

Galilei



és a modern tudományos stílus

Tudománytörténet és kommunikáció

2014. március 17.

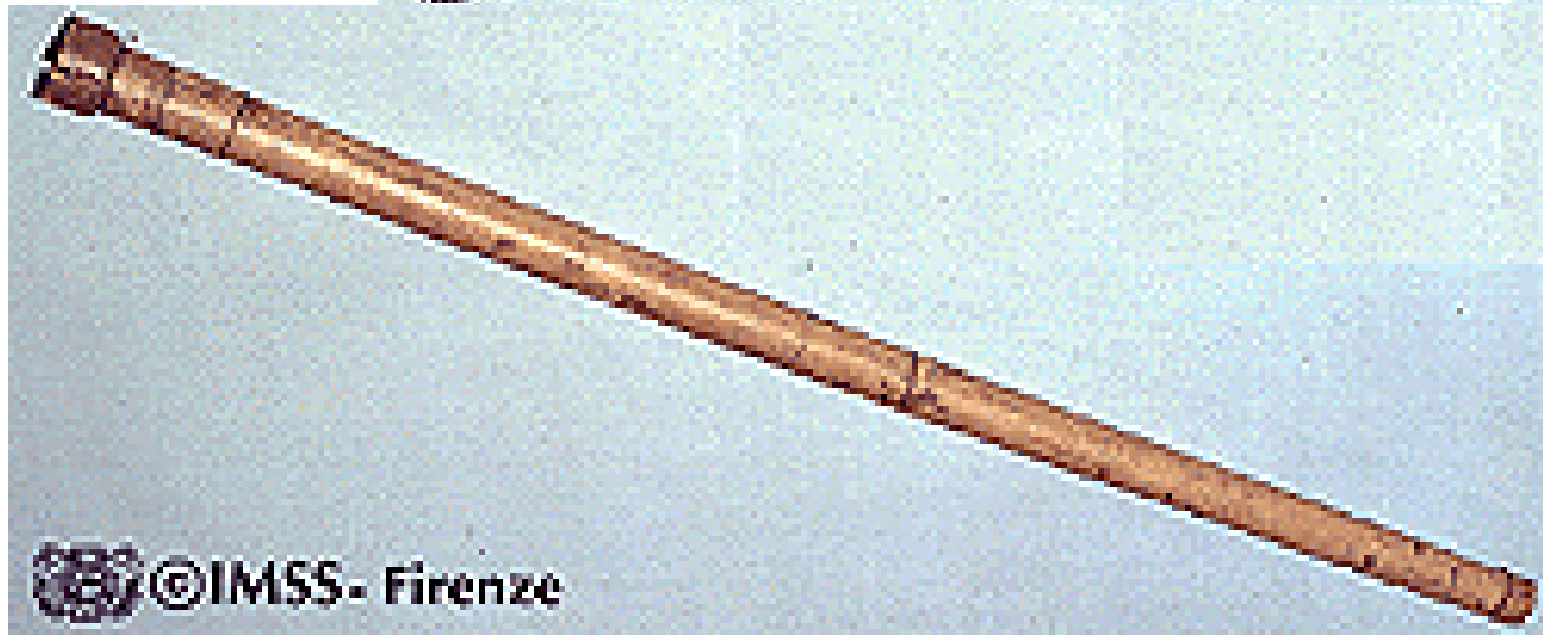
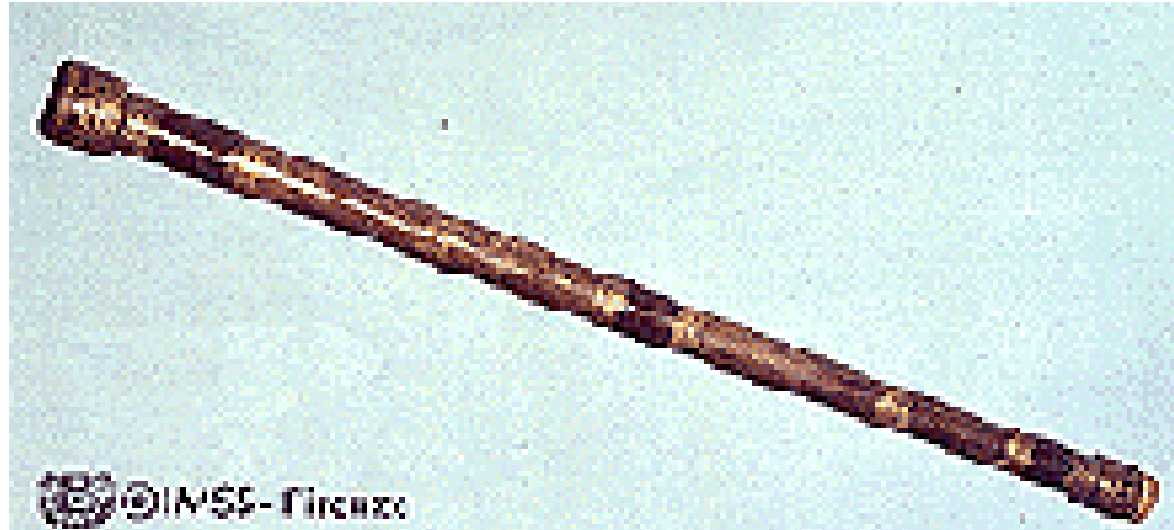
Galileo Galilei (1564-1642)

Legfontosabb művei:

- 1610: Sidereus Nuncius (Csillaghírnök)
- (1613: Levelek a napfoltokról)
- 1632: Párbeszéd a két legnagyobb világrendszeréről
- 1636: Beszélgetések a két új tudományról

Távcsöves megfigyelések

- 1608 (Hans Lippershey):
távcső feltalálása
- 1609: Galilei megépíti
sajátját, és észlelni
kezdi az eget



Galilei ujjja

„Ezzel az ujjal a nemes kéz rámutatott, hogy milyen hatalmas az égboltozat, új csillagokat mutatott csodálatos üveg-eszközével és leleplezte őket, s így elérte azt, mit Titánia sosem tudott.”



Korábban felfedezett „újdonságok”



Tycho Brahe (1546-1601): a távcső felfedezése előtti idők legnagyobb észlelő csillagásza

Az Uraniborgi Csillagvizsgáló Hven szigetén, ahol a Kepler-törvények alapjául szolgáló mérési adatok készülnek



1572: egy „új csillag”
(szupernova) megjelenik
a Cassiopeiában

→ az égbolt nem örök és
változatlan (létezik
rajta keletkezés és
pusztulás)



*Distantiam verò huius stellæ à fixis aliquibus
in hac Cassiopeiæ constellatione, exquisito instrumento,
& omnium minorum capacj, aliquoties obseruavi. In-
ueni autem eam distare ab ea, quæ est in pectore, Schedir
appellata B, 7. partibus & 55. minutis : à superiori
verò*

1577: egy hatalmas
üstökös jelenik meg

→ bizonyítja:

- Nem mérhető a parallaxisa, ezért messze van (a Holdnál legalább hatszor messzebb)
→ égi jelenség (nem légköri)
- Változik, tehát az égbolton is van mindenféle változás
- Mozgása alapján át kellene hatolnia a bolygókat hordozó szférákon
→ át kell gondolni az égi jelenségekre vonatkozó keretelméletet



Csillaghírnök

„Ebben a kis értekezésben nagy és minden egyes természetvizsgáló számára megnézendő s megfigyelendő dolgokat mondok el. Nagyokat, mondom, mind maguknak a dolgoknak a fontossága miatt, mind azért, mert ilyen újdonságokat még sose hallhattunk, mind pedig az eszköz miatt, amelynek jóvoltából az említett dolgok érzékeinknek szinte elébe mentek.

Hiszen valóban nagy dolog, hogy az állócsillagok sokaságához, amelyeket természetes lehetőségeink által a mai napig megláthattunk, még megszámlálhatatlanul sokat adtunk hozzá és tártunk szemünk elé, olyanokat, amelyeket eddig senki sem látott, és amelyeknek száma az eddig feljegyzettekét több mint tízszeresen felülmúlja.”

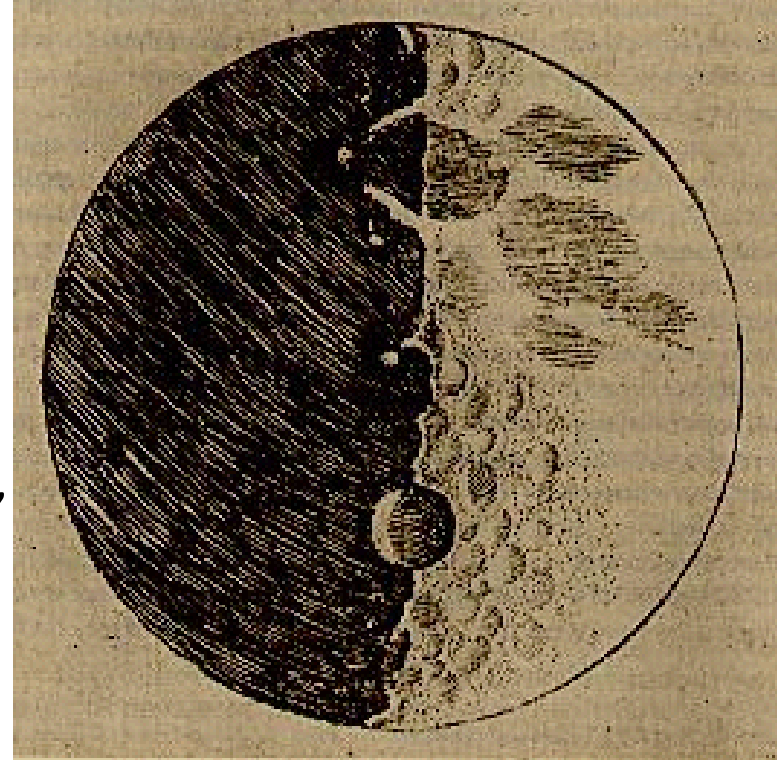


A Hold

„Igen szép és élvezetes a Holdat, amely nagyjából hatvan földugárnyira mozog tőlünk, oly közlelről szemlélni, mintha csak két földugárnyira lenne; miáltal a Hold átmérője mintegy harmincszor, felülete kilencvenszer, szilárd térfogata mintegy huszonhétézerszer nagyobbak tűnik fel, mint szabad szemmel nézve.

Ebből bárki biztosan megítélheti, ha van egy kis esze, hogy a Hold felszíne bizony nem lapos és mintegy kisimított, hanem érdes és egyenetlen; és mint maga a Föld felszíne is, jelentékeny magaslatokkal, mély gödrökkel és törésekkel zsúfolva van mindenfelé.”

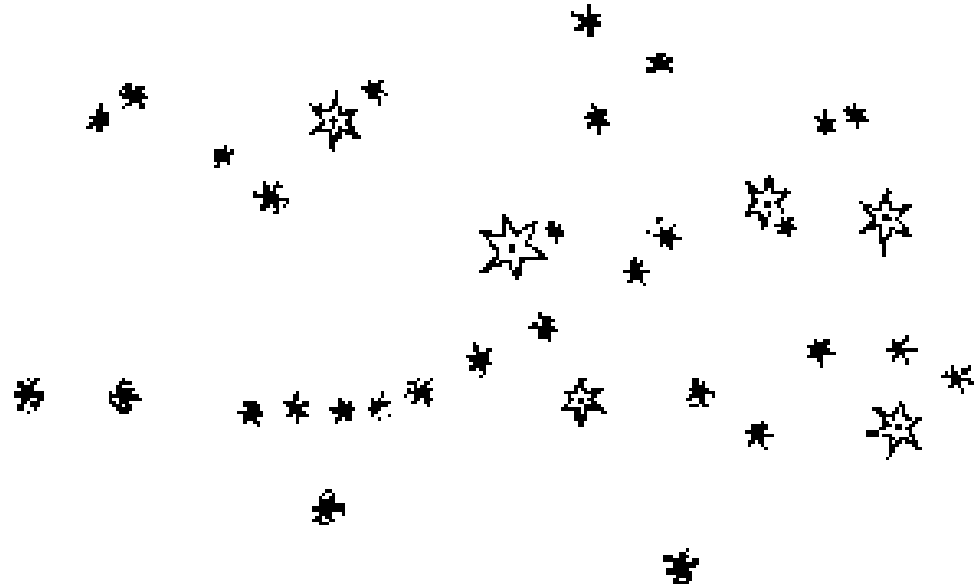
→ A Hold domborzata erősen hasonlít a Földére



A csillagok

„A Galaxisról, vagyis a Tejútról vitákba szállni, s annak természetét érzékeink, még inkább értelmünk számára nyilvánvalóvá tenni rövid időn belül alig látszik kifürkészhetőnek; hát még azon csillagok lényegéről, amelyeket egyes csillagászok „ködösnek” mondanak, kimutatni, hogy az teljesen más, mint eddig hitték – igen szép és élvezetes lesz.”

- A csillagok sokkal többen vannak, mint addig hitték (+ minél halványabb, annál több van belőle)
- A csillagok távcsövön át is pontszerűek (szemben a bolygókkal)
- A Tejút köde számtalan halvány csillag összemosódott fénye



A Jupiter holdjai

„És ami minden csodálkozáson messze túltesz, és ami elsősorban arra bír minket, hogy minden csillagász és filozófus figyelmét felhívjuk, az az, hogy négy bolygócsillagot fedeztünk föl, melyeket előttünk senki sem ismert vagy észlelt; amelyeknek az ismert csillagok közül az egyik nevezetes csillag körül, mint a Merkúr, vagy a Vénusz a Nap körül, megvan a saját keringési periódusuk, s azt hol megelőzik, hol követik, de bizonyos határon túl sosem távolodnak tőle el.”

Observationes Jovianae
1610

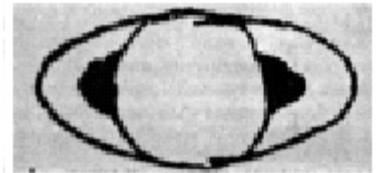
2. J. Jovis. man. H. 12	○ **
30. man.	** ○ *
2. Jovis.	○ ** *
3. man.	○ * *
3. Ho. 5.	* ○ *
7. man.	* ○ **
6. man.	** ○ *
8. man. H. 13.	* * * ○
10. man.	* * * ○ *
11.	* * ○ *
12. H. 4. uel. 1.	* ○ *
13. man.	* ** ○ *
14. Casse.	* * * ○ *

Kimondatlan tanulságok

- Hold: nem tartható az arisztotelészi elképzelés, amely lényegileg különbözőnek látja az égi és a földi világot
- Csillagok: sok van + pontszerűnek látszanak
→ a világegyetem nagyobb, mint sejtettük
(+ a bolygók sokkal közelebbek, mint a csillagok, és ez Kopernikusz elméletével van összhangban)
- Jupiter: a világ mozgásai nem egyetlen középpont körül mennek végbe (ókori: minden a Föld körül), hanem több mozgásközéppont is van (Kopernikusz: a bolygók esetén a Nap, a Hold esetén a Föld...)

További észlelések: Szaturnusz

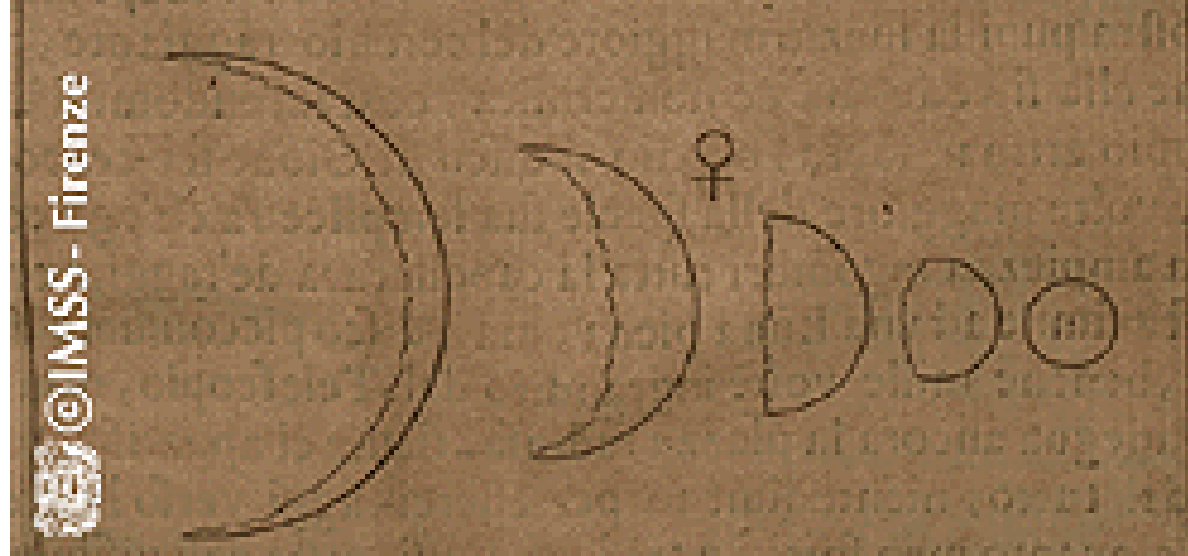
- 1610: két holdat lát mellette
- Később: eltűnik (éléről látszik a korong)
- 1616: már gyűrűnek látszik



→ új jelenségek, izgalmas felfedezni valók az égbolton

(A csillagászat már nem az elvont matematikai rendszerek sportja, hanem a megfelelő eszközzel rendelkező érdeklődő laikus is fontos és látványos felfedezéseket tehet.)

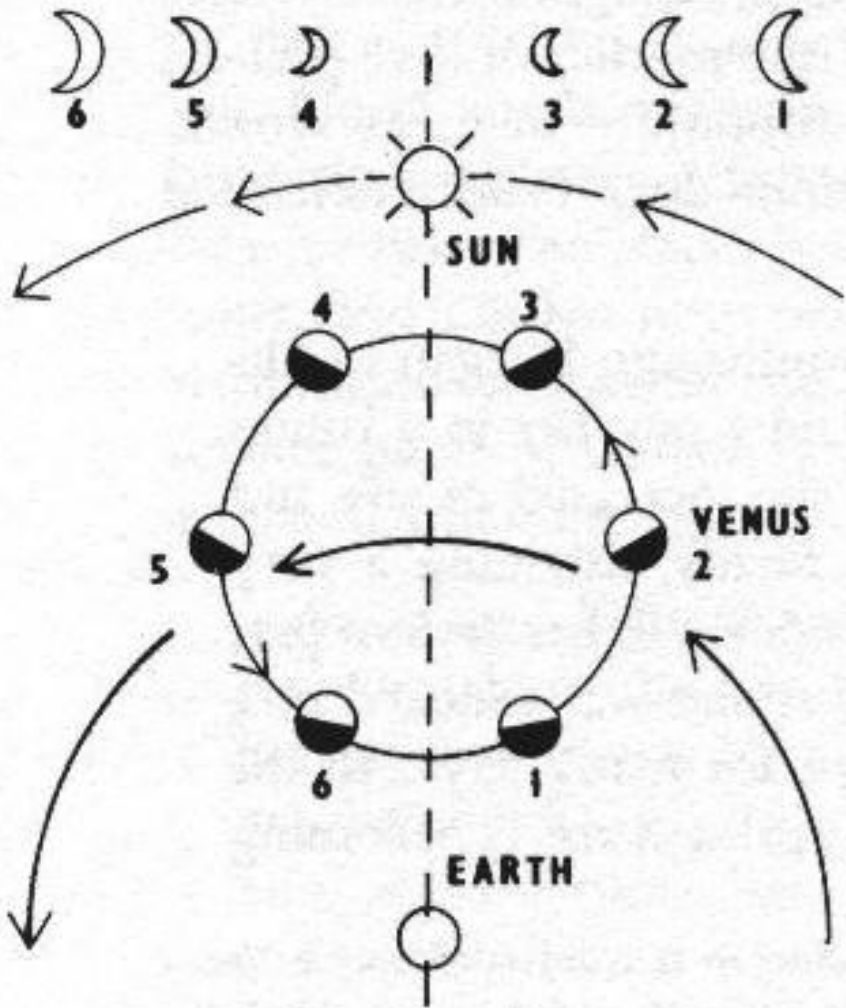
Vénusz



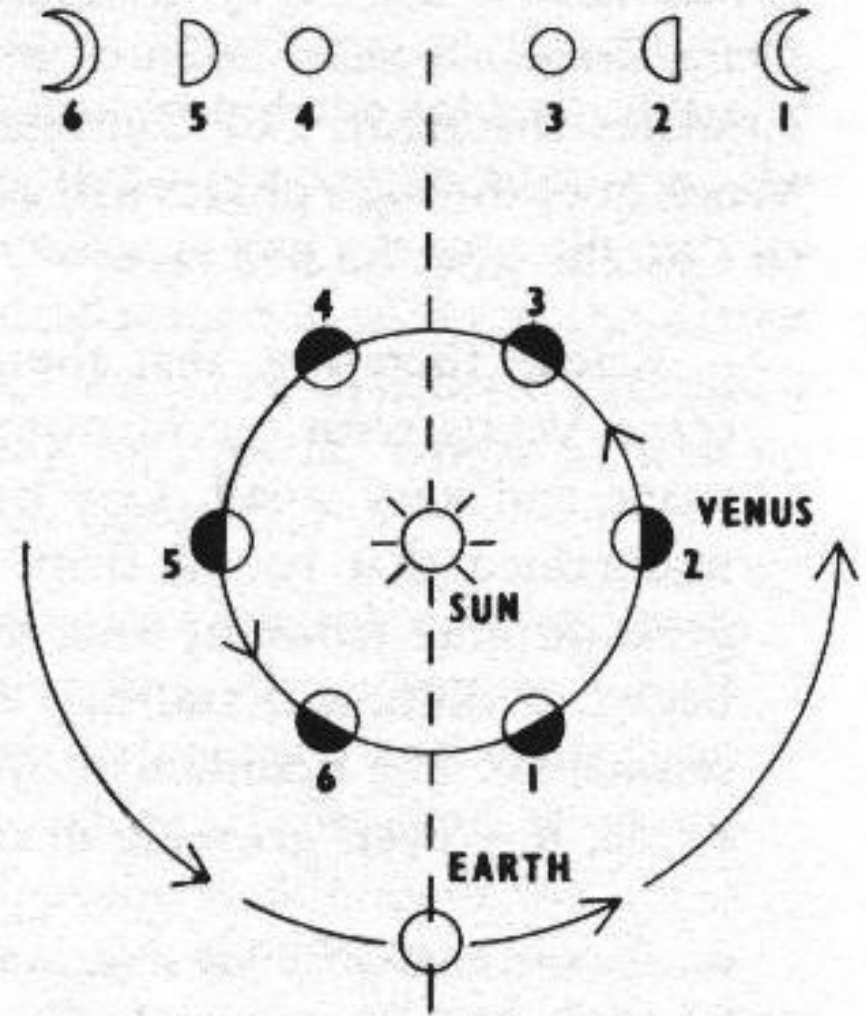
A Holdhoz hasonlóan fázisokat mutat!

Tanulságok:

- A Naptól kapja a fényét
→ a bolygók nem az önmagától ragyogó „ötödik elemből” vannak, hanem a Földhöz hasonlóak → Kopernikusz elméletét támasztja alá
- A fázisok és méret összefüggése azt mutatja, hogy a Vénusz a Nap körül kering, ahogy Kopernikusz jósolja



A fázisok várható változása
Ptolemaiosz elmélete szerint



A fázisok várható változása
Kopernikusz elmélete szerint

A Nap

Kormozott üvegen keresztül nézve:
napfoltok!!!

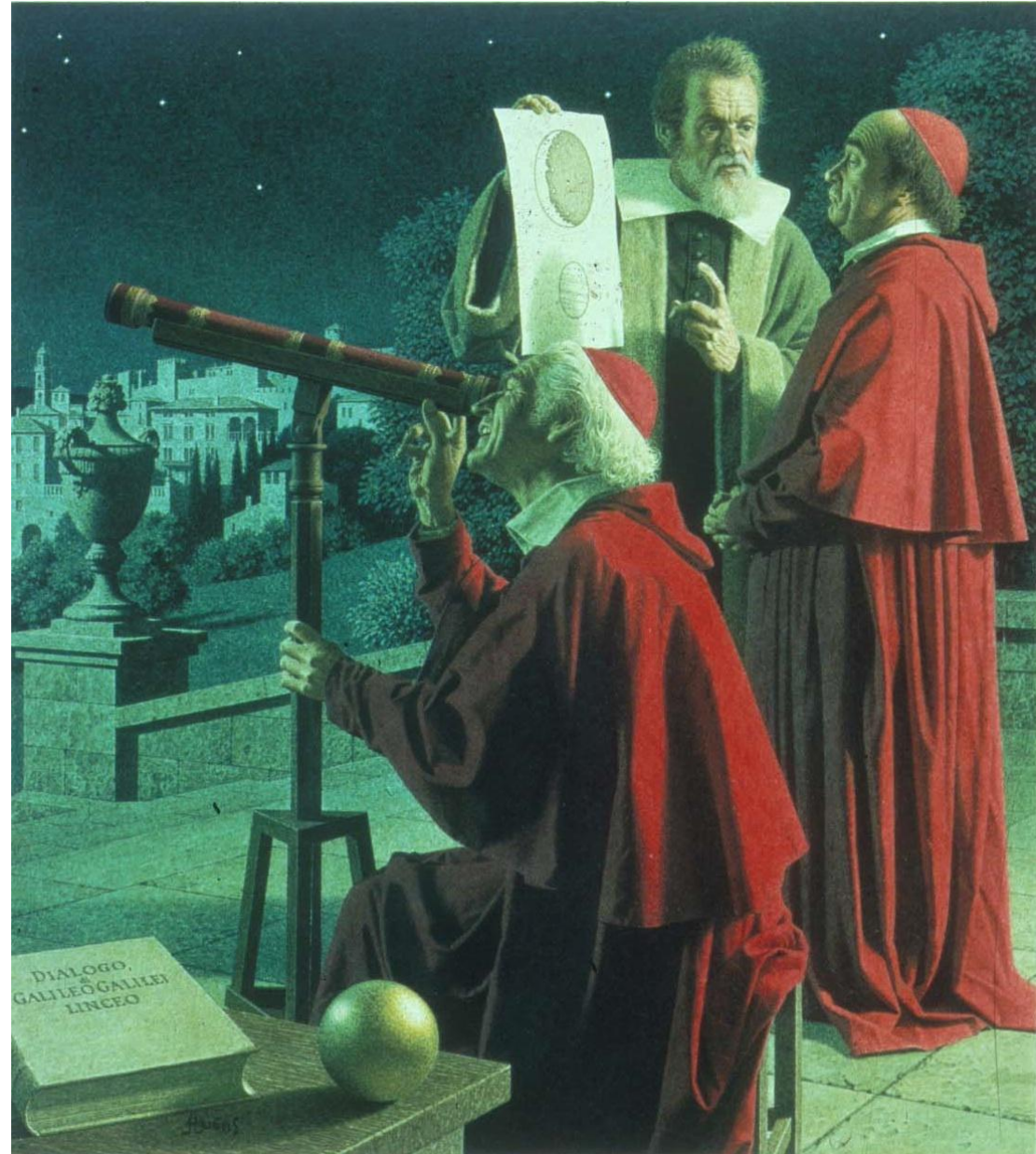
Tanulságok:

- A Nap nem tökéletes
(→ az égbolt nem áll tökéletes anyagból)
- A foltok nem állandóak, azaz a Napon létezik keletkezés és pusztulás
(míg az arisztoteléliánus tudomány ezeket a változásokat nem ismeri el az égi jelenségek körében)
- A nap forog (→ Kepler ezt felhasználja a bolygómozgás-magyarázatában)



Galilei távcsöves bemutatókat szervez éjjel (bolygók, csillagok) és nappal (Nap):

- népszerűsíti a csillagászat problémáit, új színben állítja be azokat
- új típusú problémákat vet fel, érdekesebbé teszi
- újabb (és új típusú) támogatókat szerez a kopernikuszi elmélet számára: érdeklődő laikusok, „amatőrök”
- kikényszeríti, hogy a kopernikanizmus kérdése fontos probléma legyen az egyház és a művelt értelmiség számára



Galilei perei

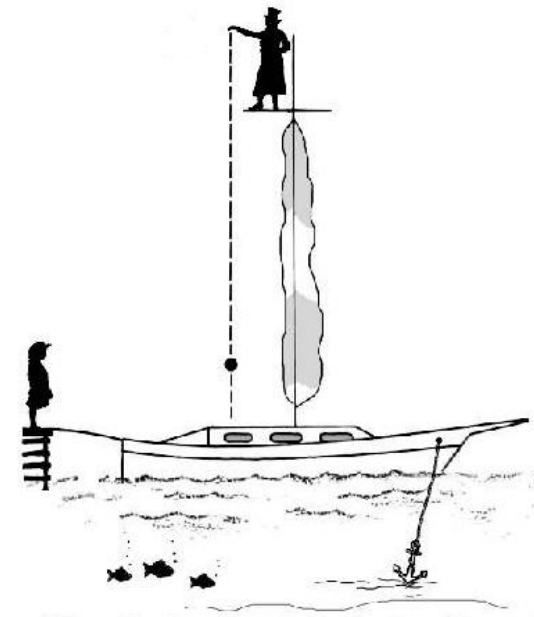
- 1616: első vizsgálat a Római Szent Inkvizíció által:
Kopernikusz műve indexre került (kisebb módosítások kellenek)
A vizsgálat eredménye: a kopernikuszi elmélet tanítható, de nem mint a világ igaz leírása, hanem mint matematikai hipotézis
- 1632-33: második vizsgálat: a *Párbeszéd* betartja-e azt a megállapodást, hogy a világképek melletti és elleni érveket sorakoztat fel, vagy túlmegy, és elköteleződik az egyik mellett?
Eredmény: nem tartja be a megállapodást
Ítélet: háziőrizet élete végéig

Simplicio karaktere

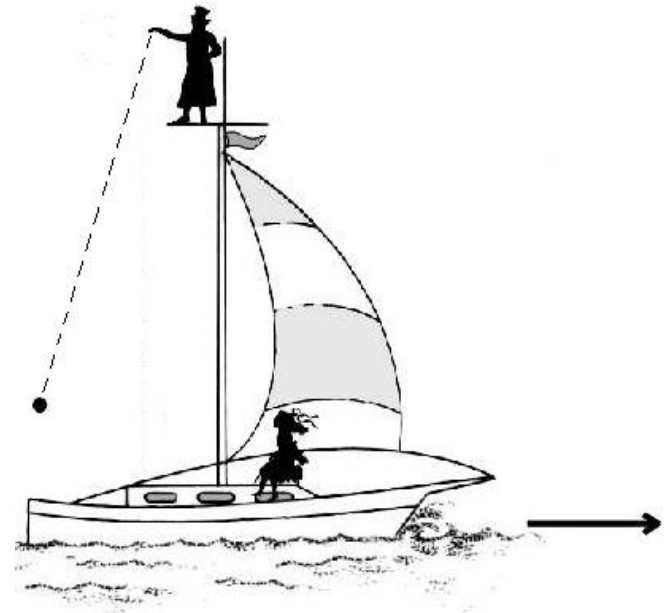
- Az arisztotelészi tanok képviselőjéről már a nevéből is kiderül, hogy hülye
- Ráadásul tájékozatlan. Pl. 2. nap, miután Salviati összefoglalja a Föld mozgása *elleni* érveket:
„SIMPLICIO. Ó, hiszen ezek ellen az érvek ellen lehetetlen hatásos ellenvetéseket felhozni!
SALVIATI. Újak talán számodra?
SIMPLICIO. Valóban újak! Most először látom, hogy a természet a maga szeretetreméltóságában milyen szép kísérleteket bocsátott rendelkezésünkre, hogy megkönnyítse számunkra az igazság megismerését. Ó, milyen szépen egyezik az egyik igazság a másikkal, és együttesen milyen megcáfolhatatlan bizonyító erejű egységet alkotnak!”
- Ráadásul a pápa (VIII. Orbán) retorikai fordulatait használja...

A hajós kísérlet (Párbeszéd 2. nap)

- Arisztotelianusok szerint:
Az árbocról ejtett test mindig lefelé,
a Föld kp-ja felé esik
 - Ha áll a hajó: az árboc mentén:
 - Ha mozog a hajó: az árboc közben elmozdul, tehát attól távolodva:



- Galilei szerint: a mozgás relatív,
azaz mindig az árboc mentén
mozog a test
- „döntő kísérlet”: elvégezzük, és
kiderül, kinek van igaza



SALVIATI. (...) Végrehajtottad-e már valaha a kísérletet a hajóval?

SIMPLICIO. Én nem, de azt hiszem, hogy azok a szerzők, akik hivatkoznak rá, igen gondosan foglalkoztak vele. Amellett a különbség oka oly magától értetődő, hogy nem marad lehetősége semmiféle kétségnek.

SALVIATI. Hogy a szerzők hivatkoznak rá, anélkül, hogy végrehajtották volna, azt magad tanúsítod a legékezzőlőbban. Mert anélkül, hogy magad végrehajtottad volna, mint bizonyosat idézed, és jóhiszeműleg rábízod magadat az ő szavukra. Valószínűleg, sőt szükségképpen így cselekedtek azok is, nyilván az elődeikre bízta magukat, anélkül, hogy valaha akadt volna egyetlenegy is, aki a kísérletet valóban végrehajtotta volna. Mert mindenki, aki ezt megteszi, rá fog jönni, hogy éppen az ellenkezője történik annak, ami meg van írva. Mert az ember arra az eredményre jut, hogy a kő mindig a hajónak ugyanarra a pontjára esik, akár áll a hajó, akár tetszés szerinti sebességgel mozog. De minthogy a Földnek és a hajónak egyformán kell viselkednie, a kő függőleges eséséből és a torony lábához érkezéséből a Föld mozgására vagy mozdulatlanságára semmit sem lehet következtetni...

SIMPLICIO. Ha nem a kísérlet segítségével bizonyították volna, akkor véleményem szerint vitatkozásunk még nem ért volna véget. Mert szerintem ez a kérdés az emberi spekuláció számára annyira megközelíthetetlen, hogy senki sem merészelhet valamit gondolni vagy sejteni.

SALVIATI. Én pedig mégis leszek olyan bátor.

SIMPLICIO. Tehát te nemcsak hogy százszor nem, de egyetlenegyszer sem végezted el a próbát, és mégis egyszerűen bizonyos vagy az eredményben? Visszatérek hitetlenségemhez és kezdeti meggyőződésemmhez, hogy a főbb szerzők, akik hivatkoznak rá, végrehajtották a kísérletet, és pedig az általuk előadott eredménnyel.

SALVIATI. Kísérlet nélkül is bizonyos vagyok benne, hogy az eredmény az lesz, amit én mondtam, mert annak kell lennie. Sőt, tovább megyek, te magad is éppoly jól tudod, hogy a kísérlet eredménye nem lehet más, még ha azt képzeled, vagy azt szeretnéd is hinni, hogy nem tudod. Én azonban olyan mesterien tudok az emberi lélekkel bánni, hogy ki fogom belőled erőszakolni a beismerést.

Gondolatkísérletek

- Pl. szabadesés törvénye: a különböző „nehézségű” (tömegű) testek ugyanakkora „sebességgel” (gyorsulással) esnek (közegmentes térben)
- Legenda: az ifjú Galilei testeket dobál a pisai ferde toronyból
- Legenda forrása: az idős Galilei (de a fiatalkorából erről semmi feljegyzés nem maradt)

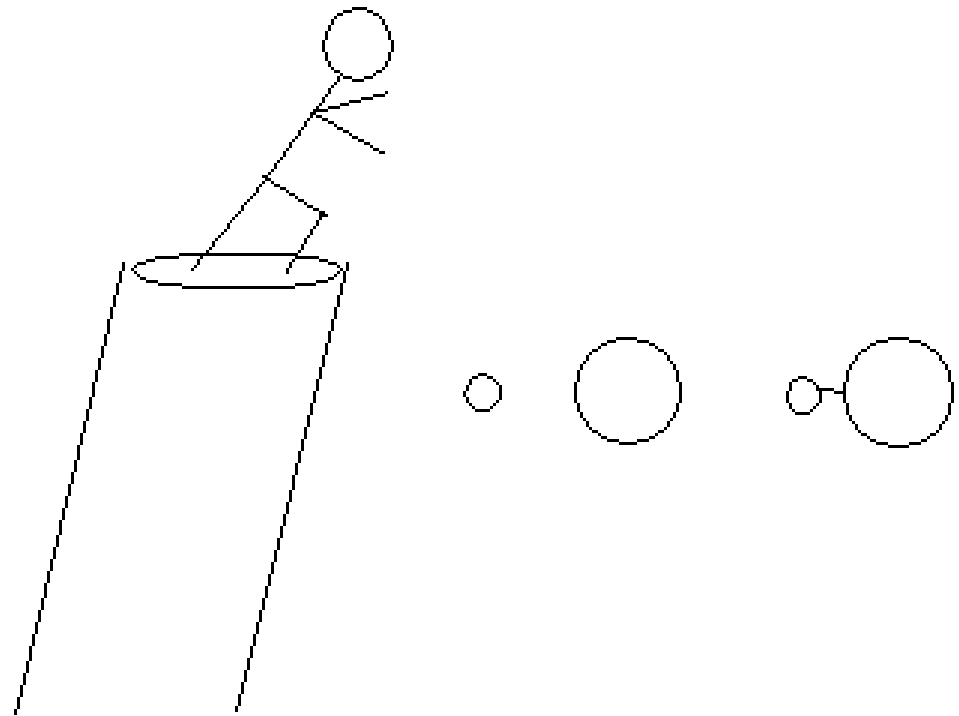
- Nem kell: be lehet látni puszta spekulációval is!
- (Kérdés: sokat kísérletezett Galilei?
Régi válasz: igen: a Firenzei Kísérleti Társaságot tanítványai alapították, stb.
Újabb válasz: egyáltalán nem, arisztotelianus volt
Még újabb válasz: mit jelent a 17. sz. elején, hogy „kísérlet”?)

Salviati: Egyébként a tapasztalati tények ismerete nélkül is rövid és meggyőző érveléssel be lehet bizonyítani, mennyire nem igaz, hogy a súlyosabb test gyorsabban mozog [értsd: esik], mint a nála könnyebb... [...]

Ha tehát van két mozgó testünk, amelyek természetes sebessége nem egyenlő, és a lassúbbat összekötjük a gyorsabbal, nyilvánvaló, hogy a lassúbb akadályozza a gyorsabbat, ez utóbbi viszont növeli a lassúbb sebességét. [...]

Igen ám, de ha ez így van, az is igaz, hogy ha van egy nagy kövünk, amely mondjuk nyolcegységnyi sebességgel mozog, egy kisebb pedig négyegységnyivel, és összekötjük, ketten együtt a nyolcegységnyinél kisebb sebességgel fognak mozogni: ugyanakkor a két összekötött kő együttesen nagyobb, mint az első, amely nyolcegységnyi sebességgel mozgott: ezek szerint a nagyobb kő lassabban mozog, mint a kisebb, ami ellentmond az Ön alapfeltevésének.

(Galilei: *Matematikai érvelések és bizonyítások*, 77-78. o.)



A példa rekonstrukciója:

<i>Hipotézis:</i>	$v(N) > v(K)$	(N gyorsabb.)
<i>1. következmény:</i>	$v(N) > v(N+K) > v(K)$	(N gyorsítja K-t, K lassítja N-t)
<i>2. következmény:</i>	$v(N+K) > v(N) > v(K)$	(N+K még N-nél is gyorsabb)
<i>Konklúzió:</i>	$v(N+K) = v(N) = v(K)$	(ellentmondás)

→ A hipotézis hamis.