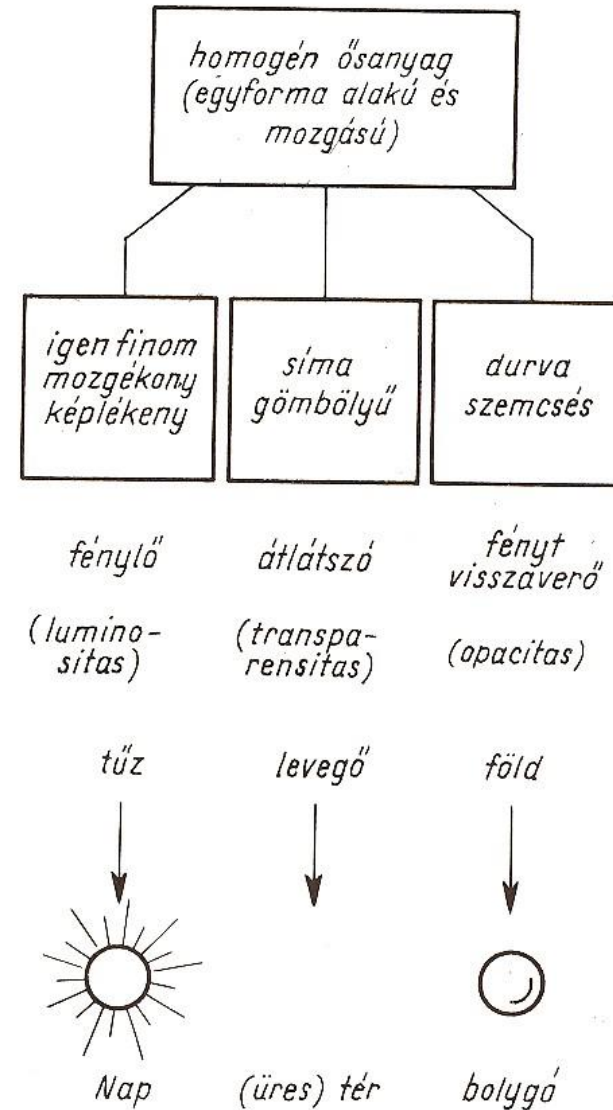
## Descartes mozgástörvényei:

1. Egy test nyugalomban marad mindaddig, ameddig valamely hatás nem éri; egy mozgó test változatlan sebességgel folytatja mozgását mindaddig, míg valamivel nem találkozik ami ezt a mozgást megváltoztatja (mint Galileinél).
2. Minden mozgó test egyenes vonalban igyekszik mozgását folytatni (a körmozgás nem természetes mozgás).
3. Ütközési törvények (mert hatás szerinte csak ütközéssel lehetséges).

Sajnos ezek többnyire hibásak (a 8 szabálya közül egy jó, 3 akár helyesen is értelmezhető, 4 egyértelműen hibás).

## Descartes kozmogóniája:

A világ kifejlődése is megérthető a természettudomány alapján.  
A Földi és égi jelenségek fizikája egyezik.



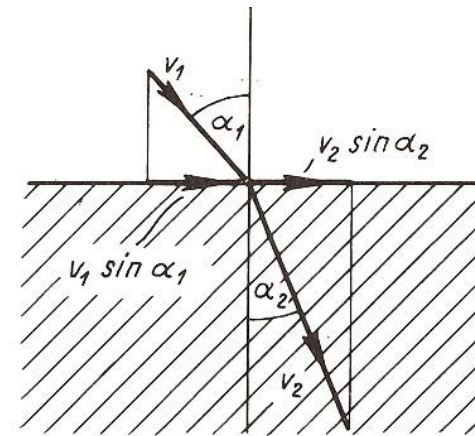
3.4–9 ábra  
Descartes három „alap”-anyaga

A Snellius-Descartes törvény.  
 Előzmények: Ptolemaiosz, Alhazen,  
 Kepler (az  $i/r = n$  törvény kis szögekre  
 jól teljesül)

A törvény helyes : 
$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = n_{2,1}$$

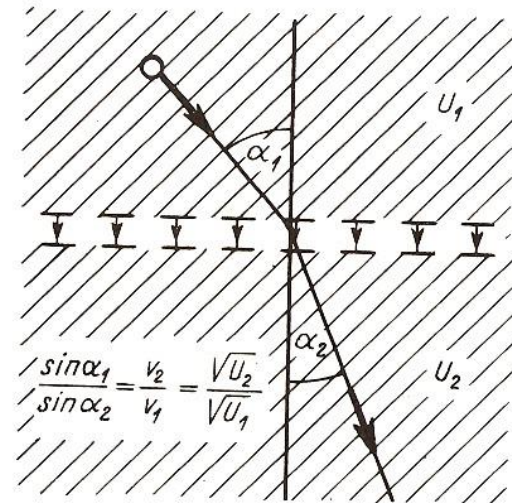
Az indoklás az érintőirányú sebességek  
 egyenlősége alapján hibás: a fény  
 sebessége a valóságban a közegben a  
 kisebb.

Az elektronoptikában az indoklás is  
 helyes lenne.



3.5—5 ábra

A töréstörvény levezetéséhez elég azt feltételeznünk, hogy a sebességnek a felülettel párhuzamos komponense nem változik

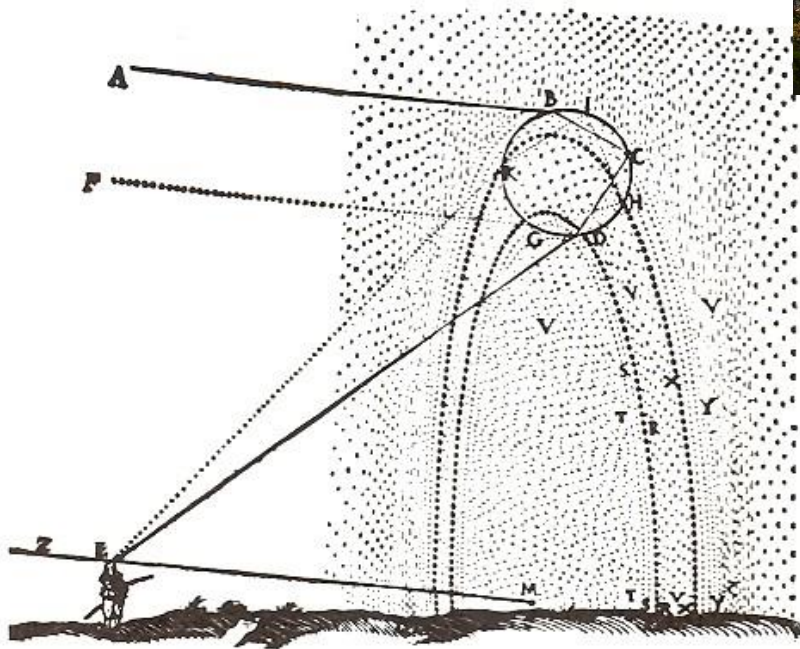


3.5—6 ábra

Az elektron pályája kettős rétegen áthaladva törést szenved. A töréstörvényből az optikai törésmutató és a potenciálból vont gyök analógiájára következtetünk

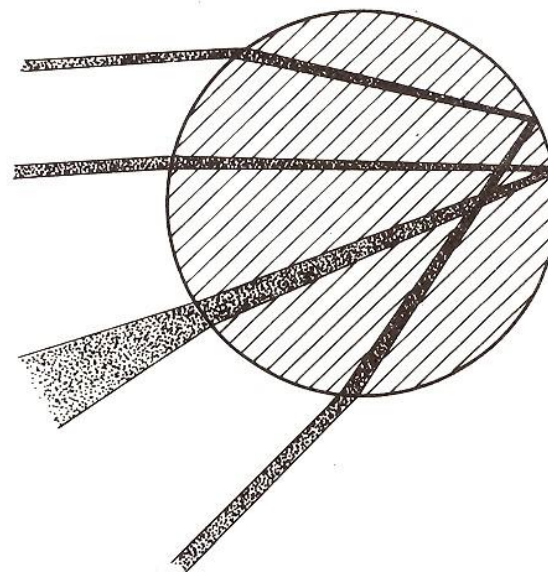


Descartes egyik legnagyobb teljesítménye a szivárvány létrejöttének helyes magyarázata.



3.5–9 ábra

A szivárvány létrejöttének magyarázata Descartes szerint. A főív egyszeres, a mellékív kétszeres belső reflexió után jön létre



3.5–10 ábra

Csak azok a sugarak maradnak párhuzamosak, amelyek a kilépés után  $42^\circ$  szöget zárnak be a belépő sugárral

## A Fermat-elv (1662):

egy megadott pontból egy másik megadott pontba a fény a geometriailag lehetséges utak közül azt a pályát követi, amelyet a legrövidebb idő alatt fut be.

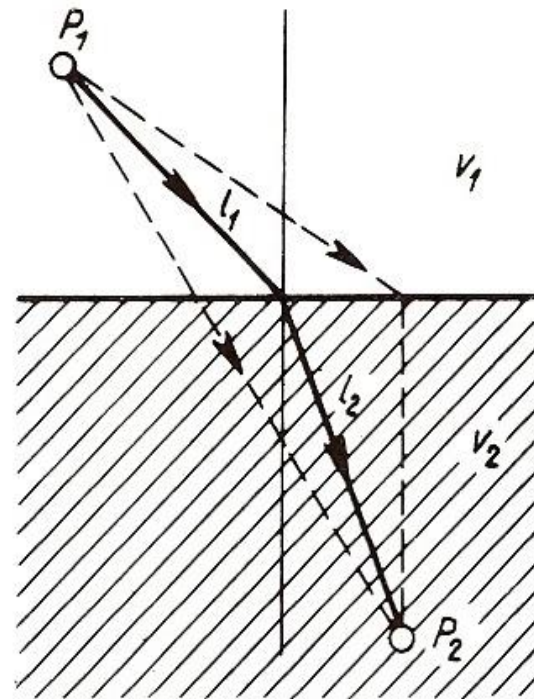
Következmény: ebből is levezethetők a visszaverődés és a törés törvényei, de most (helyesen) a fény sebessége a vákuumban a legnagyobb. (Sajnos a világ nem neki hitt még kb. 200 évig.)



### Pierre de Fermat

([1601](#) – [1665](#))

„Egy köböt pedig lehetetlen szétbontani két köbre egy negyedik hatványt két negyedik hatványra ... [Fermat-sejtés](#)



3.5 – 12 ábra

A minimális ideig tartó út megkeresése. A  $P_1P_2$  egyenes a legrövidebb út, de ebből a rövid útból viszonylag sok esik a sűrűbb közegre, ahol a fény lassabban mozog

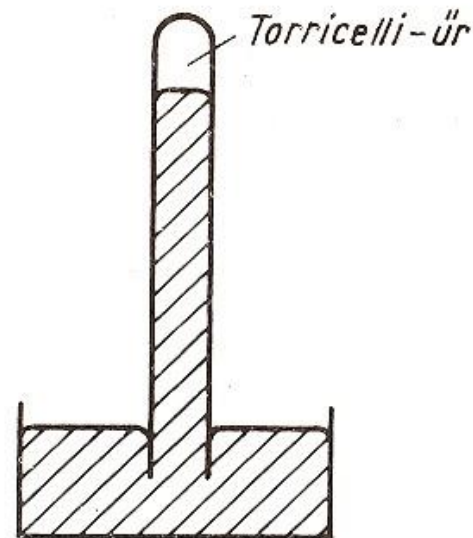
# Vákuum és légnyomás:

Descartes: erőhatás csak kontaktus által, nincs vákuum.

1643: a híres Torricelli-kísérlet

Kérdés: mi tölti ki a Torricelli-űrt?

Valóban vákuum, vagy az „üvegből beszivárgó tűz”?



3.5—15 ábra  
Toricelli kísérlete



Evangelista Torricelli  
(1608-1647)



Pascal „úr az űrben” kísérlete: a kis Torricelli-berendezés lényegében egy barométer (az első barométer).

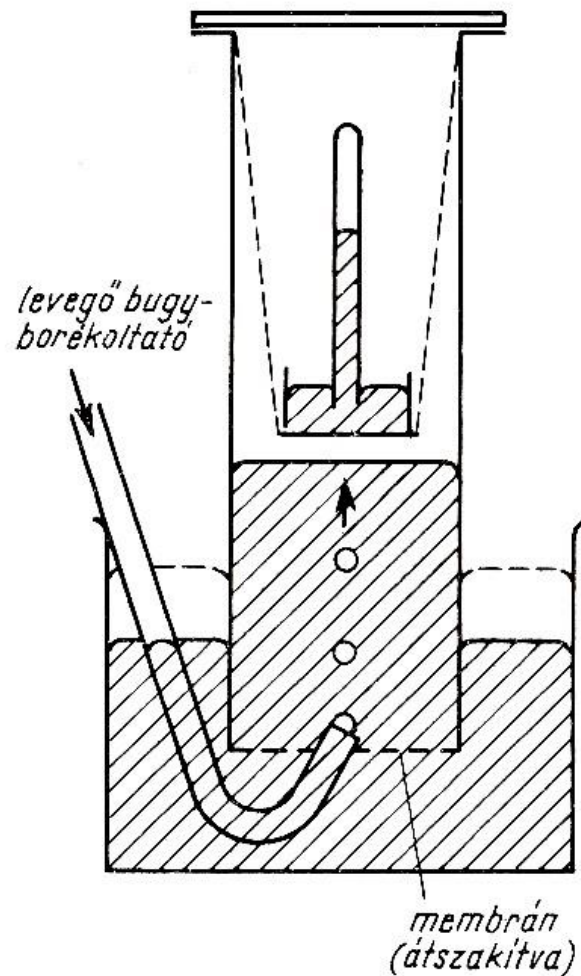
A kezdetben nulla nyomást a bebugyborékoltatott levegő emeli meg, nem a „horror vacui”.

Későbbi kísérlete: a nyomás a hegy tetején kisebb, mint a hegy lábánál (1648).

„Aki Pascal munkássága ismeretében a légnyomás és a vákuum létét nem fogadja el az nem „homo sapiens”.”

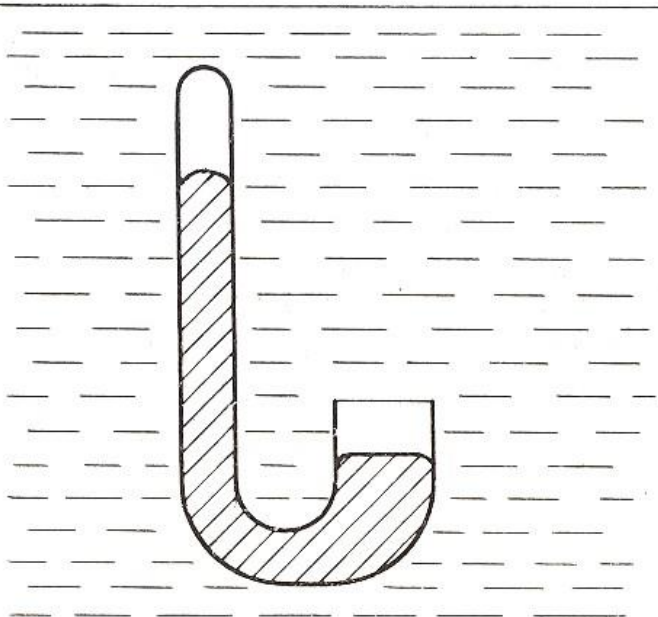


Pascal (1623-1662)



3.5–16 ábra  
Az „úr az űrben” kísérlet sémája





3.5–17 ábra

Mariotte kísérlete a külső nyomás szerepének tisztázásához: a barométert különböző mélységekbe helyezi



3.5–18 ábra

Guericke könyvének címlapja

Mariotte (1620-1684) és Boyle (1627-1691)

**Otto von Guericke** ([Magdeburg](#), [1602](#) – [1686](#))

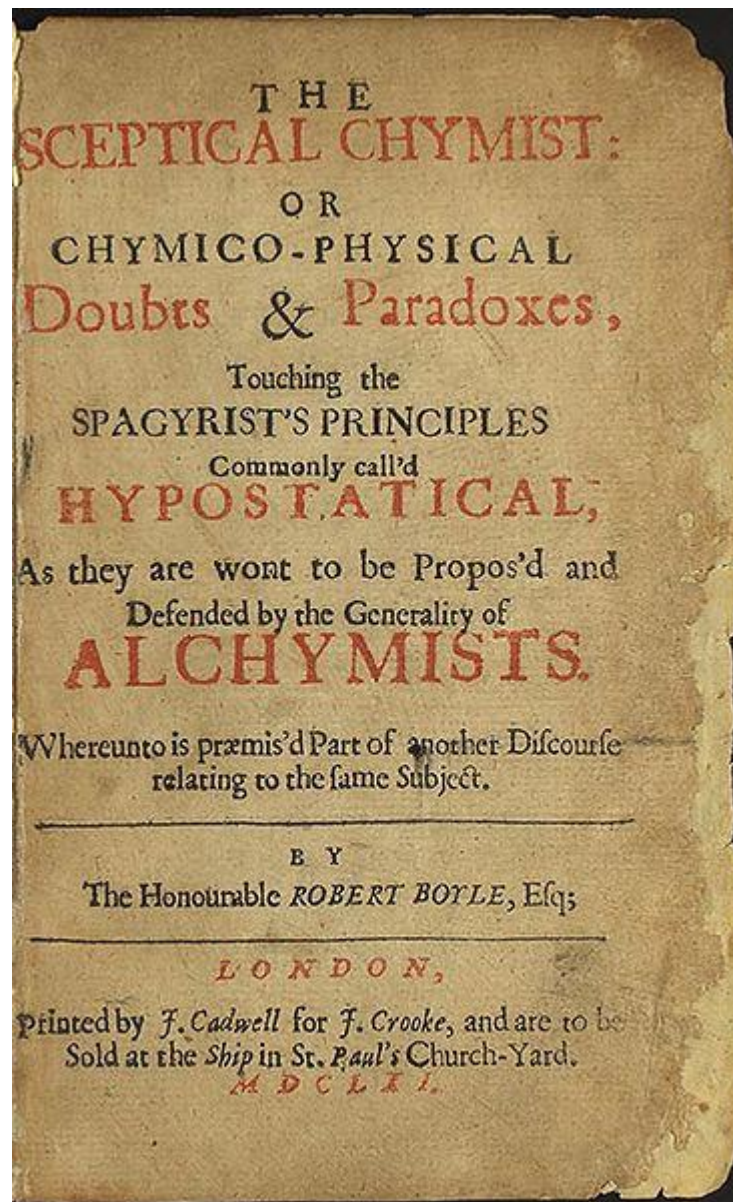
Kezdő lépések a ma kémiája felé.

Atomelmélet – ateizmus (a megváltoztathatatlan atomok kizárják az isteni beavatkozást).

Boyle: az arisztotelészi négy elem tarthatatlan (1661 Sceptical Chemist).

A korpuszkuláris elmélet összeegyeztethető a vallással.

„Az aranycsinálás”.

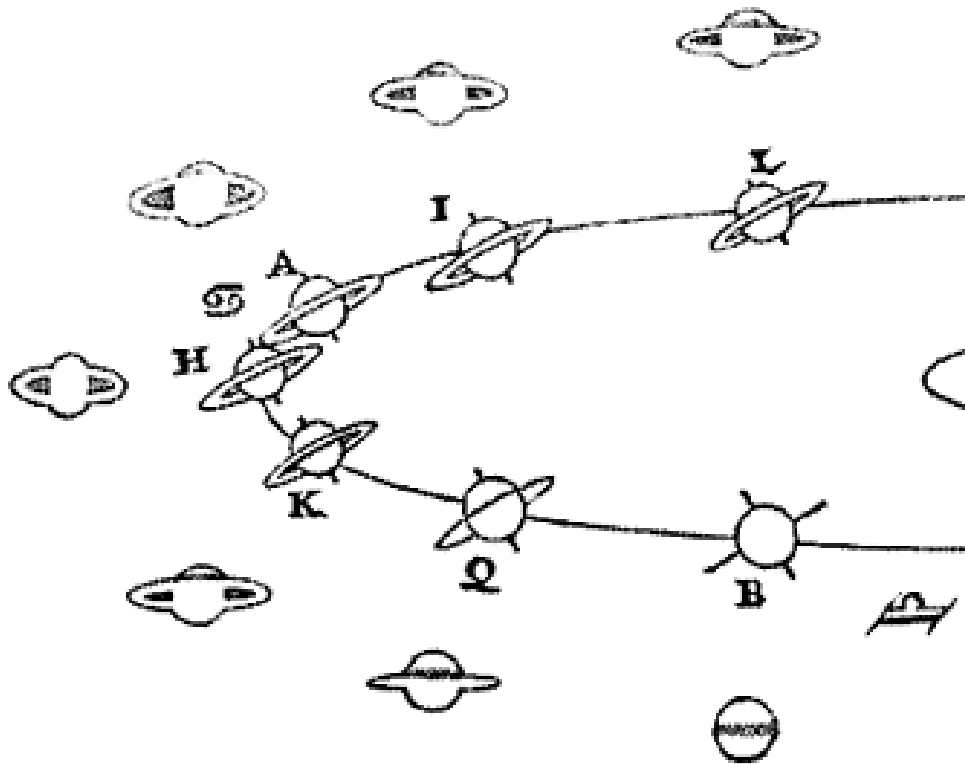




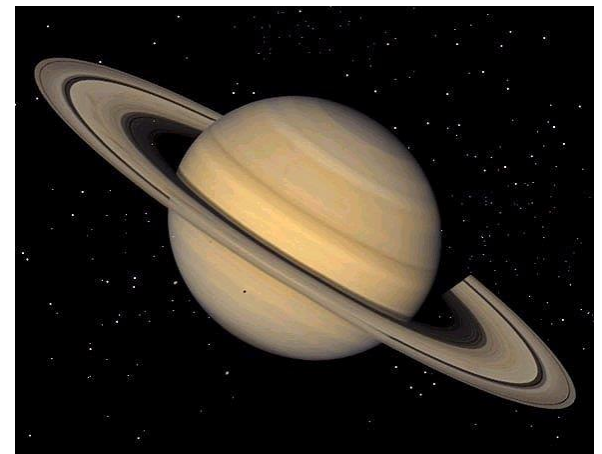


### 3.6 – 1 ábra

CHRISTIAN HUYGENS (1629 – 1695) Hágában született. Apja – neves politikus, nyelvész, zenész, matematikus – volt az első tanítója. Jogi diplomát szerzett, de korán elkezdett matematikával is foglalkozni. Első matematikai eredményét 17 éves korában érte el. 28 éves korában a kúpszeletek területmeghatározásáról értekezett (*Cyclometriae*, 1651), 25 éves korában a  $\pi$  addig ismert legjobb közelítését adta meg (*De circuli magnitudine inventa*, 1654), majd valószínűségi számítással is foglalkozott. Szereplését a fizikában a testvérével együtt épített távcsővel végzett asztronómiai vizsgálatokkal kezdte. Felfedezte a Szaturnusz gyűrűjét, egy bolygóját (*Systema Saturnium*), az Orion-ködöt. Ezen vizsgálatai közben felmerült a pontos idő mérésének szükségessége. 1657-ben megkonstruálja az ingaórát. Ettől kezdve intenzíven foglalkozik az állandó lengési idejű cikloidális ingák problémájával. Eredményeit – mint általában, ebben az esetben is – nagy időközességgel publikálja (*Horologium oscillatorium*, 1673). Másik igen jelentős munkája, a *De Motu corporum ex percussione* csak halála után, 1703-ban jelent meg, bár eredményeinek összefoglalását 1669-ben a Royal Societynek bemutatta. Legismertebb munkája a *Traité de la lumière* (1690). Megjelenésének késését előszavában meg is indokolja: várta, hogy ideje lesz a tudomány nyelvére, latinra lefordítani.



A Szaturnusz gyűrűk  
ábrázolása Huygens  
cikkében...



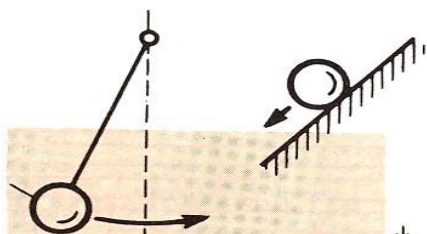
...és egy mai felvételen



# G A L I L E I

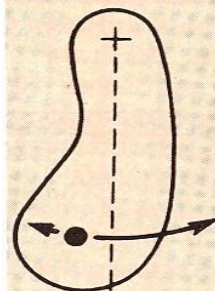
# DESCARTES

(filozófiai  
alapelvek)



H U

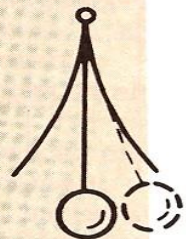
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$



$$l = \frac{\sum m_i r_i^2}{r_s \sum m_i}$$

$$mv^2 + 2mgh = \text{const}$$

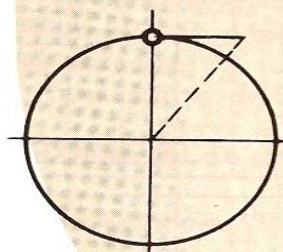
Leibniz  
("eleven erő")



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{4R}{g}}$$



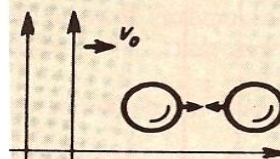
Y G E



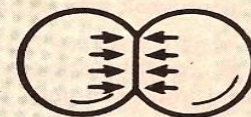
$$a = \frac{v^2}{r}$$



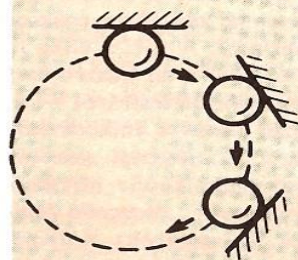
N S



$$\sum m\vec{v} = \text{const}$$

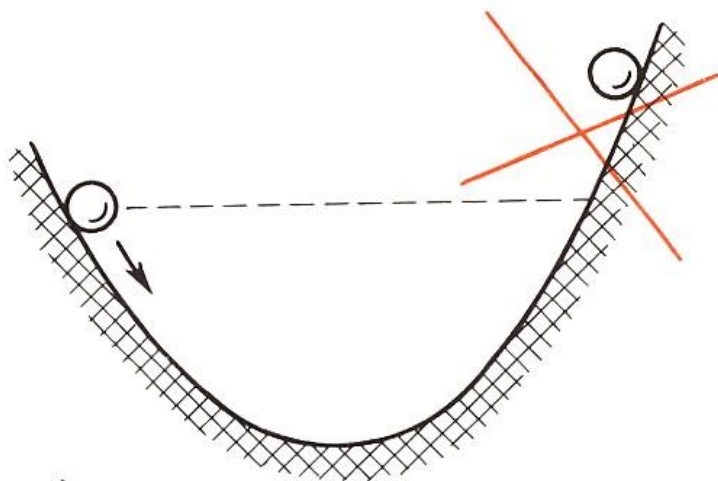


Hooke  
Newton

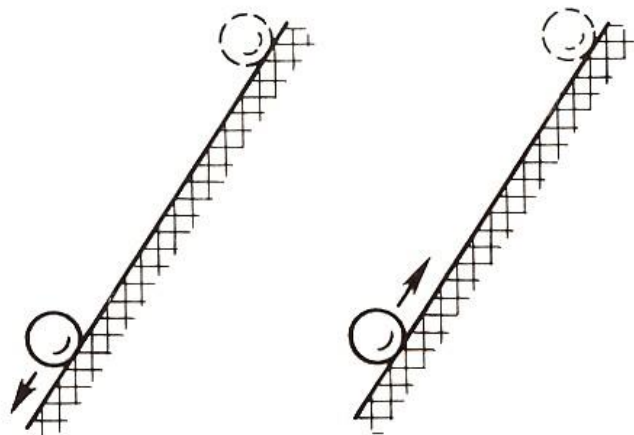


$$F \sim \Delta(m\vec{v})$$

N E W T O N



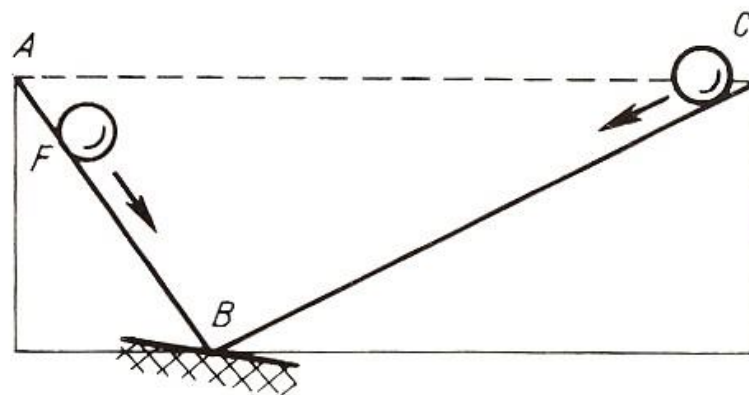
a)



b)

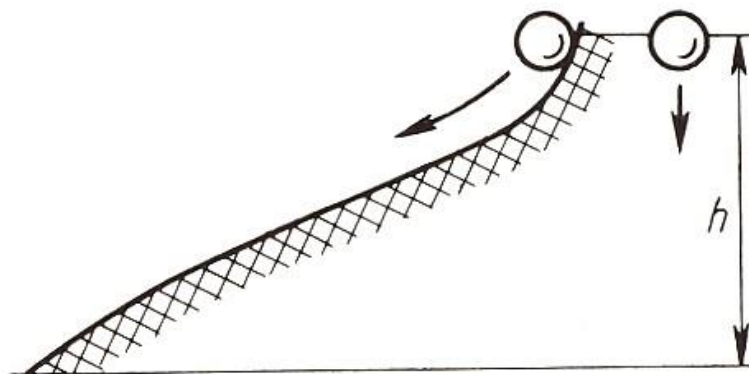
3.6—3 a, b ábra

Huygens két alapfeltevése: a) a testek súlypontja saját súlyuk hatására végbemenő mozgás eredményeképpen sohasem kerülhet a kiinduló állapoti helyzetnél feljebb, b) a mozgások megfordíthatók



3.6—3 c ábra

Huygens bizonyítása, hogy a különböző hajlásszögű, egyforma magas lejtő aljára a golyók egyforma sebességgel érkeznek

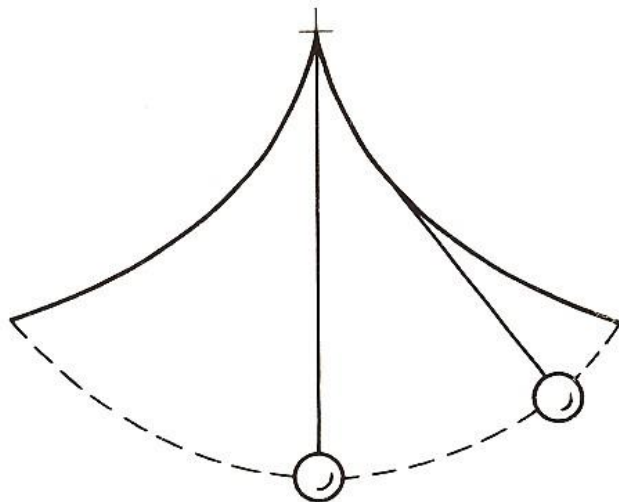


3.6—4 a ábra

Ha egy test akármilyen lejtőn mozog, sebessége ugyanakkora, mintha a lejtő magasságával azonos magasságból függőlegesen esne

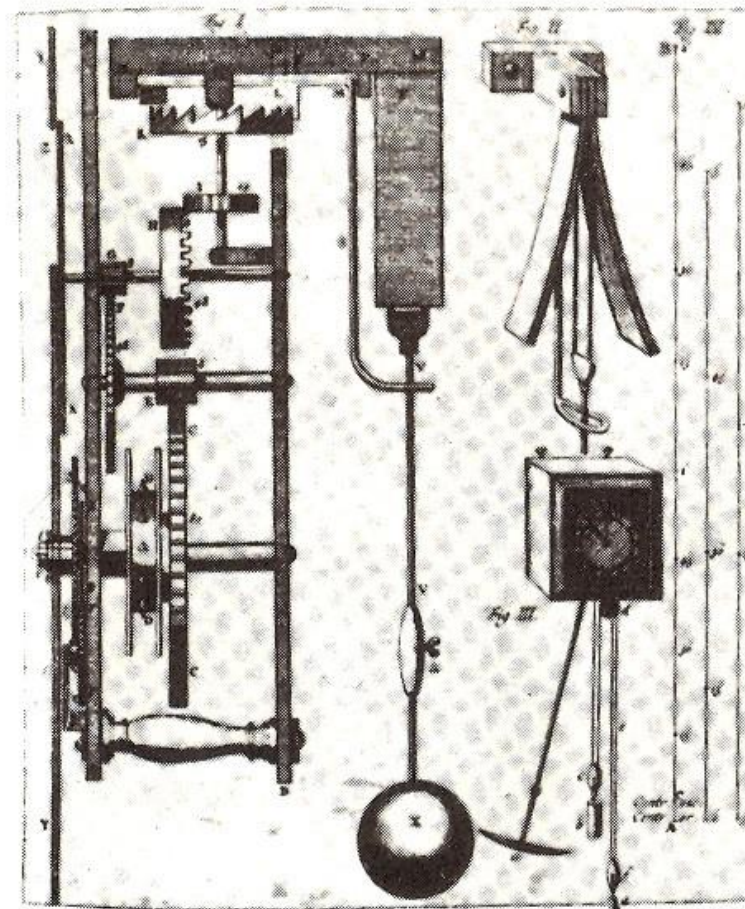


A cikloidális inga: a nagy  
amplitúdóra is állandó lengésidejű  
inga elmélete és gyakorlata

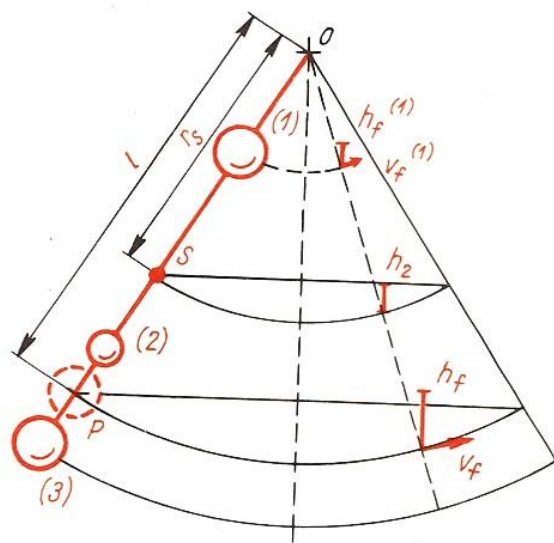


3.6–9 b ábra

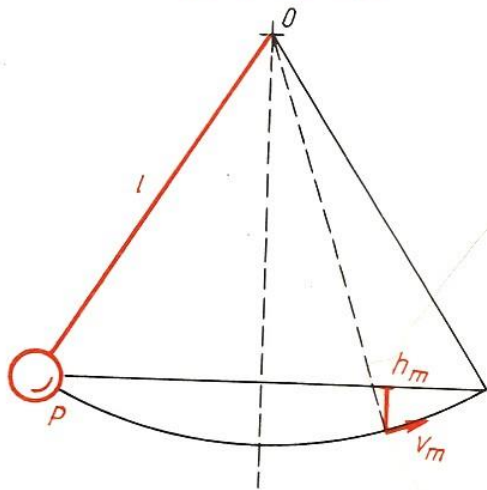
Egy fonálra felfüggesztett test akkor mozog  
cikloispályán, ha a fonál egy ugyancsak ciklois  
alakú lemezpárra simul



3.6–10 ábra  
Huygens cikloid-ingaórája



$$l = \frac{m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2}{r_s (m_1 + m_2 + m_3)}$$

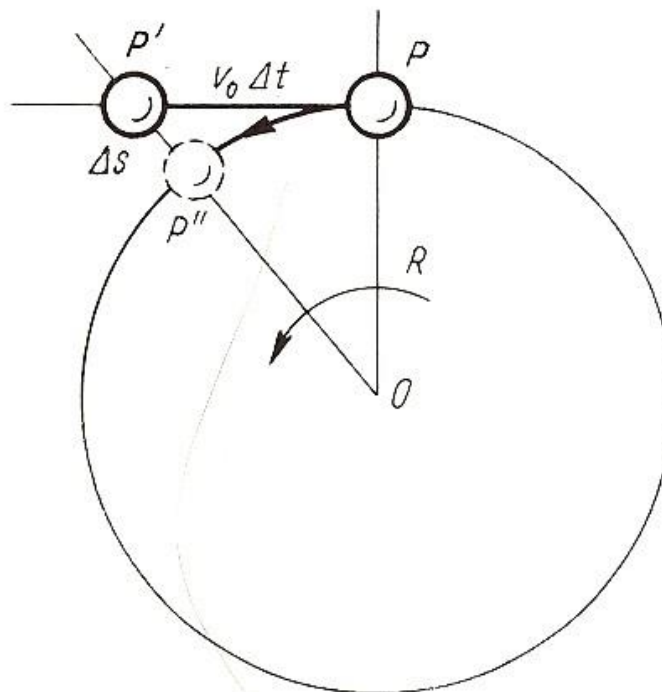


3.6–12 ábra

A fizikai inga lengési idejének megállapításához Huygens a vele azonos lengésidejű matematikai inga hosszát határozza meg

A körmozgás gyorsuló mozgás

$$a_{cp} = \frac{v_0^2}{R}$$

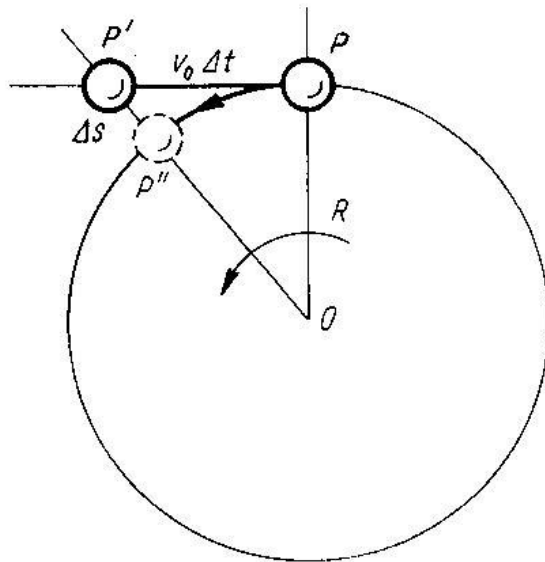


3.6–18 ábra

Az egyenletes körmozgás gyorsulását Huygens így vezeti le



# A centripetális gyorsulás levezetése Huygens szerint



$$R^2 + (v_0 \Delta t)^2 = (R + \Delta s)^2;$$

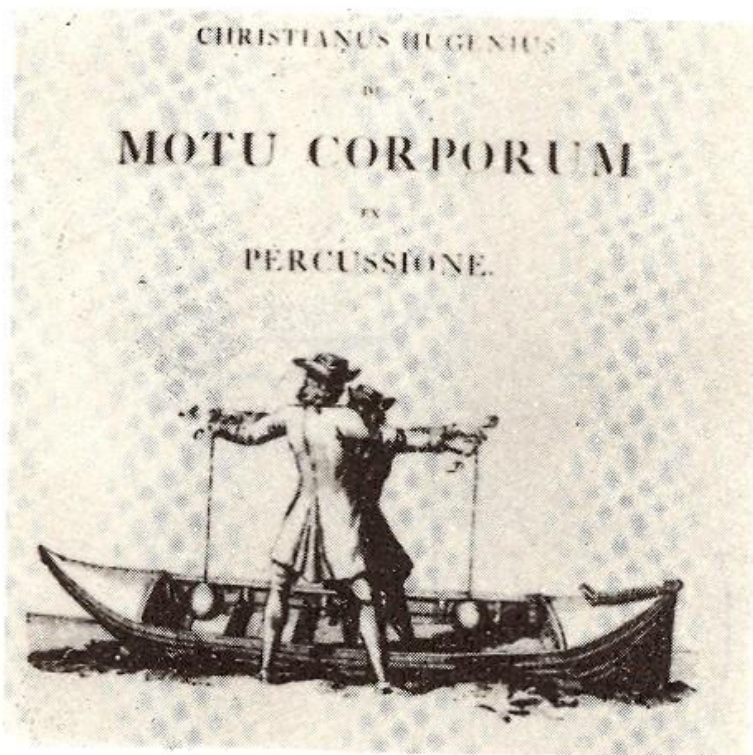
$$\Delta s^2 + 2R\Delta s = (v_0 \Delta t)^2$$

$$\Delta s^2 \ll 2R\Delta s$$

$$\Delta s = \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{R} (\Delta t)^2$$

$$a = \frac{v_0^2}{R}$$

$$a_{cp}(\text{Földfelszín}) \sim 0,035 \text{ m/s}^2$$



3.6–15 ábra

Huygens a mozgó hajón lejátsszódó mechanikai jelenségek változatlanságát, invarianciáját nem magyarázza, hanem posztulálja, és ebből az invariancia-követelményből jut el a törvényekhez. Einstein a tömegváltozás törvényét hasonlóan két koordináta-rendszerből vizsgált ütközési törvény ekvivalenciájából fogja majd levezetni

Hipotézisek az ütközés törvényeinek levezetéséhez:

- 1, Bármilyen mozgásban lévő test, ha nem ütközik akadályba, változatlan sebességgel egyenes vonalban igyekszik mozogni tetszés szerinti ideig.
- 2, Két egyforma test, ha azonos nagyságú, de ellentétes irányú sebességgel egymásnak ütközik, visszapattanva megtartja sebessége nagyságát, de sebessége előjele megváltozik.
- 3, Egy egyenletes sebességgel mozgó hajón, bármekkora is legyen annak sebessége, a rajta utazó megfigyelő számára az ütközési törvények azonosak.

Melyik az az eredmény, amelyik nem Huygenshez köthető?

- a) centripetális gyorsulás levezetése
- ☒ b) energiamegmaradás rugalmas ütközésnél
- c) fizikai inga lengésideje
- d) ingaórák pontosságának javítása

Melyik pontban írjuk helyesen a fizikusok időrendjét?

- a) Huygens, Newton, Descartes
- ☒ b) Descartes, Huygens, Newton
- c) Newton, Huygens, Descartes
- d) Huygens, Descartes, Newton

Válasszuk ki a helytelen állítást

- a) a Snellius-Descartes törvény a fény törését írja le
- ☒ b) Descartes szerint a fény a közegben lassabban halad mint vákuumban
- c) Huygens szerint a fény a közegben lassabban halad mint vákuumban
- d) a Fermat-elvből levezethető a törés törvénye

Mint tudjuk, a fény vákuumban gyorsabban terjed, mint közegben.

Kinek az elmélete állítja ezt?

- a) Newton
- b) Kepler
- c) Descartes
- ☒ d) Fermat