

A csillagászat történetének kiemelkedő alakjai.

Elterjedt az a mondás, hogy a középkor sötét volt. A tudomány fejlődése ennek ellentmond. Egyre inkább a gondolkodás és nem a vakhit került előtérbe. Ezt pedig a korabeli gazdasági és politikai változások idézték elő. A ptolemaioszi rendszer dogmatikussá tett „falai” a nagy földrajzi felfedezések idején kezdtek repedezni. A tengerhajózásban alapvetően fontos a pontos helymeghatározás. Ha pedig addig ismeretlen területre tévedtek, akkor annak feltérképezése. A sikerhez precíz bolygótáblázatokra és pontos szög- és időmérő eszközre van szükség. A geocentrikus rendszer által felkínált – előre kiszámított – bolygó helyzetek pontossága már nem felelt meg az elvárásoknak. Emiatt előfordult, hogy a navigációs hiba több száz kilométeres értékű lett.

A Mars bolygónál találták a legnagyobb eltérést az előre jelzett és megfigyelt pozíció között. (Ennek a későbbiekben tudománytörténeti jelentősége lett.)

Így a biztonságos és pontos navigálási igény kikényszerítette a tudományos felfogás gyökeres átalakítását.

Nikolausz Kopernikusz.

Ez a latin nyelvű neve. Az eredeti lengyel pedig: *Mikolaj Kopernik*. A család több generáción át réz kereskedelemről élt. Innen ered a név: cuprum = réz.

1473. február 19-én született Torunban. 10 éves korában árva lett. Taníttatását *Lucas Watzenrode* fromborki püspök vállalta. Széles műveltségének köszönhetően Kopernikuszt is felvilágosult, humanista, reneszánsz műveltségű embernek nevelte. Ennek köszönhetően 33 éves koráig járhatott az itáliai egyetemekre, ahol – a kornak megfelelő szintű teológiai, jogtudományi, orvostudományi, matematikai, csillagászati ismeretekben szerzett jártasságot. Emellett a görög és a latin nyelv ismerete is alapvető volt ahhoz, hogy valaki sikeres lehessen.

Már az ott eltöltött évek során felvetődött benne az a gondolat, hogy a ptolemaioszi szemlélet alapjaiban hibás lehet. Több évtizeden át dolgozta ki a forradalminak számító új világkép alapjait, amelyet ma napközéppontú (heliocentrikus) rendszerként ismerünk.

Matematikai számításokkal mutatta ki, hogy ez a szemlélet sokkal egyszerűbb, mint az ókori. Nem kell a bonyolult, összetett körpályák által diktált számításokat elvégezni, ha feltételezzük, hogy a Föld forog a tengelye körül, és a Nap körül kering.



Az eredeti könyv egy részlete.

Kopernikusz kéziratából 1543-ban született meg a híres könyv. *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Az égi pályák körforgásairól) lett a címe. Nürnbergben jelent meg. *Andreas Osiander* lutheránus teológus és matematikus – Kopernikusz tudta nélkül – „kiadói előszót” illesztett a könyv elejére, mely szerint a könyvben található valamennyi elképzelést hipotetikusnak kell tekinteni, nem pedig a valóság leírásának! Talán ennek köszönhető, hogy a katolikus egyház hosszú ideig nem figyelt fel erre a korszakváltó műre.

A kinyomtatott könyvet 1543. május 25-én vitték Kopernikusz halálos ágyához. Aznap elhunyt.



A Kopernikusról kiadott bélyegpáros. A baloldalon az új világgép, mellette pedig az ő elképzelt arcképe látható. Néhány évvel ezelőtt megtalálták a sírját. Az ott talált csontok alapján így nézhetett ki idős korában.

A körpályán való mozgástól ő sem tudott elszakadni, de elvetette a bonyolult segédkörök rendszerét. Mivel még nem tudhatta, hogy a körök helyett ellipszispályákat kellett volna figyelembe venni, ezért az általa számított bolygó pozíciók sem voltak pontosak.

Viszont: *magyarázatot adott a precessió jelenségére.* Azt is felismerte, hogy a Föld napközi keringésének tükröződése miatt *minden csillagnak parányi, éves periodikus elmozdulást kellene mutatnia.* Ezt azonban a mi eszközeinkkel nem tudjuk kimutatni – írta ő, hiszen a csillagok a Nap és a Föld távolságához képest óriási messzeségben vannak.

Kopernikusz legnagyobb érdeme ideológiai volt: ezzel a könyvvel született meg a látszaton túl jutó csillagászat – mely szerint az égi és a földi világ között szoros kapcsolat van – és vele együtt az újkori természettudomány.

Kopernikusz tanai ellentétben álltak az akkori „hivatalos” Föld- és emberközpontú világgéppel, ezért könyvét az egyházi hatóságok 1616-ban betiltották, azaz pápai indexre került. A korlátozást csak 1835-ben szüntették meg!

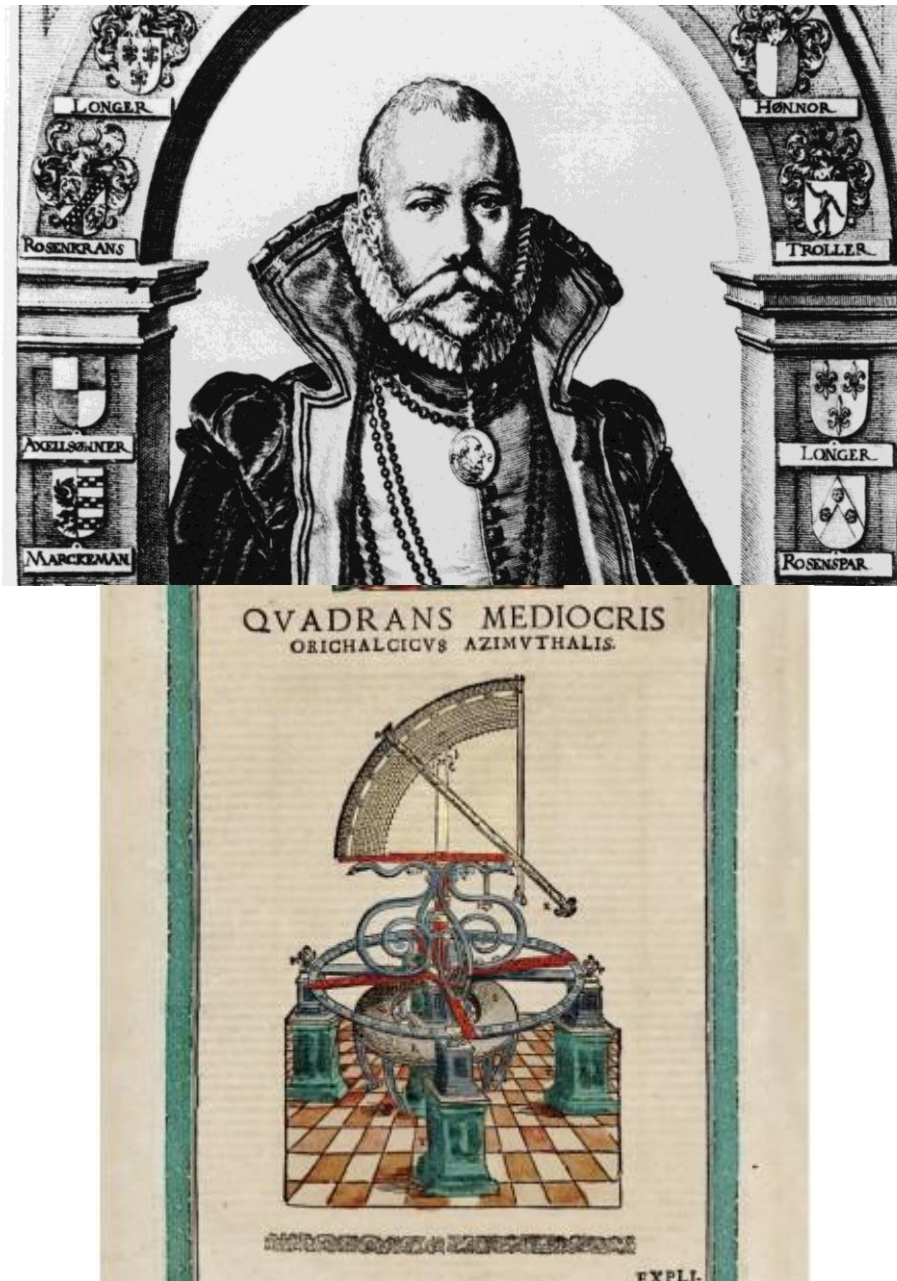
Giordano Bruno (1548-1600) itáliai szerzetes és filozófus volt az, aki fennen hirdette az új világgép igazát. Szerinte a Nap csak egy, a sok milliányi csillag közül, számos, a Földhöz hasonló lakott világ létezik. A Föld sincs kitüntetett helyen. Nézeteiért eretnokséggel vádolták meg, majd máglyára küldték. Egyes vélemények szerint az volt a főbűne, hogy tagadta a Szentháromságot.

Galileo Galilei szintén a napközéppontú elképzelés szilárd híve lett. Meggyőződését megerősítették távcsővel végzett megfigyelései, amelyek alátámasztották az új szemlélet helyességét.

Tanai miatt 1616-ban az inkvizíció (egyházi ítélőszék) elé idézték, és meghurcolták. A máglyahalált csak úgy tudta elkerülni, hogy megtagadta nézeteit. (Lásd később.)

Tycho Brahe

A dán csillagász 1546. december 14-én született. A távcső előtti kor leghíresebb asztronómusa volt, mivel ő rendelkezett a legpontosabb szögmérő eszközökkel. Ezek egyike a kvadráns, amely egy negyedkör ívén forgatható célzásra alkalmas rúd volt.



*Tycho Brahe dán csillagász.
Az egyik kvadránsa.*

Tanulmányai során beutazta Európát. Így találkozott IV. Vilmos hesseni tartománygróffal, aki a csillagászat pártfogója volt. A gróf II. Frigyes dán uralkodó figyelmébe ajánlotta Brahe személyét. Ennek hatására a király az egyik tengerszorosban lévő Hven szigetén

csillagvizsgáló megépítéséről döntött, melynek vezetőjéül Brahét nevezte ki. Ő *Uraniborgnak* (Az ég kapuja) keresztelte el az intézményt.

Néhány évvel korábban – 1572. november 11-én – egy „új” csillagot vett észre a Cassiopeia csillagképben. Azért volt új, mert addig ott nem volt látható korábban. A nóva fénye egyre halványabb lett, majd egy év elteltével már nem látszott. *Tychót elsősorban a csillag pozíciója érdekelte. Nem tudott helyzetváltozást kimutatni. Ezt parallaktikus elmozdulásnak hívjuk. A Föld keringése miatt egy csillagot mindig más látóirányban lehet észrevenni az égi háttér előtt.* Ebből arra következtetett, hogy a nóvának az állócsillagok szférájához kell tartoznia. *Arisztotelész* azt vallotta, hogy ebben a szférában minden változatlan. De a megfigyelés ennek az ellenkezőjét igazolta. Tehát ez azt bizonyította, hogy *az ókori elképzelés helytelen.*

1577-ben ez fényes üstökös tűnt fel az égbolton. Ennek a helyzetét is folyamatosan mérte.

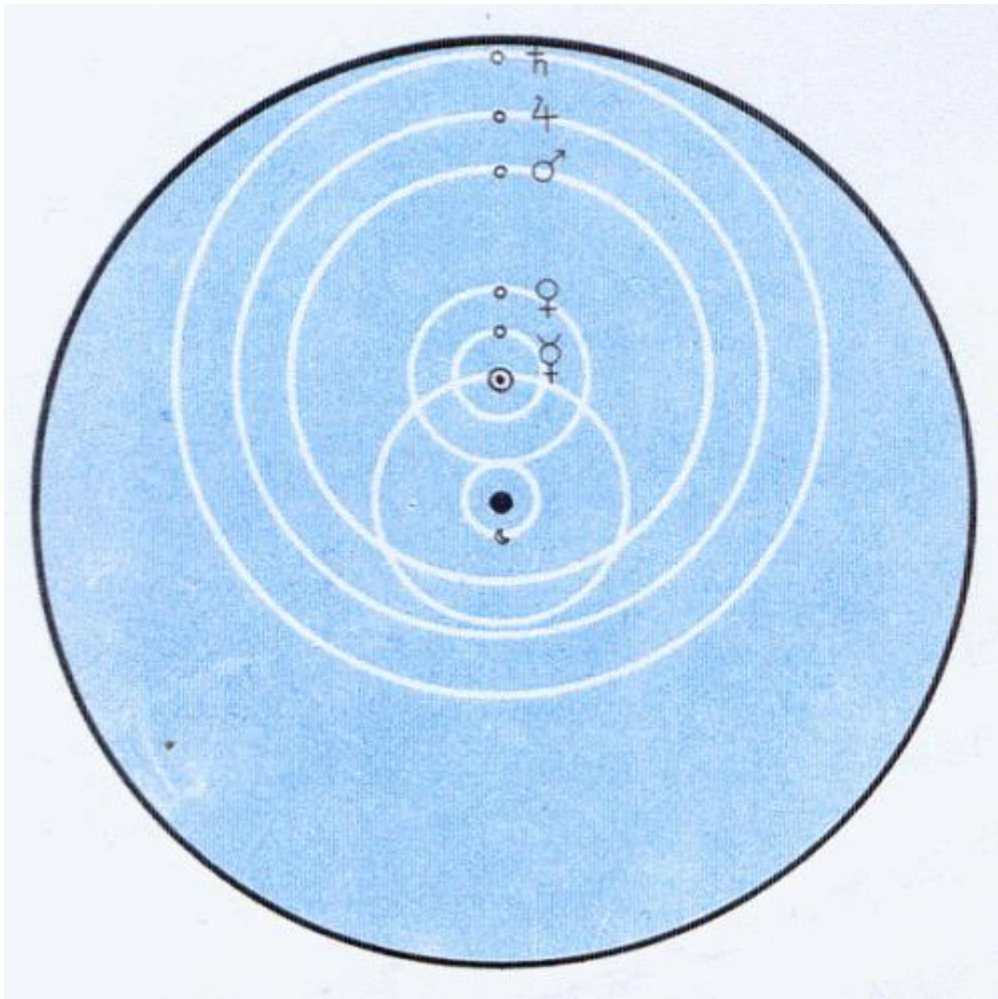
Az ókori elképzelés szerint az üstökösök a földi légkör kipárolgásai és a Hold alatti (értsd: a Hold és a Föld közötti térség) világhoz tartoznak. A saját és mások által végzett mérések alapján megállapította a fenti nézet tarthatatlanságát, mivel a kométa nem mutatott parallaktikus elmozdulást. *Újabb ellentmondás.*

Ráadásul az üstökös úgy mozgott, hogy több ókori – elképzelt – szférán kellett áthaladnia. Azonban semmilyen akadályozó hatást nem lehetett megfigyelni.

II. Frigyes halála véget vetett az addigi felhőtlen kutatómunkának. Az új uralkodót nem érdekelte a tudomány, így Brahe kénytelen volt 1597-ben először Hamburgba menni, majd pedig két évvel később Prágában telepedett le. *II. Rudolf* német-római császár hívta őt a cseh városba.

Brahe a Nap megfigyelése révén – minden korábbinál pontosabban – határozta meg az esztendő hosszát. Eredménye: 365 nap 5 óra 48 perc 45 másodperc. Ez a ma ismert tropikus év hosszától mindössze egyetlen másodperccel tér el!

Folyamatosan mérte a bolygók égi helyzetét is. A csillagok iránymérése során nem tudott semmilyen változást kimutatni, ezért arra a következtetésre jutott, hogy a Föld nem keringhet a Nap körül. Így nem fogadta el teljes egészében Kopernikusz világméretűt, de nem tudott azonosulni az ókorival sem. Egy „hibrid” – a két felfogás közé eső – rendszert alkotott. Szerinte a Hold és a Nap a Föld körül kering, de a bolygók a Nap körül végzik mozgásukat.



Tycho Brahe világmérendszere.

Brahe felfigyelt *Johannes Kepler: *Mysterium Cosmographicum** című művére, és Prágába invitálta. 1600. február 4-én találkoztak. Kepler lett Brahe asszisztense. A kettejük közötti viszonyt nem lehetett barátinak nevezni. Brahe indulatos, hirtelen haragú, vérbő ember volt. Egy párbaj során levágták az orrát, melyet aranyból és ezüsből készült lemezzel pótolatott. A gazdag megfigyelési anyagát még Kepler előtt is rejtegette, és csak annyit adott át neki, ami az általa végrehajtandó feladathoz feltétlenül szükséges volt. Kettejük „együtműködése” hamarosan véget ért.

Brahe a mértéktelen evés-ivás híve volt. Mai szóhasználattal élve: két végén égette a gyertyáját. Ennek eset áldozatul. 1601. október 24-én – egy dínom-dánom alatt bélcsavarodásban halt meg.

II. Rudolf Keplert tette meg utódnak. Ő pontosan tisztában volt a felhalmozott megfigyelési anyag jelentőségével, így a tudományos hagyatékot az örökösöktől megvásárolta.

Johannes Kepler

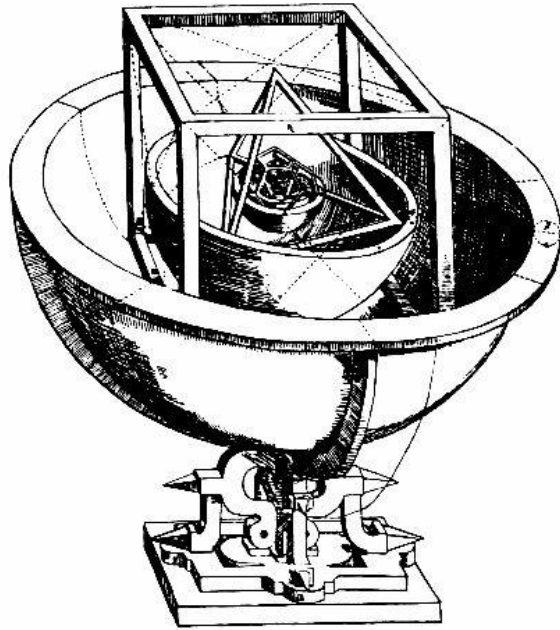
„Kinyomoztam fogamzásom pillanatát. Ez 1571. május 16-án reggel 4 óra 37 perckor történt.” – írta a saját családjáról általa készített horoszkópban. Majd így folytatta: „Így azután idő előtt – 32 hétre – azaz 224 nap és 10 óra múltán (1571. december 27-én) születtem.”

Weilben, a Fekete-erdő szélén fekvő kisvárosban látta meg a napvilágot. Beteges gyerek volt. Apja nem szerette. Ez azonban nem tette őt önsajnálóvá, épp ellenkezőleg. A nyomorúság erőt és munkabírást adott neki, bár rendkívül érzékeny és türelmetlen lelkületű volt. (A híres csillagász életét *Száva István: Az ég törvénye* című könyvében dolgozta fel.)

Az alapos matematikai ismeretekkel rendelkező tudós tisztelte a geometriát. Így próbált meg egy új világgépet megalkotni.

A tetraédert, a kockát, az oktaédert, a dodekaédert és az ikozaédert (ez az öt szabályos euklideszi test) egymásba helyezte, és megállapította, hogy ezekbe a szabályos testekbe és a körükük olyan gömböket lehet írni, amelyeknek átmérői megfelelnek a kopernikuszi rendszer bolygópályái méreteinek. Ha a Szaturnusz szférájába egy kockát rajzolunk, az ebbe beírt gömb éppen a Jupiter szférája. Ha a Nap körüli gömbbe, melynek sugara egyezik a Jupiter pályájával (Jupiter-szféra), egy tetraédert teszünk, az ebbe írt gömb átmérője egyezik a Mars pályájával. Hasonlóképpen kaphatjuk meg a Föld, a Vénusz és a Merkúr bolygók pályasugarát, ha a szabályos testeket a dodekaéder, ikozaéder és oktaéder rendszerben egymásba illesztjük. (*Dieter B. Herrmann: Az égbolt felfedezői* című könyvéből idéztem, mely kiválóan foglalja össze a csillagászat történetét).

Kepler komolyan hitte, hogy a bolygórendszer geometriai elvek alapján épül fel. A fenti elképzelést – a már korábban említett – *Világtitok* – című könyve ismerteti. A megjelenésekor mindössze 25 esztendő volt.



*Johannes Kepler német csillagász és matematikus egy korabelifestményen. A *Mysterium Cosmographicum* könyvében megjelent ábrázoláson a bolygórendszer szabályos testekre épülő modellje.*

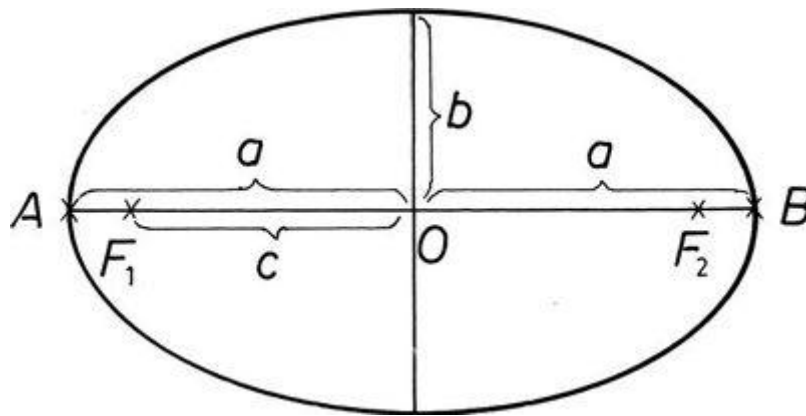
Többek között ezt írta: „a fontos az, hogy a szemünkkel látott dolgok létezésétől eljussunk a létezésük és mozgásuk okaihoz.” Ez a gondolat vezérelte, így jutott el a forradalminak számító bolygómozgás törvényeinek felismeréséhez. *Méltán tekinthetjük őt az ég törvényhozójának.*

Brahe megfigyelési anyagát Kepler dolgozta fel és tette világhírűvé.

Korábban a bolygópályákat mindenki körnek tekintette, ezért az egyenletes körmozgás létezett csak.

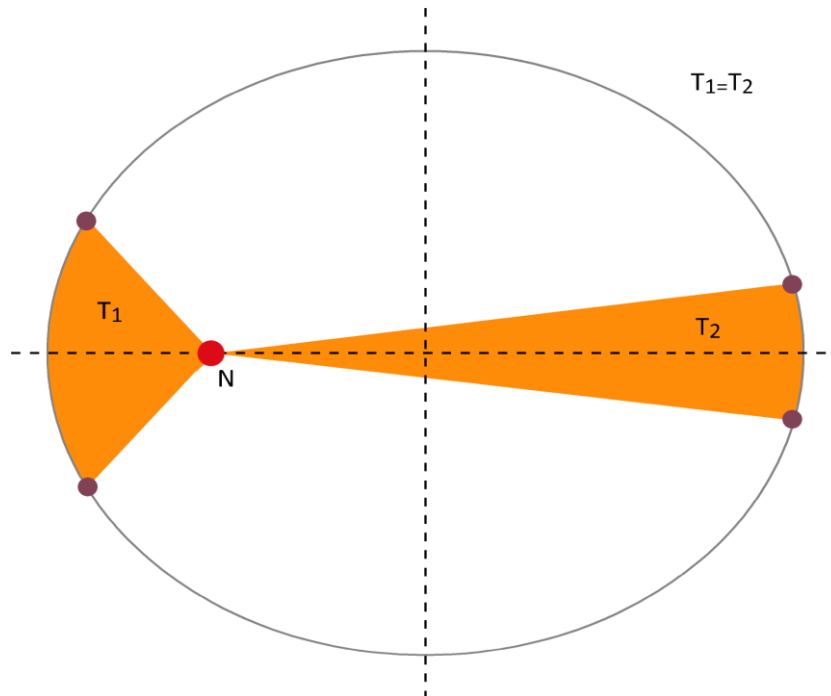
A Mars mozgása azonban azt mutatta, hogy sem egy körrel, vagy excentrikus módon (lásd korábban) sem lehetett a megfigyelt és az előre jelzett helyzeteket összhangba hozni. Ezért Kepler megpróbálta az ellipszis révén leírni a bolygó pályáját. Sikerült! *Ő volt az első olyan gondolkodó, aki az elmélet és a gyakorlat (megfigyelés) eredményeit sikerrel illesztette egymásba.* (Azóta is ezt a módszert követjük. Ha a megfigyelés nem egyezik az elmélettel, akkor vagy a megfigyelés pontatlan, vagy az elméleti fejtegetés hibás.)

Az első törvénye: minden bolygó a Nap körül olyan ellipszis pályán mozog, melynek egyik fókusz- gyújtópontjában a Nap áll.



Az ellipszisnek két centruma van a körrel ellentétben. Ezek a fókuszpontok (F). a a fél nagytenyeg hossza, b a fél kistenyeg hossza. Az c/a arány adja meg, hogy milyen mértékben tér el az ellipszis a körtől. Ezt numerikus excentricitásnak (e) hívjuk. Ha $e = 1$, akkor körről van szó. Ha e értéke folyamatosan csökkenő értéket mutat, akkor egyre lapultabb ellipszist kapunk. O a két tenyeg metszéspontja, az AB szakasz pedig a nagytenyeg.

Az ellipszispálya bevezetése azt jelentette, hogy ezáltal megszűnt az egyenletes szögsebességgel való mozgás lehetősége. Tehát bármely bolygó keringési sebessége a Naphoz közeli íven nagyobb volt, mint a pálya átellenes oldalán. Ez adta meg a lehetőséget a második törvény felismeréséhez: a Napot és a bolygót összekötő szakasz (vezérsugár) egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrol.



A T_1 és aT_2 területek, amelyeken a vezérsugár végig söpör, egyformák. A bolygó pályamenti sebessége a perihélium- (napközeli-) pontban a legnagyobb az afélium- (naptávoli-) pontban pedig a legkisebb. Ez a törvény az impulzusmomentum (perdület) megmaradásának tesz eleget.

A Föld pályája csak kis mértékben tér el a körtől. Ha egy táblára krétával kört rajzolunk, akkor az ellipszis kontúrja a kréta vonalán belül marad. Konkrétan: a napközeli- és naptávolságok közötti különbség 5 millió kilométer. Ezt kell összevetnünk az átlagos 149,6 millió kilométeres naptávolsággal, amely a fél nagytengely értéke. Ezt szokás csillagászati egységnek nevezni.

Az ellipszispálya azt eredményezi, hogy az északi féltekén a tavasz és a nyár összideje néhány nappal tovább tart, mint az ősz és a tél együttes időtartama.

A világ harmóniájába vetett hite vezette el a *harmadik törvény* felismeréséig. 12 évnyi fáradságos munka végén jutott el odáig. Mint látható, nem egy hétköznapi formulát alkotott. Ne felejtsük el, hogy a számításokhoz semmilyen segédeszközt sem tudott használni. Mindent papíron kellett kiszámítania.

Az összefüggés:

$$a_1^3/T_1^2 = a_2^3/T_2^2 = \text{állandó.}$$

Az a_1 és az a_2 a két bolygó pályájának fél nagytengelye, T_1 és T_2 a keringési idők.

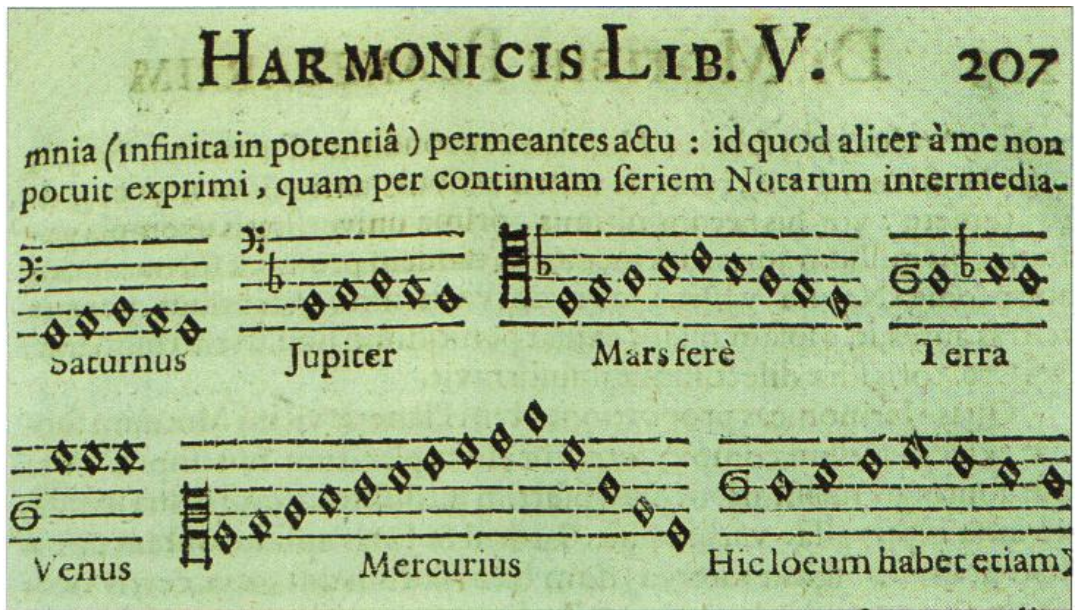
Praktikus tanács: vegyük mintának a Földet. A közepes naptávolság értéke kerekítve 150 millió kilométer, de legyen ez most egységnyi, a keringési idő pedig években mérve szintén 1-nek tekinthető, tehát a két hányados és ezzel együtt az állandó értéke 1-et eredményez.

Ennek segítségével bemutatathatjuk a diákoknak a bolygórendszer távolság arányait, valamint a planéták hozzávetőleges keringési ideje is kiszámítható. Én a Jupitert szoktam példaként felhozni.

Kepler egy olyan hatékony eszközt adott a csillagászok számára, melynek révén felmérhetővé vált a bolygórendszer, hiszen a keringési időket már ismerték.

Joggal merül fel a kérdés, hogy mennyi az állandó értéke? Erre *Isaac Newton* tudott feleletet adni, aki felismerte a tömegvonzás törvényét (lásd ott).

Érdemes megemlíteni, hogy *Kepler zenei formába is öntötte a bolygók mozgását*. Tehát mini partitúrákat írt le.



A bolygók mozgásának hangtani leírása. Érdeemes megszólaltatni pl. zongorán ezeket a rövid zenei alkotásokat.

Johannes Kepler küzdelmekkel teli, viszontagságos életet élt. Az akkori Európát feldúlták a háborúk, és a lakosságot folyamatosan tizedelő pestisjárványok.

Ilyen körülmények között alkotta meg azt a három törvényt, amelyeket mind a mai napig használunk. Ő lett az égi mechanika – az égitestek pályájának kiszámítása és hosszú távra alkalmas pozíciójának előrejelzésére szolgáló eljárás – egyik meghatározó egyénisége.

1630. november 15-én, Regensburgban hunyt el. Nem a katolikus városi temetőben lelt nyugalmat, hanem a falakon kívül kellett eltemetni, mivel őt eretneknek tartották.

Kepler barátai ott emeltek számára síremléket, melyre Kepler saját maga által írt sírversét vésették:

*„Valamikor az eget mértem,
A földi árnyat mérem most,
Égből származott a szellem,
Mi itt nyugszik, a testnek az árnya.”*

Galileo Galilei

Az itáliai tudós Kepler kortársa volt. Brahe számára a megfigyelés volt a legfontosabb, Kepler inkább az elmélet híve volt. Galilei volt az első tudós, aki a két – elválaszthatatlan – módszert összekapcsolta.

A fizikában is alapvető felismerések fűződnek a nevéhez: például a szabadesés törvénye, a lejtőn leguruló test mozgásának elemzése és matematikai megfogalmazása (négyzetes úttörvény), az ingamozgás törvénye, a relativitás elvének leírása. Tehát egy személyben volt – mai szóhasználattal élve – *elméleti és kísérleti fizikus*. *A csillagászat területén pedig mérföldkőnek tekinthető a munkája*. Néhány nap alatt több felfedezést tett, mint elődei összesen.

1564. február 15-én született Pisában. Jól ismert, hogy 18 éves korában az ottani dómban nem az istentiszteletre figyelt, hanem a plafonról lelógó, lengő lámpára. Észrevette, hogy folyamatosan csökkent a kilengés mértéke, de az üteme (periódus ideje) nem. Órának saját pulzusát használta. Ezután kísérleteket végzett, amely megmutatta, hogy a lengésidő kizárólag a fonál hosszától függ! Független az ott lógó test tömegétől és a kilengés (amplitúdó) nagyságától. Olyan kis méretű *ingát készített*, melynek alapján az orvosok mérni tudták a beteg pulzusszámát.

Galilei először orvosi tanulmányokat folytatott, majd egyre inkább a matematika és a fizika bűvkörébe került. 1589-ben Pisában a matematika és a csillagászat tanárává nevezték ki. Itt található az a híres ferde torony, melynek tetejéről egyenlő nagyságú, de különböző sűrűségű, tehát eltérő tömegű golyókat dobott le. Az azonos időben elengedett testek mindig egyszerre érték el a talajt. Ezzel bizonyította, hogy *a szabadon eső testek sebessége nem függ a tömegüktől*. Mivel azonos méretűek és alakúak voltak, ezért a levegő akadályozó hatása (légellenállás) mindegyikre ugyanúgy érvényesült.

(Az Apolo-15 Holdon lévő egyik űrhajósa látványosan igazolta Galilei gondolatát. Egy kalapácsot és egy madártollat ejtett el egyforma magasságból a talajtól. A Holdnak nincs légköre, tehát közegellenállás sem létezik. Így egyszerre érték el a poros talajt. A felvétel a világhálón megtekinthető.)

A csillagászat iránti elkötelezettségét – Tycho Brahéhoz hasonlóan – egy nóva feltűnésének köszönhetette. (Tycho és ő is valójában szupernóvát látott – erről később lesz részletesen szó.)

Az 1604-ben fellángolt csillag helyzetét mérve ugyanazt állapította meg, mint a dán csillagász. A csillag az állócsillagok szférájához tartozik, nem pedig a bolygókéhoz.

A távcsőről már korábban szó esett. Galilei rájött arra, hogy sokkal jobb képalkotású műszert kap akkor, ha objektívként enyhén domború, okulárként pedig erősen homorú lencsét alkalmaz. Mindezt azonban el kell készíteni. A Velencei Köztársaságban jó minőségű üveg és a felületek kialakításához szükséges csiszolópor is rendelkezésére állt. (Abban az időben Itália földjén sok-sok tartomány sorakozott, melyek mindegyike saját kormányval és jogrenddel bírt.) *1609-ben sikerült egy olyan torzításmentes távcsövet elkészítenie, amely kilencszeres nagyítású lett*. A velencei kormányzat értesült erről, és Galileit bemutatóra invitálta. Erre augusztus 21-én került sor. *Ez volt a tudománytörténet első távcsöves bemutatója!* A siker nem maradt el. Műszerét felajánlotta a helyi kormánynak, akik jól

tudták, hogy egy ilyen távcső nagy előnyt biztosít számukra, hiszen az ellenséget jóval az ütközet előtt felmérhetik.

A testület megszavazta, hogy állását élete végéig megtarthatja, és fizetését a duplájára emelték. Ezután készült el az a távcsöve, amely már 20-szoros nagyítású képet adott.



Galileiről készült festmény.



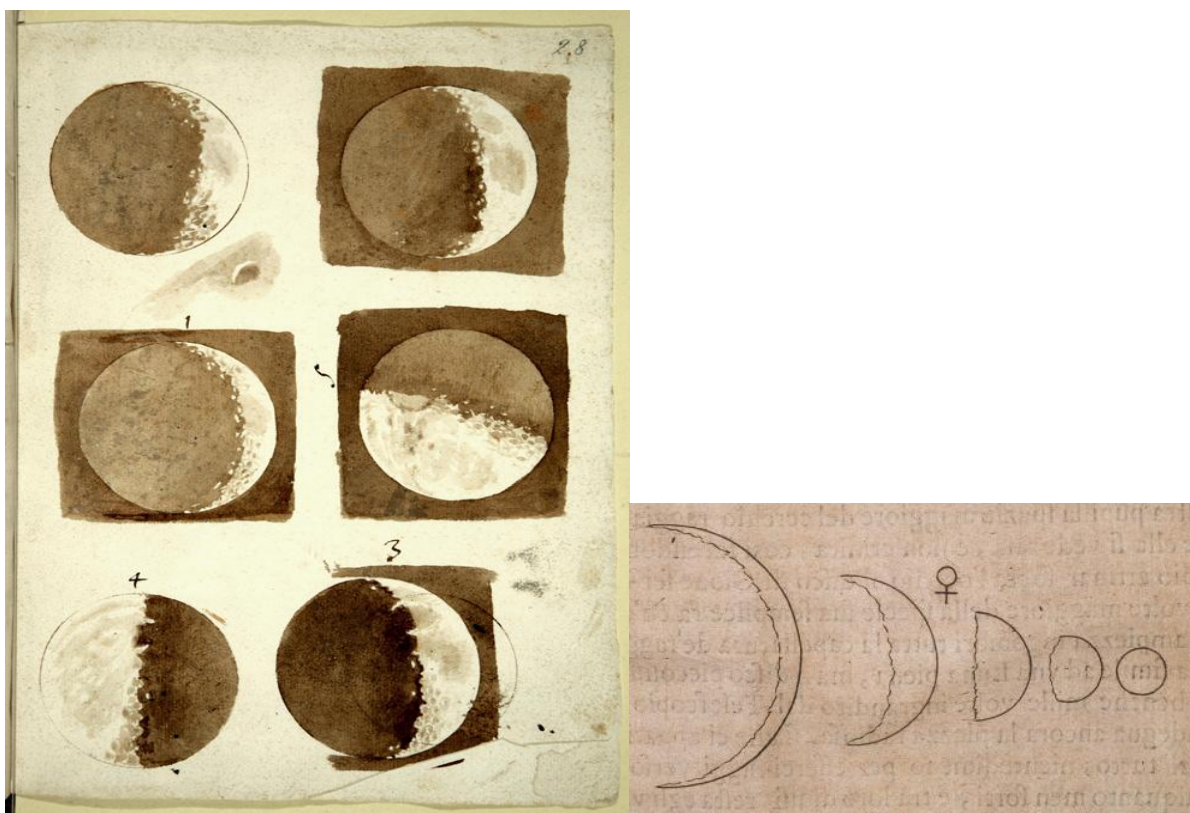
A firenzei múzeumban őrzött ikertávcsöve. Az objektív átmérője három centiméteres volt. Fényerejük pedig szerény mértékű.

Ezt a távcsövet fordította az égbolt felé 1609-ben. Az első célpontja a Hold lett. Addig úgy tartották, hogy felszíne olyan, mint egy csiszolt, gömb alakú kristályé. Galilei azonban ennek az ellenkezőjét látta! Észrevette a gyűrűs hegyeket, a krátereket, rianásokat, hegyláncokat figyelt meg. A hatalmas síkságokat ő nevezte el tengereknek, mivel úgy vélte, hogy azok a földi óceánoknak megfelelő alakzatok.

(A világhálón sok-sok holdtérkép van. De már google moon is létezik.)

Néhány – a távcső mellett eltöltött éjszaka – meggyőzte arról, hogy egy teljesen új világba pillantott be, amely szöges ellentétben áll az ókori nézetekkel. Így lett a kopernikuszi világtérkép híve és hirdetője.

Sok-sok feljegyzést és rajzot készített.



A Holdről és a Vénuszról készült eredeti rajzai.

Megfigyelte és lerajzolta a *Vénusz alakváltozásait*. Talán a legfontosabb, a szemléletének kialakítását adó megfigyelés, a *Jupiter észlelése* volt. A bolygó körül *négy fényes pontot* vett észre, melyek sohasem távolodtak attól messzire, de helyzetük minden nap, sőt órában változott. Helyesen ismerte fel, hogy az általa „ugráló csillagok”-nak nevezett égitestek a Jupiter körül keringenek. Íme a kopernikuszi világtérkép bizonyítéka – vélekedett. Egy olyan rendszert látott, ahol a központi égitest körül több más végezte a mozgását.

Felfigyelt a Szaturnusz furcsa formájára, de a gyűrűrendszer valódi alakját – a kezdetleges távcső képalkotása miatt -- még nem tudta pontosan lerajzolni.

Observationes Iovis
1610

2. d. Jovis	○ ● ●
30. mart.	● ● ○ ●
2. apr.	○ ● ● ●
3. apr.	○ ● ● ●
3. M. J.	● ○ ● ●
4. apr.	● ○ ● ●
6. apr.	● ● ○ ●
8. apr. H. 17.	● ● ● ○
10. apr.	● ● ● ○ ●
11.	● ● ● ○ ●
12. H. 17. vesp.	● ● ○ ●
17. apr.	● ● ● ○ ●
14. apr.	● ● ● ○ ●
15.	● ● ● ○
16. Apr. H. 17.	● ○ ● ● ●
17. apr. H. 17.	● ○ ● ● ●
18.	● ○ ● ● ●
21. apr.	● ● ● ○ ● ●
22.	● ● ● ○ ● ●
23.	● ● ● ○ ● ●
24. apr.	● ● ● ○ ● ●
29. apr.	● ● ● ○ ● ●
30. apr.	● ● ● ○ ● ●
Jovis H. 17. vesp.	● ● ● ○ ● ●
4. apr.	● ● ● ○ ● ●
5.	● ● ● ○ ● ●
6.	● ● ● ○ ● ●
7.	● ● ● ○ ● ●
7. apr. H. 17. vesp.	● ● ● ○ ● ●
11.	● ● ● ○ ● ●



A Jupiter és négy legfényesebb holdjának az általa feljegyzett helyzetei és a Szaturnuszról készült rajzai.

A Tejút ködös szalagja számára csillagok tíezzeire bomlott.

Felfedezéseit a *Siderius Nuncius (Csillagok hírnöke)* című könyvében tette közzé. Az 1610. március 12-én megjelent mű ötszáz példánya pillanatok alatt elfogyott! Egész Európa az ő könyvétől lett hangos. Egy új világ: a Holdon hegyek vannak, négy új planéta van a Jupiter körül. Ezeket – a könyv kiadását pénzben támogató Medici herceg nevééről, *Medici-csillagoknak* nevezte el.

SYDEREVS N V N C I V S

MAGNA, LONGEQVE ADMIRABILIA
Spectacula pandens, suspiciendaque proponens vni-
cuique, præsertim verò Philosophis, atque
Astronomis, quæ à

GALILEO GALILEO
PATRITIO FLORENTINO
Patauini Gymnasij Publico Mathematico
PERSPICILLI

*Nuper à se reperti beneficio sunt obseruata in LVNÆ FACIE,
FIXIS INNUMERIS, LACTEO CIRCVLO, STELLIS
NEBVLOSIS, apprimè verò in*

QVATVOR PLANETIS

Circa IOVIS Stellam disparibus interuallis, atque periodis,
celeritate mirabili circumuolutis; quos, nemini in hanc
vsque diem cognitos, nouissimè Author de-
præhendit primus; atque

MEDICEA SYDERA
NUNCVPANDOS DECREVIT.



BONONIAE, Ex Typographia H H. de Ducijs. MDCLV.
SUPERIORVM PERMISSV.

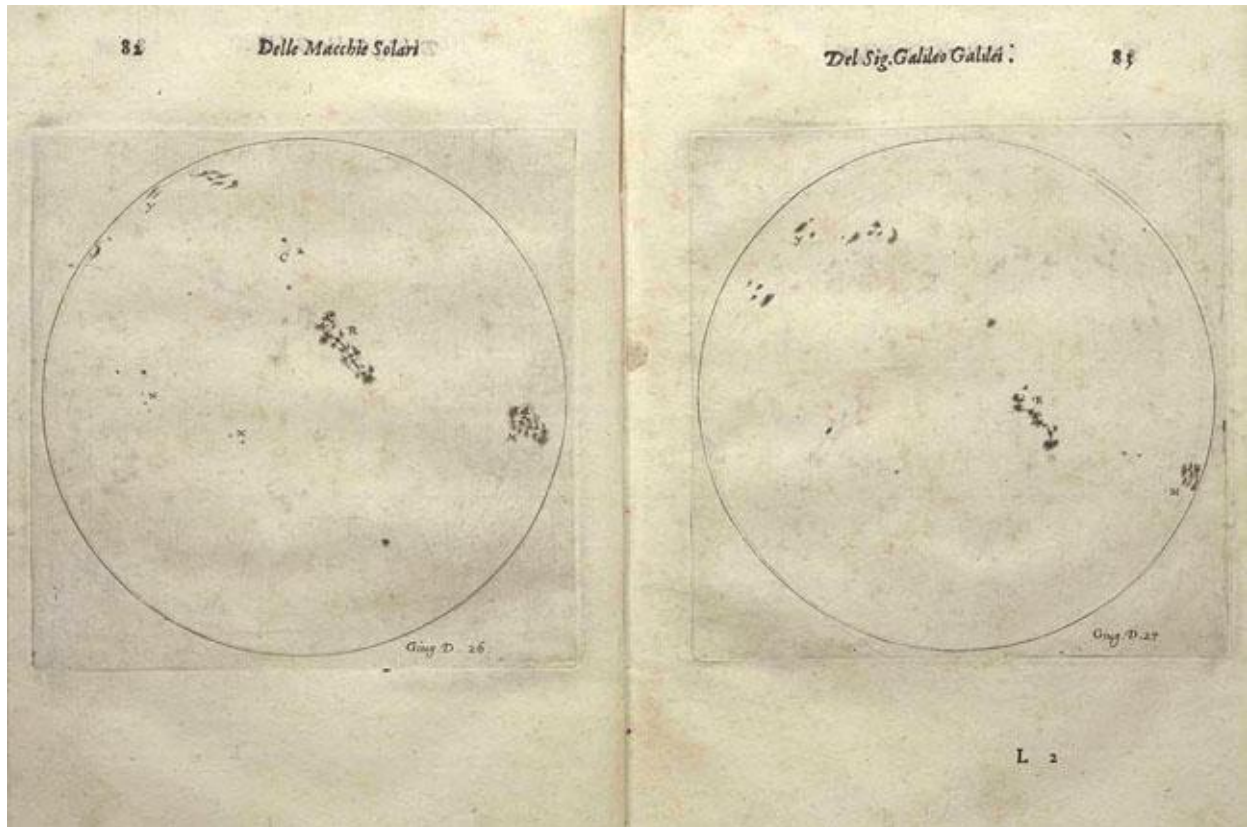
A Siderius Nuncius.

Galileinek szüksége volt a toscanai nagyherceg nevére, mivel a felismerései miatt folyamatos támadásoknak volt kitéve. Helyesen gondolta, hogy aki őt támadja, az a medicieket támadja. Ezért a tekintélyes uralommal rendelkező család védelmet nyújtott számára.

Galilei – honvágának engedve – 1610 szeptemberében Firenzébe költözött. Az ottani tartomány is az ő szellemiségének megfelelő szemlélettel rendelkezett.

Már ebben az évben elkezdte a Nap megfigyelését. Felismerte a napfoltokat, melyeket korábban a Nap előtt elvonuló égitestek árnyékának tekintettek. Volt, aki úgy gondolkodott, hogy ezek a Nap fölötti felhők.

Galileit meggyőzték a megfigyelések arról, hogy ezek a foltok a Nap felszínén vannak. Megfigyelte vándorlásukat, és ezáltal kijelentette, hogy csillagunk forog a tengelye körül.



Galilei Napról készült rajzai. A napfoltok és helyzetük változása is nyomon követhető.

Megfigyelései óriási vitákat váltottak ki. Abban az időben sem mentek a szomszédba a rossz indulatért. Ellenfelei és ellenségei alig várták, hogy Galilei betegye a lábát a Pápai Államba.

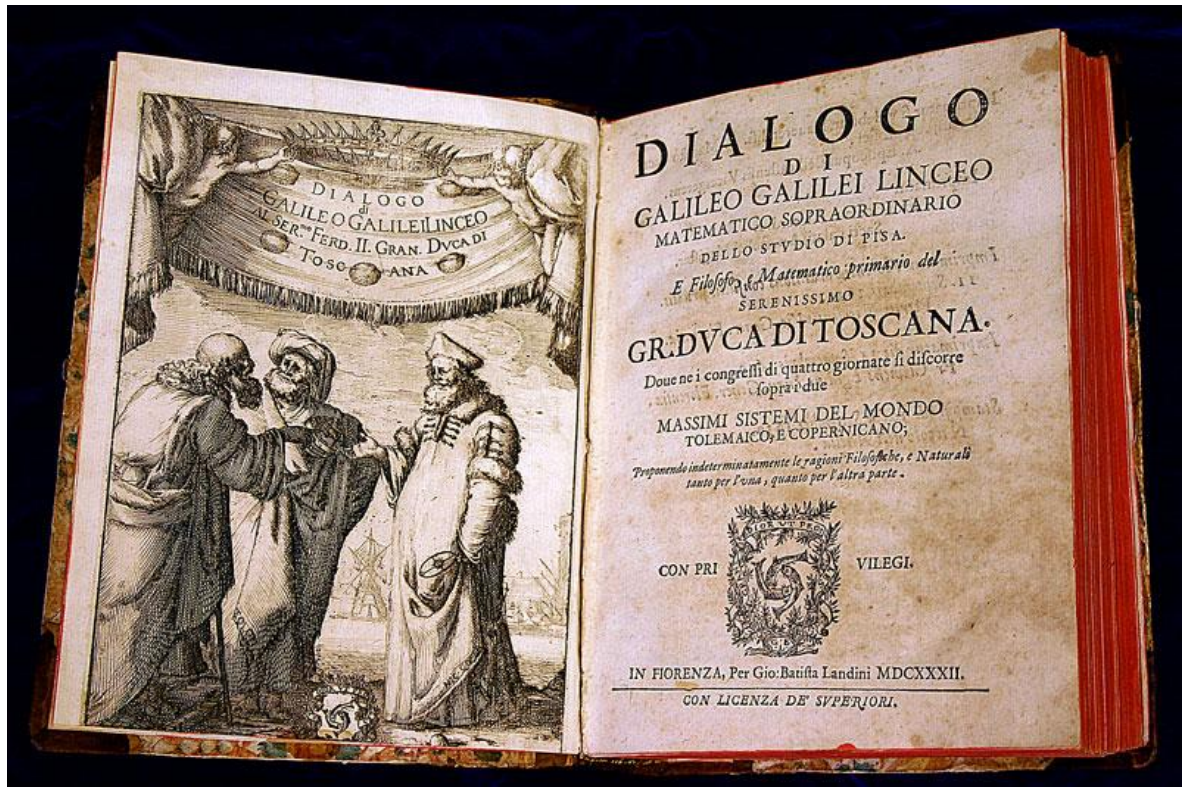
Az őt ért folyamatos intrikák tisztázása érdekében *Rómába utazott.* Megpróbálta meggyőzni a katolikus egyházat arról, hogy *Kopernikusz tanai és a Szentírás között nincs ellentmondás.*

1616. február 26-án végre kihallgatáson vehetett részt. Nem tudta, hogy a róla szóló döntést már előző este meghozták. „Az a tanítás, hogy *Nap a világ közepe képtelen, tudományosan téves és kétségkívül eretnek tanítás, mert a Szentírással ellenkezik.*”

Az *Inkvizíció egy rendeletet adott ki és egy pápai parancsot: Galileinek börtönbüntetés terhe mellett megtiltották, hogy Kopernikusz tanait bármiféle módon nyilvánosan védelmezze.*

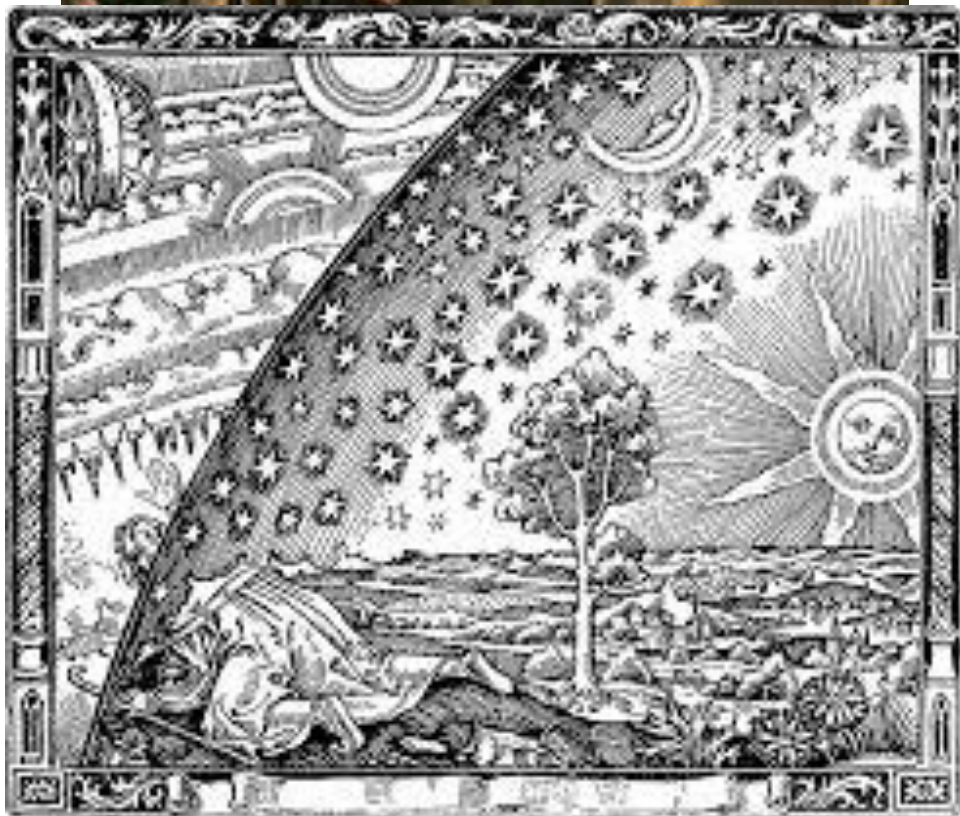
Ekkor került a lengyel csillagász korszakalkotó műve (lásd korábban) indexre.

Roppant érdekes, hogy 1624-ben VIII. Orbán pápa hozzájárult ahhoz, hogy Galilei olyan könyvet írjon, amely a két világnézet egymással való szembeállításáról szól. A könyv 1632-ben jelent meg *Dialogo – Párbeszéd* címmel.



A *Dialogo* című könyv. Galilei középen áll.

A pápa környezete bebeszélte a szentatyának, hogy a könyv az ő karikatúrája. Ennek hatására a könyvet azonnal betiltották, és ismét beindult az inkvizíció gépezete. 1633. június 22-én Galilei a bíróság előtt kénytelen volt az addig hirdetett nézeteit visszavonni, megtagadni. Nem sokkal ezután házi őrizetbe került. A Firenze melletti lakhelyét csak engedéllyel hagyhatta el. Mégis sikerült új könyvének kéziratát kicsempésznie.



*A felső képen Galilei (a bal felső sarokban) ismét az inkvizíció ítélőszéke előtt.
Flammarion allegorikus ábrázolása. A grafika jól mutatja az új szemléletet.*

1638-ban Leidenben (Hollandia) megjelent az a könyve, amely a modern mechanika matematikai leírását tartalmazza.

1642. január 8-án hunyt el.

Galileo Galilei volt az első természettudós, aki tudatosan szembeszállt az akkori vallási alapon álló világkép felfogással. Állhatatossága és kitartása másoknak is például szolgált.

Felismerései révén már végleg nem lehetett a földi és az égi világot egymástól elválasztani.

Sir Isaac Newton.

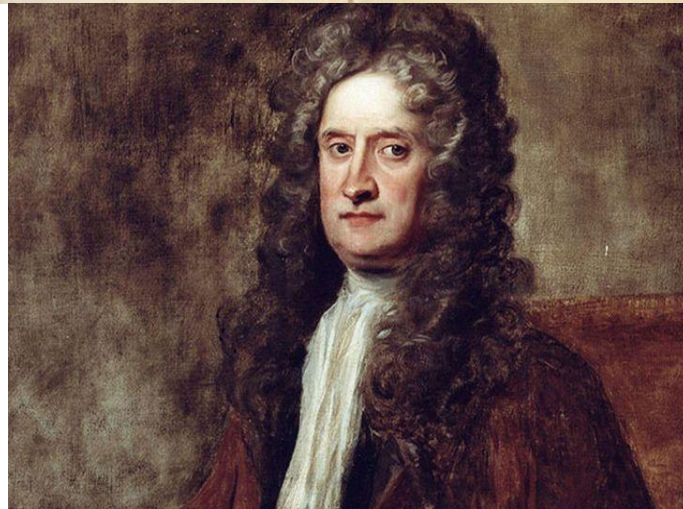
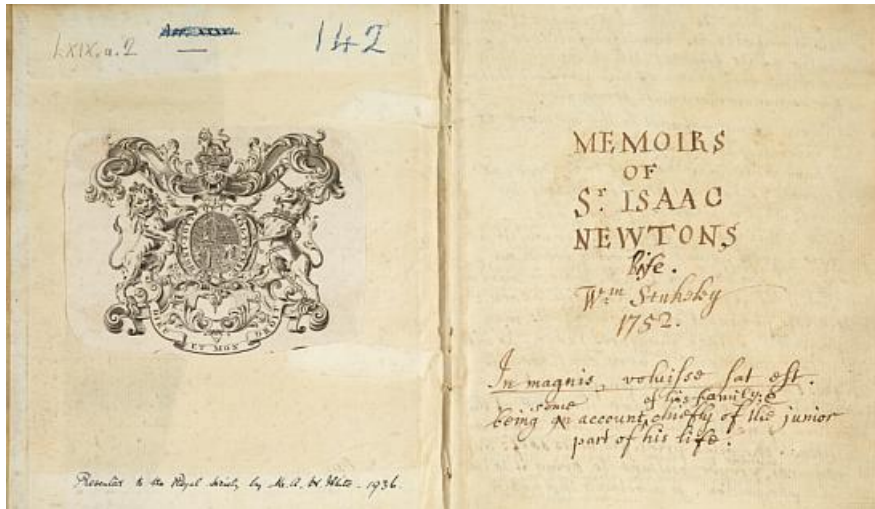
A Gergely-naptár szerint 1643. január 5-én született az angliai Lincolnshire grófság Woolsthorpe nevű kis községében. A család földművelésből élt. Apja még születése előtt meghalt. Newton mindenféle férfiúi irányítás nélkül nőtt fel. A falusi, majd a városi iskolába járt, hogy majd átvehesse kicsiny gazdaságuk irányítását. Ahhoz, hogy ebben valami gyakorlata legyen 15 éves korában felhagyott a tanulással, és különféle mezőgazdasági munkálatokat kellett végeznie. De ő inkább egy csendes helyet keresett magának, ahol a könyveket bújhatta. Kedvtelésből különböző szerszámokat készített.

Végül a nagybátyja rábeszélte az édesanyját, hogy ne gyötörje fiát olyan munkákkal, amelyeket úgysem tudna elvégezni, adja be inkább a városi iskolába, hogy azután egyetemre mehessen. Így került a Trinity College-be. Akkori matematikai tudása még szerény volt, de falta a szakkönyveket, így rövid idő alatt túlszárnyalta évfolyamtársai tudását.

Zseniális matematikai képességének köszönhető a binomiális tétel és fluxiók módszerének felismerése. Ez utóbbi a differenciálszámítás alapja. Newton ekkor 23 éves volt.

Már Gallilei – a szabadesés kapcsán, Kepler pedig a bolygómozgások révén – arra gondolt, hogy a testek mozgását valami szabályozza. Ők még nem mondták ki, hogy mi lehet ez, Newton viszont felismerte.

Egy anekdota szerint Newton éppen egy almafa alatt üldögélt, amikor az egyik gyümölcs a fejére pottyant. Ez készítette őt arra, hogy megpróbálja megmagyarázni – miért esnek a tárgyak a Föld középpontja felé. Ezek szerint a Föld belsejében lévő anyag vonzóerőt fejt ki minden szabadon eső testre – vélekedett. Így született meg a gravitációs (tömegvonzási) törvény. A történetet Newton mostoha húga mesélte el *Voltairnek*, aki pedig ezt elterjesztette. Az egésznek a valóság alapját az adta, hogy Newton mindezt elmondta *Stukeleynek*, aki pedig egy könyvben megírta.



William Stukeley kéziratós könyve (1752) és Sir Isaac Newton portréja.

De vajon miért nem esik le a Hold? A válasz az általa felismert általános tömegvonzás törvénye szerint, melyhez a Hold mozgása és a Földön leeső tárgyak mozgásának összevetése vezetett, így adható meg: a Hold is esik a Föld felé, mégpedig minden másodpercben 1,3 millimétert. De ugyanennyi idő alatt a keringő mozgásának köszönhetően nem kerül közelebb a Földhöz (mai szóhasználattal élve – a Holdra ható gravitációs erő és a keringés következtében fellépő centrifugális erő nagysága egyforma, de irányuk ellentétes, tehát a két erő eredője (vektori összege) nullát eredményez).

A törvény kimondja: minden test – tömegének nagyságával egyező mértékben – vonzást gyakorol bármely más testre. A kettő között fellépő vonzóerő nagysága a tömegekkel egyenesen arányos, de távolságuk négyzetével fordított arányt mutat.

$$F_g = \gamma \frac{mM}{R^2}$$

A Newton által felismert összefüggés. F_g az erőhatás, m és M a két test tömege, R pedig a köztük lévő távolság. γ az univerzális gravitációs állandó, melyet Cavendish határozott meg. Értéke $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Ennek ismeretében pontosan leírta Kepler három bolygómozgás törvényét. A harmadikban szerepel egy állandó, melyet meghatározott:

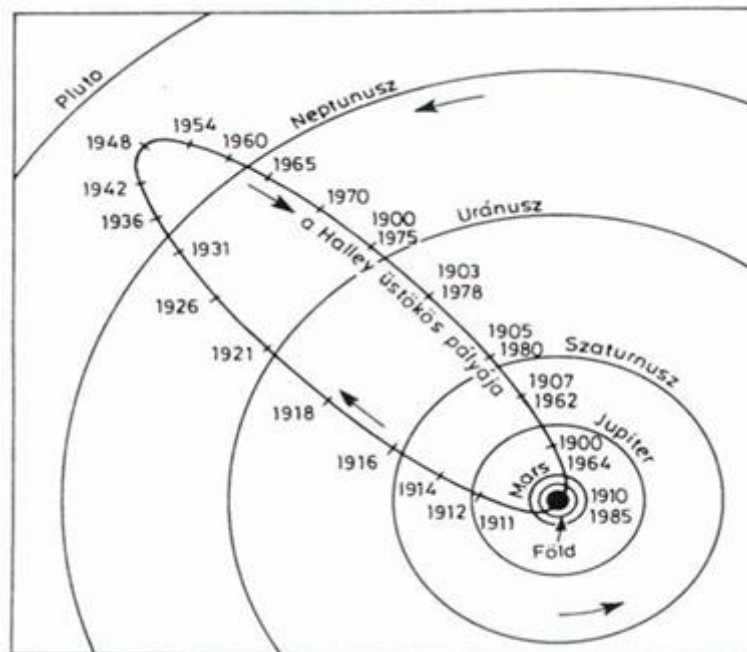
$$r^3/T^2 = \gamma M/4\pi^2.$$

r a bolygó Naptól mért átlagos távolsága, T a keringési ideje, az M pedig a Nap tömege.

Ez volt az első olyan természettörvény, amely bizonyította a világ anyagi egységét. Tehát a gravitációs hatás mindenhol érvényesül, és a tömegvonzásból származó erő nagysága kiválóan meghatározható.

Ezzel a törvénnyel teljessé vált az égi mechanika, vagyis egy felfedezett égitest pályáját meg tudták határozni, illetve a korábban megfigyelt mozgását rekonstruálni lehetett.

Ezt használta ki *Edmund Halley* (1656-1742) angol csillagász és matematikus, aki az 1456-ban, 1531-ben, és 1607-ben feltűnt üstökös pályáját oly hasonlóknak találta, hogy kijelentette – ugyanarról az égi vándorról van szó! Kiszámította a pályáját (sok üstökösét határozta meg), és megjósolta, hogy 1758-ban ismét látható lesz. Az üstökös visszatért, amely az égi mechanika első diadalának tekinthető. Ezért azóta Halley nevét viseli a kométa.



Az üstökös legkorábbi ábrázolása a bayeux-i kárpiton (1066).

Az üstökös pályája. Érdeemes megfigyelni, hogy elnyúlt ellipszis alakú.

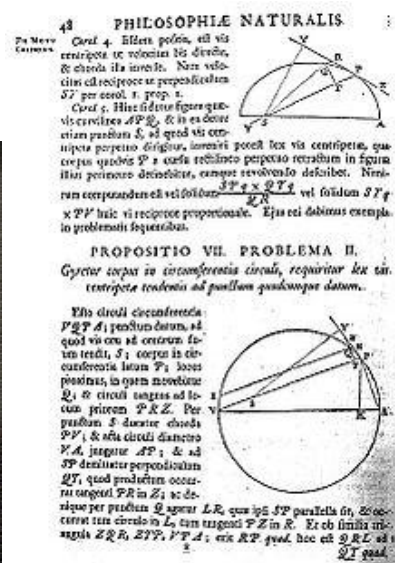
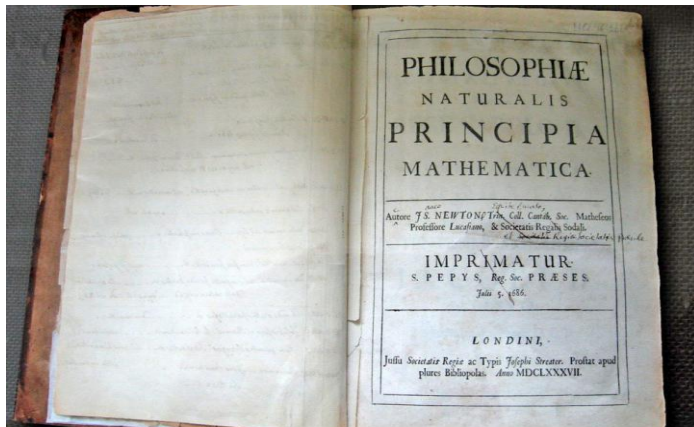
Newton feltételezte, hogy a Föld az egyenlítője mentén – a tengelyforgása miatt – kidudorodik, ez az övezet a felelős a precessziós mozgásért. Rámutatott arra is, hogy a Nap és a Hold gravitációs hatása miatt a forgástengelyünk további, periodikus, billegő mozgást végez. Ez a nutáció. Az ár és az apály jelenségét is a tömegvonzásnak tulajdonította.

Amikor Londonban kitört a pestisjárvány visszaköltözött szülőfalujába. 1665 és 1666 között nyugodt körülmények között tudott dolgozni. Ekkor kezdett hozzá a fényről és a színekről szóló, a mechanika és a dinamika alapjainak, valamint a gravitációs törvényt is tartalmazó könyvének írásához.

1684-ben fejezi be főművét. A címe: *Philosophiæ naturalis principia mathematica* = *A természetfilozófia matematikai alapelvei*.

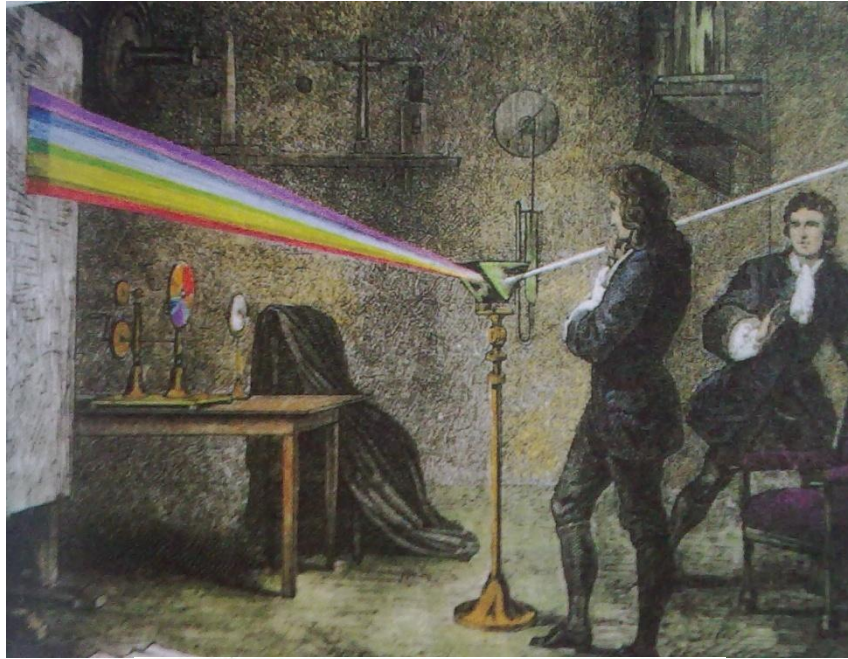
Sokak szerint ez a természettudomány történetének legfontosabb alkotása.

Vonakodott megjelentetni. Halley rábeszélése és anyagi segítségének köszönhetően 1687-ben mégis napvilágra került.



Az eredeti könyv és az 1726-os kiadás egy részlete.

Az optikában nemcsak az általa megalkotott tükörteleszkóp őrzi a nevét, hanem a fényről alkotott elmélete is. A korpuszkuláris (részecske) elképzelés megalkotója volt. Szerinte a fény rugalmas golyók sokasága, amelyek bármilyen felületről visszaverődnek, sőt elhajlanak az eredeti haladási irányuktól, melyet a gravitációs hatás magyaráz meg, ti. a sűrűbb közeg jobban vonzza a részecskéket. Ezt látványos kísérlettel bizonyította be. Egy keskeny résen át a Nap fényét üvegprizmára vezette, amely azt alkotó színeire bontotta. Tőle származik ennek a hét színnek az elnevezése (vörös, narancs, sárga, zöld, kék, indigó, ibolya). A színeképet alkotó fénysugarakat azután egy újabb prizmán vezette át, így visszakapta az eredeti fehér – nem összetett – fényt. Ezzel bizonyította, hogy a résnek nem volt szerepe a képzalkotásban.



*Newton egy prizmával alkotó elemeire bontotta a Nap fehér fényét: ez volt az első színekép.
Newton tükrös távcsöve.*

A megfeszített munkának ára volt. Egészségi állapota megromlott, csak évek elmúltával nyerte vissza teljes szellemi képességét. 45 éves kora után már nem fűződött a nevéhez új alkotás. *Tagja lett a parlamentnek, majd a pénzverde ellenőri, és igazgatói állását töltötte be. Ez jelentős jövedelmet biztosított a számára. Munkáját oly precízen látta el, hogy a királynő lovaggá ütötte, így lett Sir Isaac Newton. 85 éves korában, 1727. március 31-én hunyt el.*



Newton síremléke a Westminster apátágban.

A rajta lévő felirat, melyet Alexander Pope írt.

*Sötétben bújt Természet és Törvény,
Szólt az Úr: -- Legyen Newton! – s lőn fény.*

Saját munkásságáról ezt írta: „Nem tudom, hogyan fog a világ műveimről vélekedni, számomra azonban úgy tűnik, hogy csupán a tengerpartján játszadozó gyermek voltam; most egy simábban csiszolt kavicsot találtam, majd a többinél egy változatosabb színű kagylót, miközben az igazság mérhetetlen óceánja ismeretlenül terült el előttem.”