

HELYÜNK AZ UNIVERZUMBAN – A CSILLAGÁSZAT RÖVID TÖRTÉNETE I. RÉSZ.

Ujfaludi László

Eszterházy Károly Főiskola, Fizika Tanszék

Abstract: Our place in the Universe – A brief history of Astronomy. Part 1.

Four hundred years ago Galileo made a revolutionary step in astronomy: he turned his telescope toward the night sky. Using of telescope multiplied our knowledge about the Universe around us. But during several thousand years of astronomy people observed celestial objects with naked eye. Yet, ancient people made an unbelievable advance on the basis of their observations: they constructed precise calendars, navigated on the sea, forecasted solar and lunar eclipses, etc. In this paper history of astronomy till the 20th century will be briefly reviewed. The long period, discussed here, was a continual change of mankind's position in the Universe from the belief that the earth (and man) is the centre of the whole Cosmos till the recognition that our solar system (and the earth) has no favoured position, it is only an island in the infinite ocean of stars and galaxies.

Bevezetés

Magyarország területéről, a 47. szélességi körről az északi félteke égboltját látjuk. A korai civilizációk embere 5–6000 évvel ezelőtt nagyjából ugyanezt az égboltot látta. Egyes csillagok körbe jártak, mások felkeltek és lenyugodtak, mint a Nap; voltak csillagok, amelyek csak bizonyos évszakokban tűntek fel, majd hosszú időre a látóhatár alá kerültek, de az egész változás szabályos periódust mutatott. Az ismétlődések periódusidejének pontos megfigyelése alapján elődeink eljutottak az év hosszának pontos meghatározásához, elkészültek az első naptárak. A hajós-kereskedő népek, mint pl. a föníciaiak, a tengeren a csillagok helyzete alapján tájékozódtak, kialakultak a navigáció kezdeti formái. A csillagok tehát az ember hasznos útítársáivá váltak. Mai ismereteink birtokában csodálattal adózhatunk a régi korok emberének, aki az akkori igen kezdetleges eszközök birtokában oly sok hasznos és viszonylag pontos ismeretre tett szert. Fontos annak hangsúlyozása, hogy a csillagászat 5000 éves történetének jelentős részében a megfigyeléseket szabad szemmel végezték.

400 éve annak, hogy Galilei saját készítésű távcsövével a csillagos eget kezdte vizsgálni. Ugyancsak 400 éve jelent meg Kepler könyve, amelyben közreadta

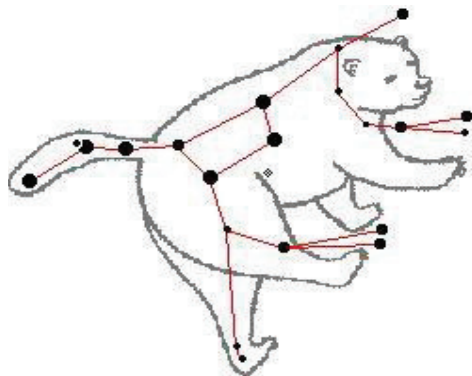
a bolygómozgások általa felismert törvényeit. A távcső használata, majd később az égi mechanika törvényeinek felismerése (Newton munkássága) forradalmi változást hozott a csillagászat fejlődésébe. Az utóbbi 400 év alatt a csillagokról, a Naprendszeréről és a Világegyetemről szerzett ismereteink megsokszorozódtak. A 20. század és az utóbbi két évtized, a modern csillagászat kora már egy újabb történet, tele fantasztikus felfedezésekkel, váratlan fordulatokkal.

A kezdetek

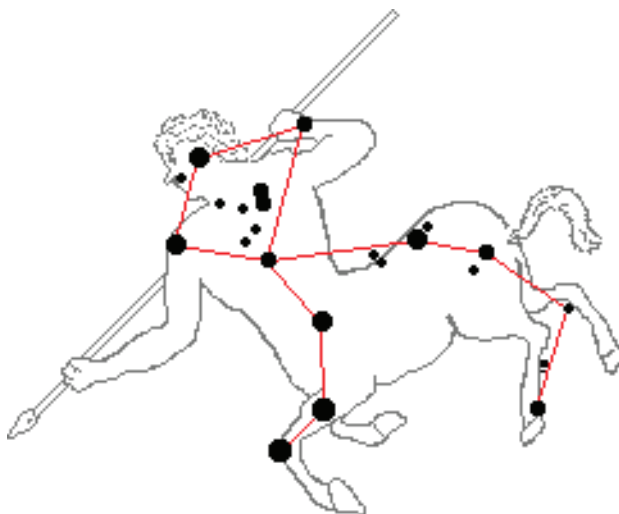
A Dél-Angliai Stonhenge ősi kelta kőépítménye 5000 évvel ezelőtt épült. Rendeltetését illetően több elképzelés született: egyesek szerint csillagászati, mások szerint napfizikai megfigyelések céljára épült. Fred Hoyle, a neves angol csillagász azt bizonygatta, hogy a Stonhenge napfogyatkozások előrejelzésére szolgált egy napisten-kultusz hívei számára. A legújabb régészeti feltárások kultikus és temetkezési helyeket találtak a kőépítmény közelében.



Az égbolton (látszólag) összetartozó csillag-csoportokat az ősi kultúrákban mitológiai alakokkal társították. Így jöttek létre a csillagképek. A csillagképek ma használatos neveit mi a görög–római kultúrából vettük át. Az elnevezések azonban kultúrkörönként változtak. Például a görög–római eredetű Nagy Medve jellegzetes felső része a magyaroknál a Göncölszekér az angoloknál a Nagy Merőkanál nevet viseli.



Ma már tudjuk, hogy a látszólag összetartozó csillag-csoportosulások nem tartoznak össze, a csillagászatban azonban olyan erős a hagyomány tisztelete, hogy a modern csillagászatban is az ősi csillagképek szerint osztják fel az égbolt területét és így módon határozzák meg az egyes égi objektumok helyét. Példa erre a déli féltekéről látható Kentaur csillagkép, amelynek nevezetessége, hogy benne található a Proxima Kentauri, amely a napunkhoz legközelebbi csillag.



Az ókori csillagászat

Az ókori görög természetfilozófusok voltak az elsők, akik a misztikumtól és a vallási hiedelmektől mentesen, mai értelemben is tudományosnak nevezhető módszerekkel kutatták a természet és a világmindenség titkait.

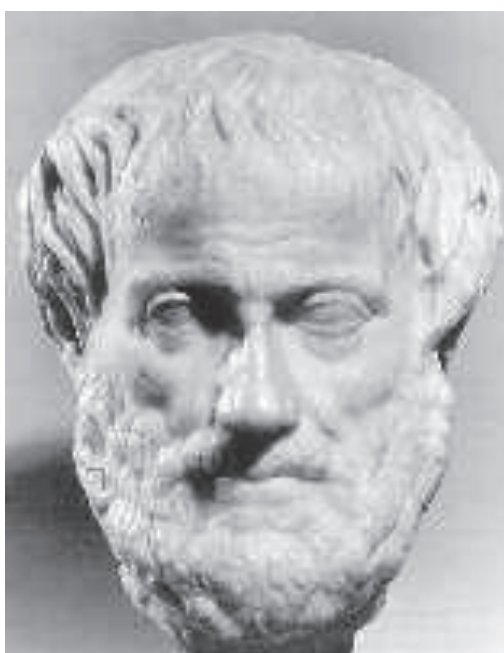
Püthagorasz volt az, aki először behatóan foglalkozott az égitestek mozgásával, sőt azok matematikai leírásával is. Akkoriban a Földet képzelték a világmindenség középpontjának, ezt az elképzelést később geocentrikus világmodellnek nevezték.



A Föld körül forgó kristálygömbökön (szférákon) helyezkednek el a bolygók és a Nap, a legkülső szférán a csillagok. Püthagorasz elképzelése szerint a kristálygömbök egymáshoz súrlódnak, így keletkezik a szférák zenéje, amelyet – szerinte – csak a kiválasztottak képesek meghallani.



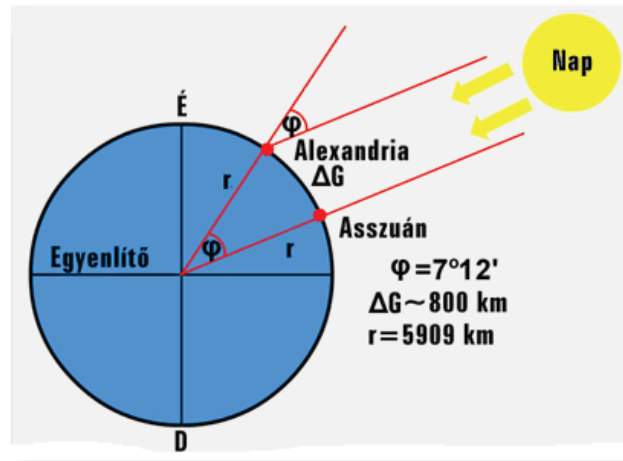
Arisztotelész nevéhez fűződik az ókori természettudományos ismeretek összefoglalása és szintézise. Szerinte az égitestek mozgása tökéletes, törvényei megismerhetők, a földi mozgások viszont tökéletlenek, törvényeik áttekinthetetlenek. Vagyis más fizika érvényes az égitestekre és más a földi mozgásokra. Arisztotelész nézetei csaknem kétezer évig uralták a természettudományos gondolkodást.



Az athéni **Arisztarkhosz** már a Kr. előtti 3. században felvetette a heliocentrikus világmodellt, vagyis azt az elképzelést, hogy a világmindenség nem a Föld, hanem a Nap körül kering.

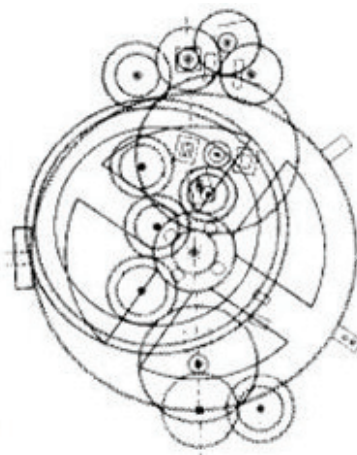
A hellenisztikus kultúra tudományos központja Alexandria volt. Hatalmas könyvtára és tudományos iskolái messze földről ide vonzották a tudósokat, természetkutatókat. Az alexandriai iskola kiemelkedő tudósa volt **Eratoszthenész**, aki elsőként becsülte meg a földgolyó méretét.

Alexandriában és Szüénében (a mai Asszuán) a nyári napforduló napján megmérték a delelő nap függőlegessel bezárt szögét; a kettő között 7 fok eltérés volt. Eratoszthenész egy igen egyszerű aránypár alapján határozta meg a Föld területét: a 7 fokos szög úgy aránylik a teljes kör 360 fokos szögéhez, mint a két város távolsága aránylik a Föld területéhez. Mai mértékegységekre átszámolva Eratoszthenész a Föld területére 40 ezer kilométert kapott, ami meglepően jó egyezést mutat a mai értékkel.

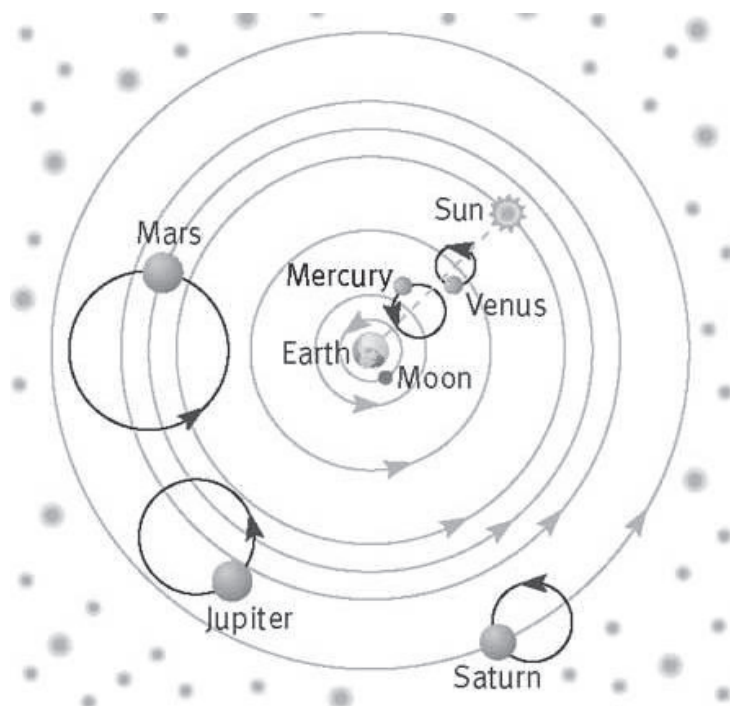


Hipparkhosz volt az utolsó nagy görög csillagász. Ő adta a geocentrikus világkép legteljesebb leírását. Elévülhetetlen eredményeket ért el a csillagászat több területén. Elkészítette az első csillagkatalógust és a szabad szemmel megfigyelhető csillagok fényességi skáláját. Ma is az általa felállított fényrend-skála szerint osztályozzuk a csillagokat.

Egy 2. században elsüllyedt hajó roncsai között találták ezt a készüléket. A bonyolult, sok fogaskerékből álló szerkezet rekonstrukciója alapján valószínűsíthető, hogy az a Nap és a bolygók mozgásának modellje lehetett. Több példányban elkészítették a készülék hasonmását, ezeket különböző technikatörténeti múzeumokban őrzik. A dolog külön érdekessége, hogy a készülék igen magas színvonalú technikai felkészültségről tanúskodik; szakértők szerint Európában a finommechanikai ipar ezt a színvonalat csak a 19. sz.-ban érte el újra.



Klaudiosz Ptolemaiosz (Kr.u.2.sz.) adaptálta a Hipparkhosz és mások által korábban kidolgozott geocentrikus rendszert, de egyúttal tovább is fejlesztette. A bolygók előre-hátra történő mozgását azzal magyarázta, hogy minden bolygó egy olyan kis kör (deferens-kör) mentén mozog, amelynek középpontja a Föld körüli pályát ír le. A középkori tudományban az ő nevéhez fűződik a geocentrikus világkép, amit akkoriban ptolemaioszinak neveztek és általában ma is így hivatkoznak rá.



Középkor és reneszánsz

Az iszlám térhódítása után a természettudomány központja az arab világba tevődött át. Akkoriban az arab tudósok közül kerültek ki a legjobb orvosok, csillagászok, matematikusok. Lefordították a görög tudományos műveket és továbbfejlesztették azok gondolatait. A bagdadi kalifátus az Ibériai-félszigetet is uralma alá vonta és ott jelentős vallási és tudományos központokat hozott létre.

Granadában élt a 12. században az egyik legnagyobb arab tudós, **Aver-roës**, arab nevén **Ibn Rusd**. Orvoslással, matematikával és csillagászzal foglalkozott és kommentárokat írt Arisztotelészhez, amelyben a heliocentrikus világmodell gondolata újból felbukkan.

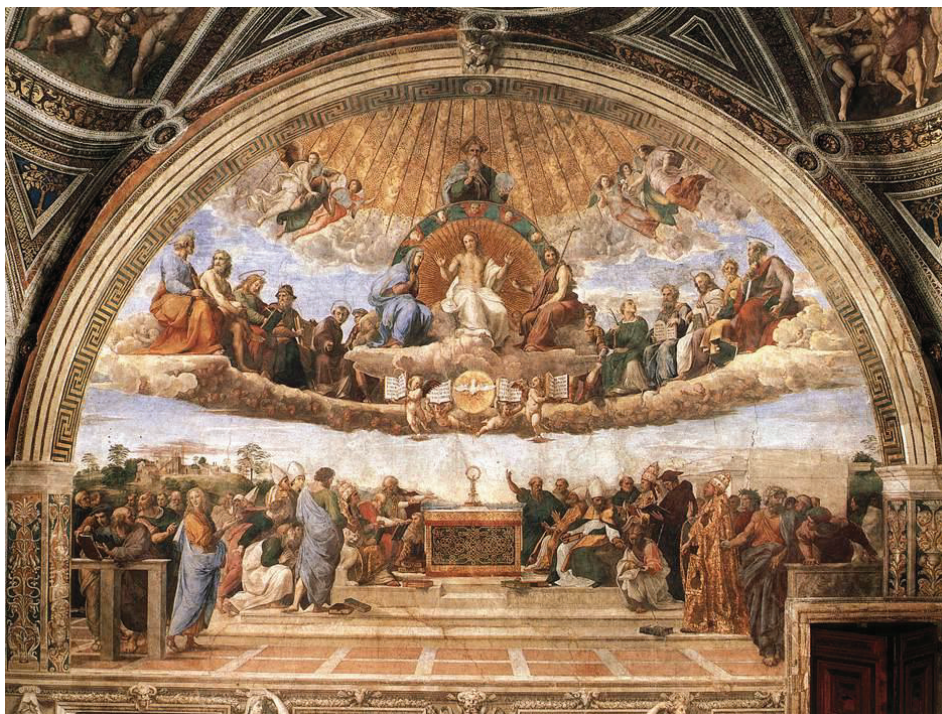


A keresztes hadjáratok és a katedrálisok építésének századaiban az európai tudományban a teológiáé volt a vezető szerep, a művészetet is vallási tárgyú alkotások uralták.

A 14–16. század Európában a reneszánsz, az újjászületés korszaka. A reneszánsz évszázadaiban megújult a művészet és a tudomány; ekkor alkotott Leonardo, Michelangelo és Raffaello. Az uralkodó világgép még mindig a ptolemaioszi.

Raffaello egyik vatikáni freskóján is a geocentrikus szemlélet tükröződik: a különböző szinteken álló alakokból alkotott körívek azt a benyomás keltik, mintha egy gömb belsejéből tekintenénk a gömb szélességi köreire. Ha mégis kételyeink támadnának a kép jelentéstartalmát illetően, meggyőző erővel hat a szemközti falon lévő freskó, amely egy angyal-szerű alakot ábrázol, aki éppen beindítja a gömb alakú, földközpontú univerzum mozgását és címe: Az első mozgató.

(A geocentrikus világgép évezredek hagyománya meghatározó volt még a reneszánszban is; helyességét megerősítette a látszat: az égitestek napi mozgása, valamint a bibliai tanítás. A hagyományos látásmód meghatározó jelentőségét bizonyítja pl. az is, hogy a 20. sz. elején Einstein hosszú ideig nem fogadta el a táguló univerzum tényét, noha az levezethető volt az általa megalkotott relativitáselméletből is.)

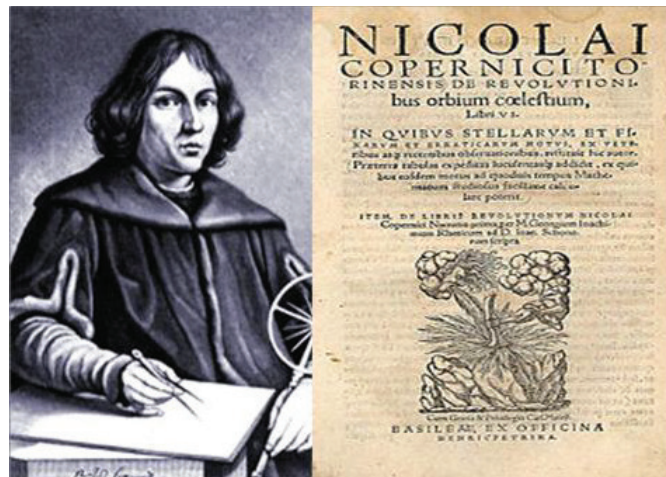


A kor egyik jelentős csillagásza **Regiomontanus** (eredeti nevén **Johannes Müller**) kommentárokat írt Ptolemaioszhoz. Ebben ismét megjelenik a heliocentrikus világtkép gondolata.

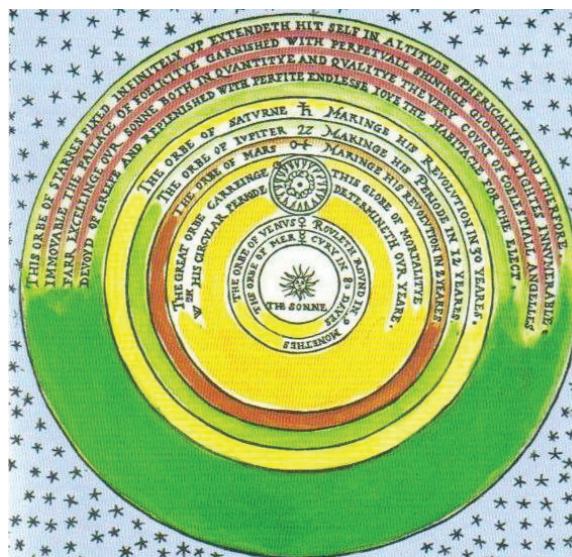


Regiomontanus csillagászként Mátyás király udvarában is dolgozott. Emlékét dombormű őrzi a Budai Vár déli oldalán.

Nikolausz Kopernikusz (eredeti nevén **Mikolaj Kopernik**) lengyel pap nevéhez fűződik az újkor tudományos forradalmának kezdete. Korábban láttuk, hogy a heliocentrikus világmodell már az ókorban megjelent és később is többször fel-felbukkant, de határozott formát csak most, Kopernikusz művében, a „De Revolutionibus orbium Coelestium”-ban öltött, 1543-ban.



Kopernikusz nem volt forradalmár-alkat. Korábban olvasta Regiomontanus kommentárjait Ptolemaioszhoz és ez nagy hatással volt rá.



A Napnak a világmindenség centrumába helyezése, mint azt könyvében kifejti, gyakorlati szempontból célszerű, így ugyanis a rendszer működése sokkal könnyebben áttekinthető és matematikailag is jobban kezelhető.

A „Revolutionibus” Kopernikusz halálának évében jelent meg és eleinte semmi visszhangja nem volt. Csak jóval később, Giordano Bruno és Galilei munkássága nyomán vált világhíressé, milyen veszélyeket rejt az új tanítás az egyház tekintélyére. Ezért a könyv 1616-ban a tiltott könyvek listájára került.



Dániában ez alatt a király támogatásával anyagi gondok nélkül dolgozhatott minden idők legnagyobb megfigyelő-csillagásza: **Tycho Brahe**.

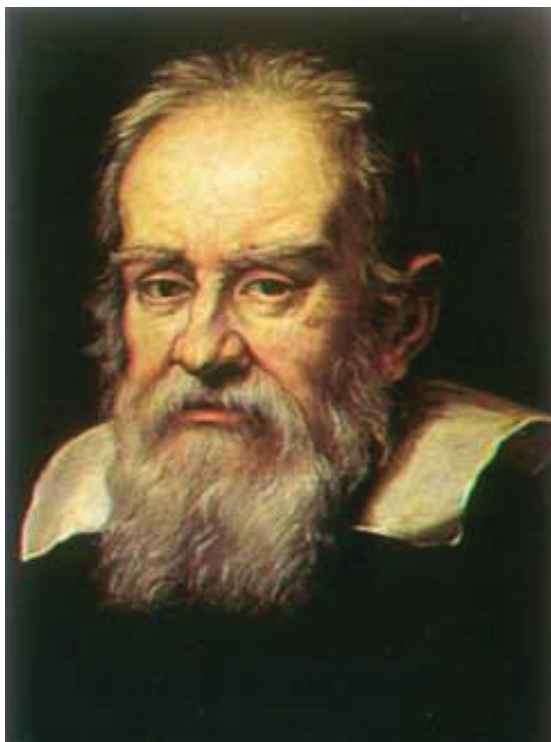
Saját tervezésű, rendkívül pontos műszereivel elérte a szabad szemmel történő csillagászati észlelések pontosságának felső határát. Bolygó-megfigyelései később Kepler kezébe felbecsülhetetlen értékű adatokat adtak: ezek alapján ismerte fel a bolygómozgás törvényeit. (A képen Tycho Brahe éppen egy égitest megfigyelését végzi; ehhez hasonló berendezés, az ún. nagy falikvadráns látható az Egeri Líceumban is.)

Kopernikusz tanításainak jelentőségét először egy fiatal dominikánus szerzetes, **Giordano Bruno** értette meg teljes mélységükben. Bruno azonban továbbfejlesztette a kopernikuszi világgépet: az ő végtelen világegyetemében minden csillag egy-egy nap, amely körül bolygók keringenek, az emberhez hasonló értelmes lényekkel. Merész víziója évszázadokkal megelőzte korát: csak most, a 21. század első évtizedében nyílt lehetőség arra, hogy idegen csillagok bolygói után kutassunk. Tanítása akkor eretnekségnek minősült; a római inkvizíció elé idézték és évekig tartó gyötrelmes eljárás után felszólították tételeinek visszavonására. Miután erre nem volt hajlandó, 1600-ban máglyahalálra ítélték. A Campo dei Fiorin (a Virágok terén), egykori máglyája helyén jelenleg Giordano Bruno szobra áll.



Az újkori csillagászat

Galileo Galilei, a pisai egyetem professzora volt az első modern természettudós. Matematikai zseni, természetfilozófus, kísérletező fizikus és megfigyelő csillagász volt egy személyben. Nevéhez fűződik a Jupiter holdjainak felfedezése és részletes megfigyelése; ő fedezte fel a napfoltokat, a Nap forgását és a Hold krátereit. Kísérleteket végzett a gravitáció és a dinamika törvényeinek megismerésére (szabadon eső testek helyett lejtőn mozgó testek gyorsulását vizsgálta). Megállapításai később Newton törvényeiben nyertek végső matematikai megfogalmazást.



A közismert anekdota szerint (a történet nem biztos, hogy igaz!) 1609-ben Galilei egy firenzei kocsmában matrózok játékára lett figyelmes. A vetélkedő tárgya az volt, ki tud fantasztikusabb történetet mondani. Néhány fantasztikus úti beszámoló után az egyik matróz a következő történetet adta elő: „Hollandiában jártam, amikor egy hajó fedélzetén egy hosszú csövet adtak a kezembe. Amikor belenéztem, kis híján hanyatt estem a csodálkozástól. Képzeljétek: a 3-4 mérföldre lévő hajók úgy látszottak a csőben, mintha az orrom előtt vitorláztak volna, láttam a kapitányt, aki csak karnyújtásnyira látszott állni a parancsnoki hídon. Még a vitorlakötelek bordázatát is pontosan fel lehetett ismerni...” A matrózok lélegzetvisszafojtva hallgatták a történetet. A végén egy öreg matróz így szólt: „Pajtás, te nyerted a mai vetélkedőt – ilyen fantasztikus történetet egyikünk sem tudott kitalálni.” Galilei, aki korábban már kísérletezett saját csiszolású optikai lencsékkel, és hallott valamit arról, hogy a hollandok távolbalátó készülékekkel kísérleteztek, hirtelen rádöbbsent, hogy a matróz igazat mondhatott. Mikor hazatért, lázas munkába fogott: üveglencsét helyezett egy hosszú, fából készült csőbe, majd addig változtatta a lencsék távolságát, amíg távoli tárgyakról éles képet kapott.

Ezután – a hollandokkal ellentétben – távcsövet nem a hajókra, hanem a csillagos égre fordította. Meglepetése leírhatatlan volt. Az égbolton legalább tízszer annyi csillag volt, mint ahányat szabad szemmel akár a legélesebb szemű ember



Tanulva Giordano Bruno tragikus példájából, Galilei visszavonta a „Dialogo”-ban közreadott legfontosabb állításait és kegyelmet kapott, de hátralevő éveit így is házi őrizetben kellett töltenie. Haláláig szüntelenül dolgozott. 1638-ban „Beszélgetések a mechanikáról és a mozgásokról” címen közreadta újabb kutatásainak eredményeit. A „Discorsi”-t a tudománytörténet a newtoni életmű előfutárának tekinti.

Tudományos munkáinak címlapján Galilei mindig büszkén viselte a Linceo (hiúz) címet; ez a cím a világ első tudományos akadémiájának (az Accademia dei Lincei, a Hiúzz szeműek Akadémiája) tagjait illette meg. 1642-ben, 78 éves korában halt meg; hamvait a firenzei Santa Croce bazilikában helyezték örök nyugalomra. Impozáns síremléke méltó emléket állít minden idők egyik legnagyobb természettudósának.

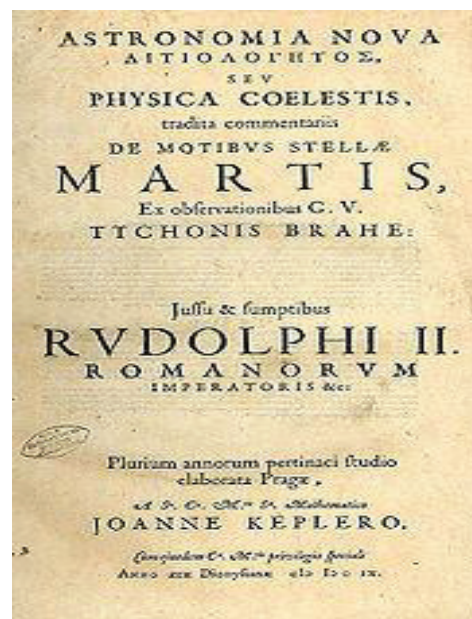
Johannes Kepler az ókori elődök által megálmodott harmóniát kereste az égitestek mozgásában. Azt az alapelvet vallotta, hogy az elméletnek és a megfigyeléseknek összhangban kell lennie.

Felismerte, hogy a kopernikuszi rendszerben ez az összhang sokkal tisztábban megmutatkozik, mint a ptolemaiosziban. A geocentrikus rendszerben ugyanis nem lehetett elfogadható magyarázatot adni arra, hogy a bolygók miért mozognak előre, majd hátrafelé. A kopernikuszi rendszerből viszont világosan kiderült, hogy ez csak látszólagos mozgás, valójában minden bolygó állandóan ugyanabban az irányban kering a Nap körül. A kopernikuszi modell sem ad azonban választ arra a kérdésre, hogy miért nem egyenletes a Nap körüli mozgás

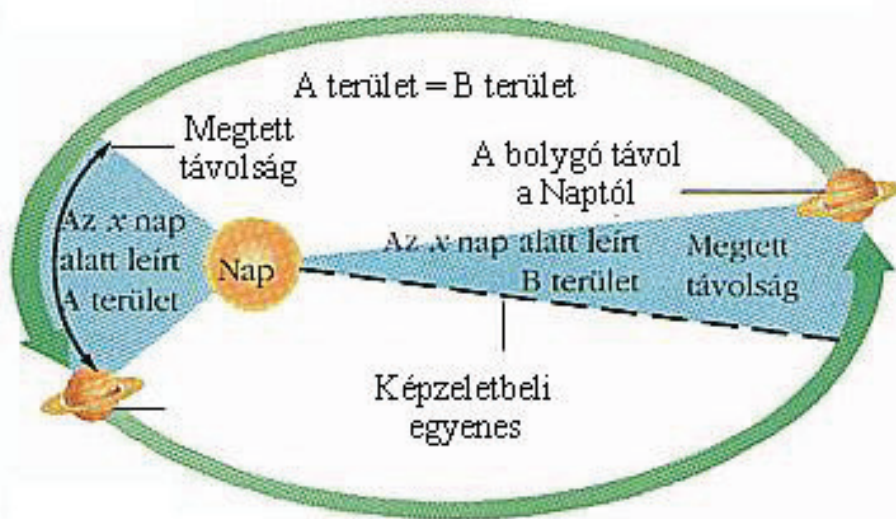
sebessége? (A Föld esetében ez azt jelenti, hogy a nyári félév 7 nappal hosszabb a téli félévnél.) Ez csak a Kepler által felismert törvények alapján nyert magyarázatot.



Kepler 1571-ben született Württemberg német tartományban. Hat éves volt, amikor 1577-ben üstökös tűnt fel Európában, amely nagy feltűnést keltett; talán ez ébresztette fel érdeklődését a csillagászat iránt. 1594-től Grazban tanított, 1600-ban már Prágában van, Rudolf császár udvarában, ahol Tycho Brahe aszszisztense, majd utódja, mint udvari csillagász. 1609-ben adja ki *Astronomia Nova* (Az új csillagászat) című könyvét, amelyben – Tycho Brahe igen pontos megfigyelései alapján – I. és II. törvénye először kerül megfogalmazásra.



Kepler I. törvénye kimondja, hogy a bolygók ellipszis pályán keringenek és a Nap az ellipszis egyik fókuszában helyezkedik el. A II. törvény megállapítja, hogy a Nap és bolygók között húzott sugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket ír le, vagyis a bolygók a Nap közelében gyorsabban, távolabbra lassabban mozognak. Ez magyarázza a nyári és a téli félév hossza közötti hét nap különbséget.



1619-ben jelenik meg *Harmonices Mundi* (A világ harmóniája) című könyve, ebben mondja ki a III. törvényt, amely a bolygók Naptól való távolsága és a keringési idők között ad összefüggést. Könyvében a szférák zenéje, mint a világot átfogó zenei harmónia jelenik meg, Kepler még az egyes bolygók zenei motívumait is megadja.

Az 1620-as években csillagászati táblázatokat szerkeszt és csillagászati megfigyelések alapján megszerkeszti az akkor ismert világ legpontosabb térképét.

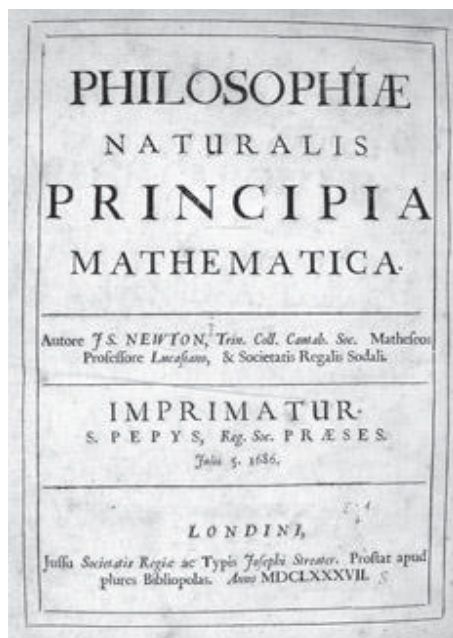
1630-ban halt meg Regensburgban. Kepler élete, túlradó lelkesedése a természeti törvények szépsége iránt sok művészeti alkotás ihletője lett. Madách *Ember tragédiájának* legmélyebb gondolatai is a prágai Kepler-jelenetben szólnak meg.

Isaac Newton az újkori természettudomány legnagyobb alakja. Megvalósította a nagy tudósok évszázados álmát: a természet matematikai leírását. Végleg széttörte az arisztotelészi gondolkodás bilincseit: bebizonyította, hogy az égi és a földi mozgásokat ugyanazok a törvények irányítják, vagyis csak egyetlen fizika létezik.

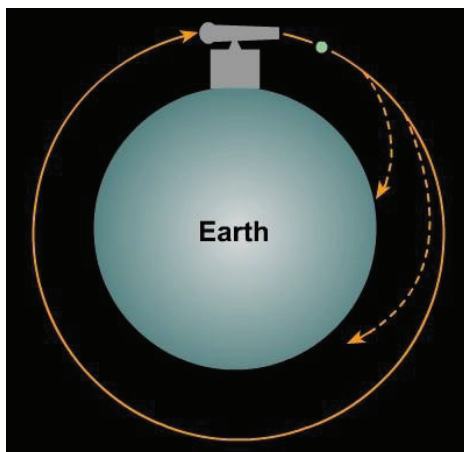


Már fiatal korában feltűnt tehetségével: felépítette az első tükrös teleszkópot, amely sokkal nagyobb és tisztább képet mutatott az égitestekről, mint a hagyományos, lencses teleszkópok.

Élete jelentős részében a Cambridge-i Szentháromság College professzora volt. 1686-ban jelent meg legjelentősebb műve: A természetfilozófia matematikai elvei (a „Principia”, ahogyan a tudománytörténetben nevezik).



Ő ismerte fel elsőként az általános tömegvonzás törvényét és kimutatta, hogy ez az erő tartja a bolygókat a Nap körüli pályán. Az általa felismert általános törvényekből levezethetők a Kepler törvények is.



A Principiában megjelenik az űrhajózás alapgondolata is: ha egy ágyúból egyre nagyobb sebességgel repül ki a lövedék, akkor az egyre távolabb esik le; elegendően nagy sebességnél a lövedék már nem esik le, hanem a Föld körüli pályára tér.

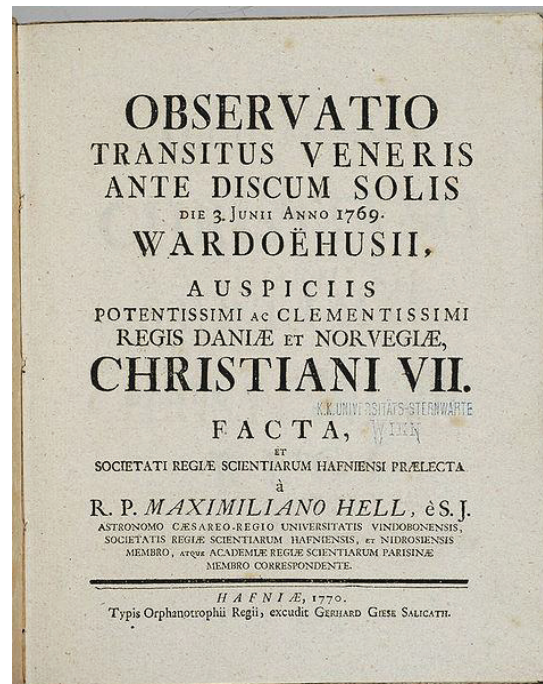
Newton művének jelentőségét **Voltaire** az elsők között ismerte fel; lefordította franciára, így népszerűsítette Franciaországban; később az ő műve nyomán vált népszerűvé egész Európában.

Hell Miksa (1720–1792) selmecbányai bányászcsaládban született. Természettudományok iránti tehetsége korán kitűnt. 18 évesen belépett a jezsuita rendbe, majd 22 évesen matematikai és fizikai tanulmányokat kezdett a bécsi egyetemen.



1845-től különböző felvidéki és erdélyi városokban tanít. 1755-től Császári és Királyi Csillagász, Bécsben megalapítja az egyetemi csillagvizsgálót, melynek első igazgatója. 1757-től évente kiadja a csillagvizsgáló évkönyveit, ezek a világon az első ilyen jellegű kiadványok.

Hosszas előtanulmányok után 1769-ben expedíciót vezet a lappföldi Vardö-szigetre, ahol megfigyeli a Vénusznak a Nap korongja előtti átvonulását. Pontos mérései alapján meghatározza a Nap parallaxisát, majd ennek alapján becslést végez a Nap–Föld távolságra. (Ennek jelentősége rendkívül nagy, mivel a Kepler-törvények csak a bolygók távolság-arányait adják meg. A Nap–Föld távolság ismeretében viszont bármelyik bolygó Naptól való távolsága becsülhető.) Az általa megállapított Nap Föld távolság 150 millió km; Hell mérésének pontosságát csak a 20. században tudták felülmúlni. Eredménye nagy nemzetközi elismerést váltott ki, több külföldi tudományos akadémia tagjává választotta.



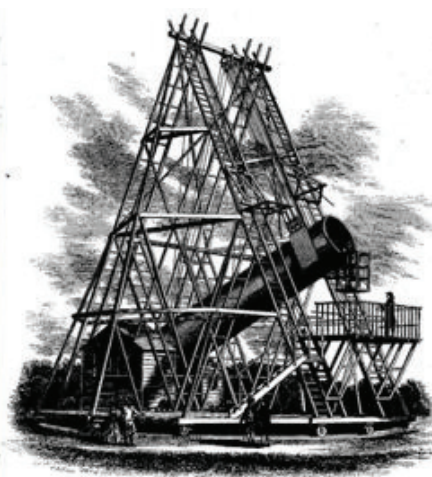
Munkatársa **Sajnovics János** expedíciójuk fél éve alatt tanulmányozta a lapok nyelvét és sok hasonlóságot fedezett fel a lapp és a magyar nyelv között. Munkája nyomán indult el a magyarság finnugor rokonságának kutatása.

A 18. sz. utolsó évtizedeiben minden hazai csillagászati obszervatórium az ő irányításával épül (Eger, Buda, Gyulafehérvár). Az egeri Líceumban 1776-ban dolgozott; kitűzte a délvonalat, meghatározta a Líceum földrajzi szélességét és hosszúságát. Útmutatásai alapján rendelték meg és állították be az obszervatórium távcsöveit. Az ő tervei alapján készült el az azóta is üzemképes Camera Obscura, amely a város pillanatnyi látképét képezi le egy vízszintes síkfelületre.

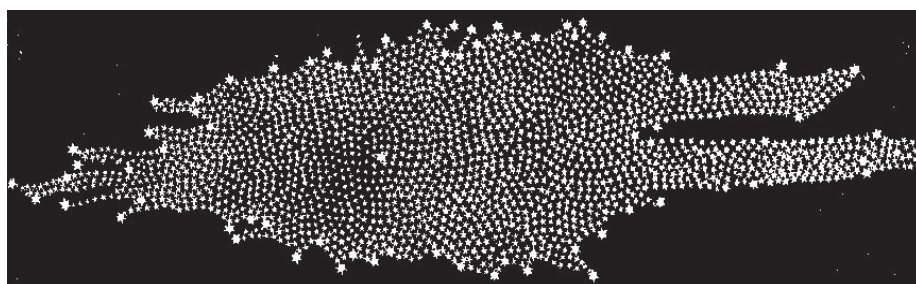
Utolsó éveit Bécsben, az egyetemi csillagdában, tudományos munkáinak rendezésével tölti. 1792-ben halt meg, a Bécs közelében lévő Erzers-dorfban temették el.

Charles Messier francia csillagász, több üstökös felfedezője 1771-ben katalógusba foglalta azokat az égi objektumokat, amelyek sem csillagokkal, sem üstökösökkel nem voltak azonosíthatók és M1...M110 jelzéssel látta el őket. A Messier-objektumokra a csillagászatban ma is gyakran hivatkoznak, katalógusszámaik alapján.

A 18. század végén kezdődik az óriástávcsövek kora; **William Herschel**, az Angliába települt német csillagász építi az elsőt London közelében. 1781-ben ennek segítségével fedezi fel az Uránusz bolygót.



Később még nagyobb távcsövet épít és ezzel tanulmányozza a Tejút szerkezetét. Elkészíti galaxisunk közelítő szerkezeti rajzát.



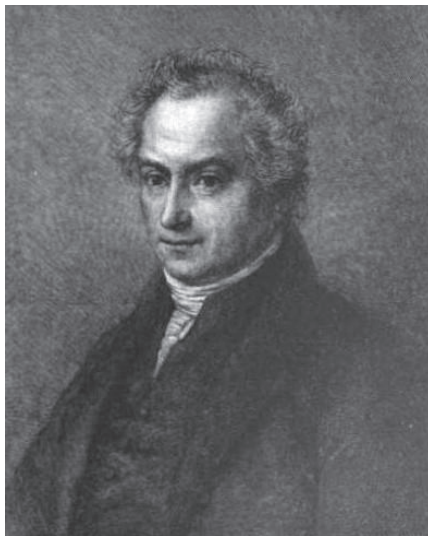
Fia, **John Herschel** az eddig ismeretlen Dél csillagos eget kezdi tanulmányozni. A Jöreménység-fokán felépíti a déli félteke első csillagvizsgálóját. A két Herschel munkássága megalapozta a modern csillagászatot, amely a 19. századtól már a teljes Univerzumra nyitott ablakot.

Az egyik Messier-objektum az Andromeda-köd (M31) volt, amelyről ma már tudjuk, hogy a Tejúthoz hasonló spirál-galaxis, több százmilliárd csillaggal. Az akkori távcsövekkel azonban nem lehetett megkülönböztetni a csillagokat, ezért az M31-et egy örvénylő gáztömegnek képzelték, amelyben épp a Naprendszerhez hasonló bolygórendszer alakul ki.

Ez adta az alapot az első kozmogóniai (a Naprendszer keletkezésére vonatkozó) elméletnek, az ún. Kant-Laplace elméletnek. Az **Immanuel Kant** (1724–1804) által először kidolgozott, majd **Pierre Simon Laplace** (1749–1827) által tovább fejlesztett elmélet szerint a Naprendszer kezdetben hatalmas forgó gáz- és porfelhő volt. A felhő a gravitáció hatására lassan sűrűsödni kezdett, miközben por- és gázgyűrűket dobott le magáról, ezekből lettek később a bolygók. A felhő belső része összesűrűsödött, és annyira felforrósodott, hogy fényleni kezdett, megvilágítva az egész gáz- és portömeget. Tehát a külső részekből lettek a bolygók, a központi tartományból pedig a Nap. (A jelenlegi elmélet alap gondolata lényegében ugyanez, a részletek tekintetében azonban sokkal pontosabb ismereteink vannak.) A klasszikus kozmogóniai elméletet továbbfejlesztő Laplace – korát messze megelőzve – már a 19. sz. elején felvetette a fekete lyukak létezésének gondolatát.

A newtoni mechanika legnagyobb sikerét a Neptunusz felfedezése jelentette. A bolygó létezését az Uránusz pályazavarainak (a szabályos ellipszispályáról való kisebb-nagyobb eltérések) észlelése alapján **Leverrier** (francia) és **Adams** (angol) csillagász egymástól függetlenül megjósolta. 1846-ban a német csillagász **Galle** a megadott helyen a bolygót távcsövének látómezejében megpillantotta.

A newtoni világbkép szerint a világegyetem végtelen. Ha ugyanis véges lenne, akkor az égitestek kölcsönös gravitációs vonzása miatt össze kellene roppannia. **Wilhelm Olbers** német csillagász 1823-ban rámutatott a végtelen univerzum ellentmondására (Olbers-paradoxon).



Ha a világegyetem végtelen, akkor az éjszakai égboltnak a Nap világosságával kellene ragyognia. A csillagok fénye ugyan csökken a tőlünk való távolság négyzetével, de ugyanilyen arányban nő a csillagok száma, vagyis a fényerő csökkenését a csillagok számának növekedése éppen ellensúlyozza. Az éjszakai égbolt mégsem világos – a paradoxon feloldására több hipotézis született, ezek azonban nem bizonyultak helytállóknak. (A reális magyarázatot a modern kozmológia adta meg. Ennek lényege, hogy a világegyetem nem végtelen és a csillagok nem örökéletűek, hanem megszületnek, egy ideig világítanak, majd kialszanak.)

A csillagászatban igazi áttörést a spektroszkópia alkalmazása hozott. A csillagok spektrumának elemzése lehetőséget adott a csillagok anyagi összetételének meghatározására és mozgásuk elemzésére is. A távcsőre erősített spektrográf az égitestek fényét színekre bontja, ez az égitest spektruma. A csillag légkörén áthaladó fény egy részét az ott jelenlévő gázok elnyelik, emiatt a spektrumban sötét (elnyelési) vonalak jelennek meg. Ezek hullámhosszából (vagy frekvenciájából) megállapítható a csillagot alkotó gázok anyagi minősége.



A Nap spektrumában **Joseph Fraunhofer** (1787–1826) észlelt sötét vonalakat (Fraunhofer-vonalak); ezek magyarázatát (a fentiek szerint) Kirchhoff és Bunsen adta meg 1859-ben. Az elnyelési vonalak alapján megállapították, hogy a Nap főleg hidrogénből és héliumból áll, de egy sor földünkön is ismert elem is található benne, pl. nátrium, kalcium, magnézium és további elemek egészen a vasig.

Christian Doppler (1803–1853) munkássága alapján már az égi objektumok tőlünk való távolodásának, vagy közeledésének sebességét is meg tudták becsülni. Ha a spektrumvonalak a nagyobb hullámhossz (vörös szín) felé tolódnak el, az égitest távolodik, ha a rövidebb hullámhossz (kék szín) felé tolódnak el, akkor közeledik. (A jelenség Doppler-effektus néven a hangtanban is ismert.) Ezzel a módszerrel a csillagászati spektroszkópia atyjának elismert William Huggins (1824–1910) számos csillag közeledési, ill. távolodási sebességét (radiális sebességét) határozta meg.

A színképelemzés később, a 20. században az Univerzum szerkezetének és folyamatainak felismerésében nyert alapvető jelentőséget.



Az egyes csillagok és galaxisok egymáshoz közeledhetnek, vagy távolodhatnak. A galaxisok társulásai (a galaxis-halmazok) azonban – Edwin Hubble felismerése szerint – kivétel nélkül távolodnak egymástól, vagyis a Világegyetem tágul. Ezzel a felismeréssel érvényét veszítette az a korábbi meggyőződés, hogy a Világegyetem állandó és változatlan. A változó Világegyetem tudománya, az új kozmológia forradalmian megváltoztatta világnézetünket és állandóan új és meglepő felfedezéseivel a 20. sz. legdinamikusabban fejlődő tudományága lett.

Felhasznált irodalom

- Zeilik, M – Gregory, S.A. – Smith, E.P.: *Astronomy and astrophysics*. Saunders College Publishing, Philadelphia, 1992.
- Herrmann, D.B.: *Az égbolt felfedezői*. Gondolat, Budapest, 1992.
- Herrmann, J.: *Csillagászat. SH-atlasz*. Springer Hungaria Verlag, Budapest, Berlin, 1994.
- Whitney, C.A.: *A Tejútrendszer felfedezése*. Gondolat, Budapest, 1978.
- Vekerdi, L.: *Így élt Galilei*. Typotext, Budapest.
- Ceman, R. – Pittich, E.: *A Világegyetem*. Slovart Print, Bratislava, 2007.