

Csillagászat története 2

ELTE TTK Csillagász szak 2. félév

(Balázs Béla előadásai és jegyzete alapján)



Pápics Péter István

2004.

Tycho Brahe (1546-1601)

Dán nemzetiségű, 1546-ban Skane-ben született, főnemesi szülők gyereke. A koppenhágai és leipzig-i egyetemen tanult, majd Németországban is folytatott tanulmányokat – ekkor nőtt meg érdeklődése a csillagászat és alkémia területén. 1570-ben visszaköltözött Dániába.

1572-ben „új csillagot” észlelt a Cassiopeiában, pontos beszámolót tett közzé erről, és meg volt győződve arról, hogy a csillagászat fejlődés a pontos észleléseken múlik. II. Frigyes király megajándékozta Hven szigetével, ahol felépítette Uraniburg-ot, Európa legnagyobb csillagvizsgálóját.

Új műszereket tervezett és épített, ilyen az obszervatóriumban elhelyezett Mural-kvadráns és a szextáns (hatodkör) is. Miután összeveszett a Frigyest követő IV. Krisztiánnal, 1597-ben elhagyta Dániát. 1599-ben Prágában telepedett le és II. Rudolf birodalmi matematikusa lett az udvarnál. 1601-ben halt meg.

Fő művei: Egy új és eddig soha nem látott csillagról (1573), A visszaállított csillagászat műszerei (1588), stb. Keplert mint inast alkalmazta, hogy észleléseiből bolygópályákat számoljon, Kepler publikálta is eredményeit a Tabulae Rudolphinae-ban 1627-ben.

Észlelései 2, sokszor fél ívperc pontosságúak voltak, a bolygókat végigkövette pályájukon, és már korrekciókkal számolt a refrakció kiküszöbölésére.

Amikor 1577-ben üstököszt is megfigyelt, már bizton gondolta, hogy ez is és az új csillag (szupernóva) is a Hold pályája fölött volt, így a mennyek, a szférák nem állandóak. Azonban nem volt Kopernikusz követője, világképe geocentrikus volt, ám a bolygók már a Nap körül keringtek.

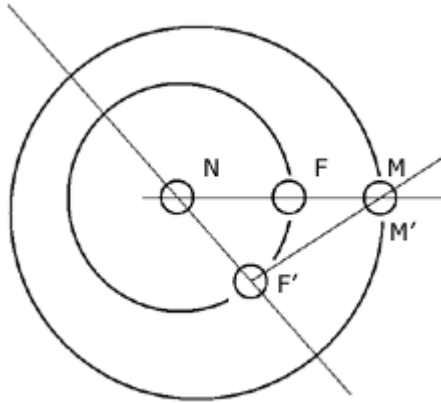
Johannes Kepler (1571-1630)

Vallásos számmisztikával telített, még a nevét viselő alaptörvényeket is nehéz műveiből kiolvasni...

Wiel der Stadt-ban született (Németország), Thübingenben tanult teológiát itt ismerkedett meg a kopernikuszi tanokkal. 1594-től Grazban tanított, naptárakat készített meteorológiai és asztrológiai jóslatokkal. Első jelentős műve: A kozmosz misztériuma (1596). 1600-ban Tycho asszisztense, majd 1601-ben utóda lett, Prágában, mint udvari csillagász. Itt jelent meg az Astronomia Nova (1609), melyben az első két törvényt találjuk. 1619-ben a Harmonices Mundi-ban írja le harmadik törvényét. Tabulae Rudolphinae (1627): sokáig a legfontosabb csillagászati adatgyűjtemény. 1630-ban Regensburgban halt meg.

1619-ben rájött arra, hogy a bolygópályák az öt platóni szabályos testtel vannak kapcsolatban. Úgy, hogy a testek úgy vannak a Nap köré helyezve, hogy azok a oktaéder, ikozaéder (20), dodekaéder, a tetraéder és a kocka. Ezek köré írt szférákon vannak a bolygók. Elfogadta a kopernikuszi rendszert, mely epiciklusokkal operál, melyek középpontja körpályán kering.

1619-ben jött rá, hogy a bolygók sebessége és Naptól mért távolsága között összefüggés van. Számításainál Tycho méréseit használta, és azt, hogy a Földpálya közel kör és a Marspálya meg elég nagy excentricitású. Megkezdődött a mozgások okának fizikai leírása. Nem Tycho munkásságát folytatta, hanem újított! Sokat foglalkozott optikával, jó matematikus volt, számmisztikájára jellemző, hogy úgy képzelte, hogy a bolygók holdjainak száma geometriai sort alkot (Föld:1, Mars:2, Jupiter:4, Szaturnusz:8).



Először kiszámította a Mars és a Föld pályáját (az ábrából látszik hogyan), majd általánosságban úgy származtatta törvényeit, hogy először a ptolemaioszi ekvánsokkal számolt, majd mivel a megfigyelés 8'-el eltért (főleg a aphélium és perihélium között félúton), először ovállissal közelítette a pályát, majd talán részben a szerencse folytán, levezetései ellipszispályát adtak.

A mozgató okot a sebességgel és nem a sebességváltozással hozza kapcsolatba. Ő szakított először a platóni arisztotelészi fizika tökéletes körmozgásaival. Leíró asztronómiából fizikai asztronómia lett. A pálya érintője mentén ható erőt

tételezett fel. Az egyes bolygók naptávolban és közelben mért szögsebességeinek viszonyát zenei hangközökkel fejezte ki. Ő maga nem hitt az asztrológiában, de valamiből neki is meg kellett élnie...

Galileo Galilei (1564-1642)

Newton mellett a mechanika törvényeinek egyik legjelentősebb kidolgozója. Csillagász és fizikus. A kísérlet az elmélet próbaköve.

Pisa-ban született és Firenze melletti birtokán, Arcetriben halt meg. Szegény családból származik, apja – Vincenzo – zenész volt. Tanulmányait egy kolostorban (Vallombrosa) kezdte, majd 1581-ben került a Pisai Egyetemre (orvosi). Anyagi nehézségei miatt dolgoznia kellett, de már ekkor megmutatkozott tehetsége. Tanulmányozta az ingamozgásokat, úgy vélte, hogy a lengésidő nem függ sem a hosszától, sem a kitéréstől. Mindig kísérletezett.

Ostilio Ricci-től, a toszkán udvar tanárától tanult matematikát és fizikát. Feltalálta a hidrosztatikai mérleget, ez tetté ismertté. Foglalkozott a merev testek súlypontjával is. Megcáfolta, hogy a különböző súlyú testek különböző sebességgel esnek, 1592-től a Padovai Egyetem matematikai tanszékének vezetője. 1604-be írja le, hogy a szabadon eső testek egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgást végeznek, illetve felismerte a hajítás parabolapályáját. A toronyból azonban nem dobált...

Nem tudni miért, de elvetette a kopernikuszi rendszert, és ragaszkodott a tökéletes körpályákhoz. Arisztotelésszel ellentétben nincsen külön égi és földi szféra. 1609-ben hírt vett, hogy Hollandiában elkészítették az első távcsövet, és ennek alapján megépítette sajátját is (3, majd 32x-es nagyítással), melyet elsőként ő fordított az ég felé. Felfedezései: a Hold felszíne nem sima (nem tökéletes gömb!) trigonometriai módszerrel kiszámolta a holdbéli hegyek magasságát (a terminátor közelében, félholdkor...), a nap foltossága és annak változása (a Nap sem tökéletes), a Jupiter négy legnagyobb holdja (ő a toscanai nagyherceg tiszteletére Medici-csillagoknak nevezte őket: Io, Europa, Ganymedes, Callisto – semmi különös nincs abban, hogy a Hold a Föld körül kering, miniatűr Naprendszer). Tanulmányozta ezen felül a Vénusz fázisváltozásait, a Szaturnuszt (gyűrű dőlésváltozása) és a Tejút is csillagok sokaságára bomlott távcsövében. 1610-ben írja le megfigyeléseit a Csillag-hírnök (Sidereus Nuncius) c. munkájában. Művei nagyon népszerűek és közkedveltek lettek.

1613-ban már a toscanai nagyherceg első filozófusa és matematikusa volt, mikor három írásában a Napfoltokról a kopernikuszi rendszer igazát látja bizonyítottnak. Sokan (az arisztotelészi filozófiát tanító professzorok, dominikánus papok – akik az inkvizíciónál a feljelentést is megejtették) azt szerették volna elérni, hogy kiderüljön, ezek az állítások ellentétben állnak a Szentírással.

Elismertsége miatt kesztyűs kézzel bántak vele. Rómában járt, hogy egyengesse műve útját, de Robert Bellarmino bíborosnál is csak azt érte el, hogy megengedje, hogy írjon, de csak a matematika nyelvén (hisz azt akkor még nem fogadták el a természet leírójaként), és nem védheti, nem is fogadhatja el a kopernikuszi doktrínát. A kopernikuszi tanokat hamisnak és tévelygőnek kell minősíteni, Kopernikusz könyvét pedig indexre kell tenni (1616). A következő hét évben Firenze mellett dolgozott, közben üstökösökkel kapcsolatos felfedezését megtámadták, erre válaszolt az *Il Saggiatore* (A Próbamester) c. írásával, mely a fizika valóságáról és Galilei módszeréről szól. Munkáját az új pápának, régi barátjának VIII. Orbánnak ajánlotta (Barberini bíboros), aki azt kedvezően fogadta. 1624-ben Rómában elérte, hogy írhasson a ptolemaioszi és kopernikuszi világrégről, de csak úgy, hogy nem foglal állást az utóbbi mellett. Firenzében több évig írta a *Dialogo...* (Párbeszéd a két legnagyobb világréndszerről...) c. művét, mely 1632-re készült el. Itt három ember beszélget, ők burkoltan Galilei, Kopernikusz tanait hirdető semleges ember és az arisztotelészi rendszert pártoló gyagyás. Óvakodott az egyértelmű érveléstől, de ez nem volt elég. Ugyan cenzori jóváhagyással jelent meg a mű, felhívták a pápa figyelmét, hogy az burkoltan az eretnek tanok mellé áll. Folyt az áskálódás, és végül a pápai főcenzor (Niccolo Riccardi) elérte, hogy 1633-ban eretnekség alapos gyanújával vád alá helyezték Galileit. Elítélték, ennek következtében Galilei megátkozta és elvetette múltbéli hibáit. Börtönbüntetését a pápa már másnap házi őrizetre változtatta. 1634-ben birtokán fejezte be *Matematikai érvelések és bizonyítások...* c. munkáját, melynek függelékében merev testek súlypontjával foglalkozik. 1637-ben fölfedezte a Hold librációját, rájött, hogy lehet az ingát az óra szabályozására használni. Pontos Jupiter-hold keringési táblázatait hajózáznál időmérésre is lehetett volna használni.

Az inerciatörvényt azért nem tudta kidolgozni, mert nem fogadta el a kepleri mozgástörvényeket. Volt érzéke, hogy eladja eredményeit, de nem volt megfelelő érzéke a tudósközösséggel való közös munkához. Megsejtette a parallaxis, a fény véges sebességét, és hogy a Szaturnuszon túl is vannak bolygók.

René Descartes (1596-1650)

La Haye-ban született, elszegényedett nemesi családban. 8-16 éves koráig La Fleche jezsuita iskolájában tanult (ez volt az egyik legjobb, itteni évei hosszú távú hatással voltak rá). 1617-ben Hollandiában, Bredában egy katonai iskolánál volt önkéntes. Bejárta Európát, 1619-ben a Bajor herceg hadseregében egy hideg novemberi napon egy jól fűtött kályha mellett fogant meg benne az új filozófia. Járt Magyarországon, 1623-ban Itáliában, de nem lépett kapcsolatba Galileivel. Köze volt a rózsakeresztes rendhez, de csak az emberszerető tulajdonságaikat pártolta. 1629-ben Hollandiába költözött, 1629-1633 dolgozta ki filozófiai rendszerét. Műve félelmei miatt nem jelent meg. Fontosabb művei még: *Értekezés a módszerről* (1637) és *Principia Philosophiae* (1644). 1649-ben a Svéd királynő hívására Stockholmba költözött, de nem bírta a hideg éghajlatot és tüdőgyulladásban meghalt.

Egyszerre volt matematikus, filozófus és csillagász. Megtanulta, hogy minden, amit tanult, vitatható. A matematika módszerében rejlik a biztos igazság záloga. Axiómákra épülő világ, deduktív logika, gondolatláncszerű fölépítés. Minden lépés világos és következetes. Négy fontos szabály:

1. Csak azokat a következtetéseket fogadjuk el igaznak, amelyeket tisztán és határozottan igaznak ismerünk meg. Más szóval, melyek olyan tisztán és világosan állnak elménk előtt, hogy a kétség minden lehetőségét kizárják.
2. A vizsgált bonyolult kérdést annyi részre osszuk, amennyire csak lehetséges, a jobb megoldás érdekében.

3. Gondolatainkat rendezzük el, és haladjunk fokról fokra a legegyszerűbbtől és a legkönnyebben megismerhetőtől a bonyolultabb tudás felé.
4. És végül minden egyes esetben tekintsük át az egészet úgy, hogy biztosak lehessünk abban, hogy semmit sem hagytunk el.

Meg kell keresni a kiinduló igazságot. Nem szabad senkinek sem hinnünk, magunknak sem, az érzékeink megcsalnak minket. Az egyetlen biztos dolog a kételkedés. Kiindulópont: Cogito ergo sum – Gondolkodom, tehát vagyok. Honnan tudjuk, hogy az érzékelésünk a világ felé valódi és nem hamis? A tökéletes lény ideája nem származhat tökéletlen elméből, az okozat nem lehet nagyobb, mint a ható ok, ily módon kell létezzen egy tökéletes lény: Isten. És Isten nem csap be, tehát amit látunk, érzékelünk, az a valóság. A természet matematikai törvények szerint van konstruálva.

A testek háromdimenziós kiterjedése az alapvető tulajdonság. Van a szellem és az anyag világa, (res cognita, res extensa), és ezek valamilyen módon hatnak egymásra. Meg van győződve, hogy a testek csak közvetlen érintkezéssel hatnak egymásra, így a gravitációt, a távolhatást okkultizmusnak tartotta. *Adjatok nekem kiterjedést és mozgást, és én felépítem az egész világot* (Arkhimédész: Adjatok nekem egy stabil pontot a világegyetemben és én kimozdítom a világot.).

Mozgástörvényei:

1. Egy test nyugalomban marad mindaddig, ameddig valamely hatás nem éri, egy mozgó test viszont változatlan sebességgel folytatja mozgását, mindaddig, míg valamivel nem találkozik, ami ezt a mozgást megváltoztatja.
2. Minden mozgó test egyenes vonalban igyekszik mozgását folytatni (felismerte, hogy a körpályán való mozgáshoz erőhatásra van szükség).
3. Ha egy mozgó test egy másikkal találkozik, és kisebb ereje van ahhoz, hogy a mozgást folytassa, mint a másiknak ahhoz, hogy annak ellenálljon, megváltoztatja irányát anélkül, hogy mozgásából veszítene, ha azonban nagyobb az ereje, akkor magával viszi a másikat. Így például ha egy test egy nagyobb nyugalomban lévő testhez ütközik, visszapattan arra az oldalra, ahonnan jött, anélkül, hogy valamit is veszítene mozgásából.

Nyolc konkrét ütközési szabályt állított föl, két egyforma test rugalmas ütközését jól írta le, de a többi szabály nagy része hibás, vagy csak rugalmatlan ütközésre igaz (nem különböztette meg ezt a kettőt). Ő maga is tudta, hogy eredményei nem felelnek meg a tapasztalatnak. Nem vette figyelembe az impulzusvektor előjelét sem! Szerette volna a látható világ összes jelenségét megmagyarázni, de rájön, hogy ez ily csekély ismeretanyaggal lehetetlen.

Az *Értekezés a módszerről* c. műve az újkori filozófia összetett alapműve. Franciául írta, hogy a nők is megértsék... Három esszé: 1. Dioptrika (fénytörés törvényei), 2. Légköri jelenségek (szivárvány leírása), 3. Geometria (a geometriai alakzatok leírhatók az algebra módszereivel, koordinátarendszer, ismeretlen változók jelölése, hatványok a felső indexbe, stb.). Szabályok az értelem vezetésére c. rész is van benne.

Az első kozmogónia (a világ keletkezésének elmélete): hogyan alakulhatott ki mostani világunk? Leszögezi, hogy amit leír, az nem a valóság, csak az értelem szellemi játékként elgondolkodik arról, hogy akár így is lehetett volna. Tegyük fel – mondja –, hogy kezdetben a világ teljesen homogén anyagból állt, mely darabokra töredezett majd az ütközések folyamán három őanyag alakult ki. Egy finom és mozgékony (arisztotelészi tűz, fénylő, luminositas), a másik mozgékony és gömbölyű (arisztotelészi levegő, transparensitas), és végül a durva szemcsék (arisztotelészi föld, opacitas). Ez a három anyagkeverék egyenletesen tölti be a

teret. Nincs atom, se vákuum. A kezdeti mozgásmennyiségnek megfelelően ebben a folyadékban hatalmas örvények alakulnak ki, mely az egyes anyagfajták szétválasztásához vezet. Az örvény közepén összegyűlik a finom fénylő anyag (a Nap és a csillagok), a nehezebb anyagok kifelé tendálnak, ugyanis rájuk nagyobb erő hat. Minden csillaghoz tartozik egy ilyen örvényrész, melynek belsejében összegyűlik a harmadik anyagfajta, ezek lesznek a bolygók. Az egész teret a második anyagfajta, a fény továbbítói töltik ki. Két örvény között csak akkor áramolhat át az anyag, ha az egyik örvény merőleges a másikra, mert ott nincs erőhatás a tengely mentén. A Naprendszerben a Nap körül örvénylő anyag magával viszi a Földet, mely egyébként mozdulatlan a környezetéhez képest. Ugyan így a Holdat viszi magával a Föld. Rendszerében már szerepelnek a Jupiter holdjai.

A gravitációt úgy magyarázza, mint egy Y alakú üreges testben ha megforgatják azt, a golyó elmozdul, vagy egy pohárba ólomsörét és fadarabok vannak, a poharat megforgatva a fadarabok a tengely felé, a sörétek a fal felé tendálnak. Azt is kikövetkeztette, hogy ha elég nagy erővel dobunk el egy testet, az elhagyja a Földet örökre (nem esik vissza).

Világmodelljének pozitívái: okfejtése materialista (a felvázolt gondolatok 1644-es művében vannak leírva), hangsúlyozza a világ egységét, homogenitását, szemléletességre törekszik, átlátható, hogy sokan megértsék, a mechanika törvényeire alapoz, nála szerepel először megmaradási törvény, megjelenik a kozmogónia fogalma.

Nem tulajdonít kellő fontosságot az empíriának és az obszervációnak.

A csillagászat átalakulása és a távcső a **XVII. században**

Az **1543**-as kopernikuszi De Revolutionibus (Nap középpont, de még körpályák) és az **1644**-es descartesi Principia Philosophiae közti 100 évben átalakult a csillagászat. Descartes gyökeresen szakít az arisztotelészi tanokkal. A csillagászok megtanulták, hogy nagyon fontosak a pontos észlelések, megkezdődött a keringés okainak kutatása. Ez egészen Newtonig vezetett, aki már meg tudta mondani, mi az égi mozgások valódi oka.

A **refraktorok**, avagy lencsés távcsövek: **Hans Lippershey 1608**-ban alkotta meg az első távcsövet, hajzási célokra.

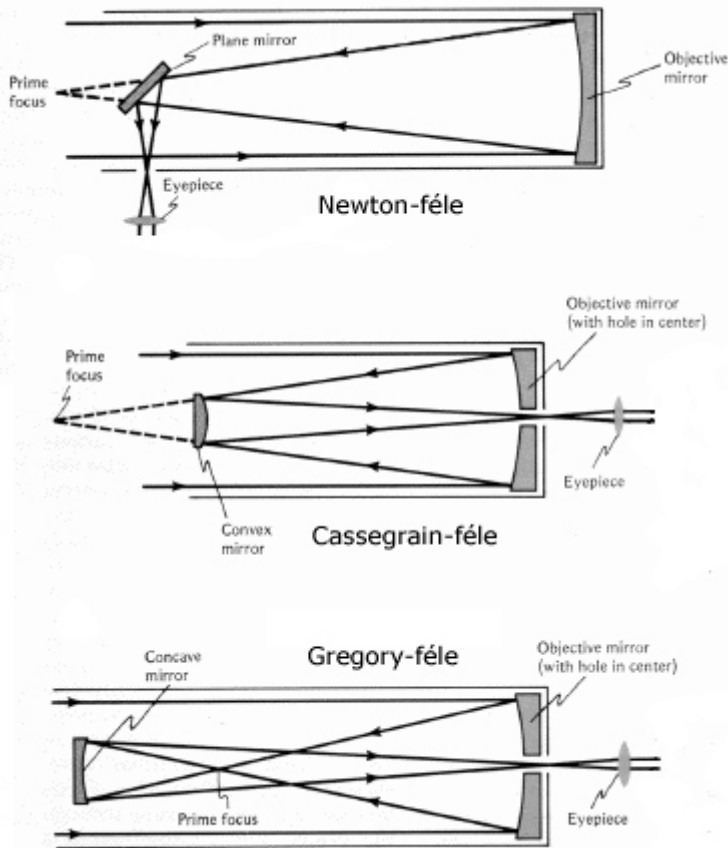
- Ezt **Galilei** alakította át (3-32x nagyítás): konvex objektív és konkáv szemlencse még a fókusz előtt. Egyenes állású kép.

- **Kepler** két convex lencsét használt (fókuszai egy pontba estek), a szemlencsét a fókusz mögé helyezve fordított állású képet, nagyobb látómezőt és kivetíthető képet kapott, így észlelte a napfoltokat. Ez lett a standard csillagászati távcső.

Voltak Persze problémák. Fellépett a szférikus aberráció jelensége (nem minden fénysugár egy pontban fókuszálódik), e miatt elmosódott lett a kép. Aszférikus lencsét ekkor képtelenség volt csiszolni. A másik jelenség a kromatikus aberráció volt (minden hullámhosszú színnek más és más a törése). Ezek miatt nagyon hosszú fókuszú távcsöveket építettek. A század közepére legalább 30 láb hosszú fókuszokat alkalmaztak, mely persze nagyon nagy súlyt és nehéz kezelhetőséget eredményezett. **Hevelius** (sörgyáros volt és úgy gondolta, hogy szögtávolságokat csak szabad szemmel szabad becsülni.) 150 láb fókuszú távcsövet épített **1673**-ban, ennek csontvázszerkezetű csöve volt, és **1679**-ben le is égett.

A **reflektorok**, avagy tükrös távcsövek: mivel nem lehetett megoldani az egyre nehezebb távcsövek kezelését, és a kép sem volt tökéletes, valahogy meg kellett kerülni a hossz problémáját. **1663**-ban **James Gregory (1638-1675)** matematikus az ábrán látható ötlettel állt elő, ötletét Londonban megmutatta optikusoknak is, de ők nem voltak hajlandóak foglalkozni

vele. **Cassegrain 1672**-ben állt elő saját ötletével, mely nagyon rövid tubussal építhető. Később kiderült, hogy a konvex segédtükör segítségével könnyen kiküszöbölhető a Gregory estén még fellépő szférikus aberráció. Eközben **Newton** sokat megtudott a fény természetéről, a színekről megtette döntő felfedezéseit, majd **1668**-ban megépítette első távcsövét, melyben már nem kellett megfúrni a főtükört. **1671**-ben egy hasonló távcsövet már a Royal Society-nek is bemutatott. Egy eredeti sem maradt fenn, de valószínűleg az egyik történeti távcső



egy darabjai az eredetiből valók. A XVIII és a XIX. Században is széles körben elterjedt távcsőtípus volt a Newton-távcső.

Ugyan akkoriban még nem létezett, de Piskéztetőn pl. Schmidt távcső van. A szférikus aberráció itt már nagy látómező esetén is kiküszöbölhető. **Schmidt 1916-1930-as évekig** dolgozott rajta Hamburgban. Főtükre gömbtükör, de előtte van egy negyedrendű korrekciós felület (ezt plánparalell üvegkorongból csinálta vákuum segítségével). Az érzékelő egy szférikus görbült felület (pl. fotólemez). Ma már két meniscus lencsét használnak, így a fókuszfelület is sík.

A lencsecsiszolók sem tétlenkedtek, **1729**-ben a

londoni ügyvéd, **Chester Moor Hall (1703-1771)** létrehozta az **akromatikus** lencsét, ez két különböző törésmutatójú anyagból készült. Nem csinált pénzt az ötletből, de ezt megtette helyette **John Dollond (1706-1761)**, londoni műszerkészítő, az ő nevére jegyezték be a szabadalmat is **1758**-ban.

Nem volt magától értetődő, hogyan lehet ezeket a műszereket **mérésekre** is felhasználni. **William Gascoigne 1640** körül egy a fókusz síkba merészkedő pók hálójával ihletve létrehozta az első fonálkeresztet. Rájött, hogy két párhuzamos szállal mikrométer készíthető. Kell egy fonálkereszt, az egyik szálon fusson végig az objektum. Legyen egy erre merőleges állítható szál, melynek mozgatóján beosztás van, és ennek segítségével lehet leolvasni a keresett értékeket (szögtávolság, stb.). **Huygens 1659**-ben függetlenül jelentetett meg írást mikrométeréről, ezt követően a távcső valódi műszerré vált.

Az első precíziós, **komplett szerelést Olaf Römer 1681**-ben építette meg a Koppenhágai Csillagvizsgáló számára. Itt már deklinációs és rektaszcenziós körök is szerepeltek, ami nagyban elősegítette a méréseket.

Sir Isaac Newton (1643-1727) és a newtonizmus

Angol fizikus és matematikus, a tudományos forradalom kiemelkedő alakja. Ő volt az első tudós, akit a királynő lovagga ütött.

Felfedezte, hogy a fehér fény összetett, három mozgástörvénye vezetett az általános tömegvonzás törvényének megfogalmazásához. Kidolgozta Leibniztól függetlenül a differenciál és integrálszámítás alapjait. Az 1687-es Philosophiae Naturalis Principia Mathematica a modern tudománytörténet egyik legfontosabb műve.

Kisbirtokos egyetlen fia volt, mostohaapját gyűlölte, anyját 9 éves koráig, a 2. férj haláláig alig látta. Féktelen hevessege és erős szorongása erre vezethető vissza. Anyja azt szerette volna, ha a fia a birtokon gazdálkodik, de hamar kiderült, hogy ez nem fog menni. 1661-ben a cambridge-i Trinity College hallgatója lett. Tanulmányai befejeztével 1665-ben pestisjárvány tört ki, Newton hazaköltözött. Felfedezte a binomiális tételt, a fluxiószámítást és annak ellentettjét is. A színekről írt dolgozatot, melynek egyes gondolatait a későbbi Optikában dolgoz ki. Megállapította hogy a bolygókra ható sugárirányú erő a Naptól való távolság négyzetével csökken. Írt a végtelen sorokról és beválasztották a College tanári karába. 1670-ben kezdte meg előadásait, melyek nyomán megszületett az Optika első kötete.

Úgy gondolta, hogy a fény mozgó anyagi részecskékből áll (fotonok). Rájött, hogy a szivárvány nem a fény módosulása. Rájött, hogy a fehér fény összetett, színekre bontható pl. egy prizmaival. Úgy gondolta, hogy bizonyos sugarak adott színek érzetét keltik a retinában. A lencsék színtorzítása miatt tükröt csiszolt, távcsöve 1671-ben nagy sikert aratott.

A Royal Soc. tagjai közé választották, 1672-es színekről írott dolgozatát Hooke több ponton bírálta. 1675-ben adta ki újabb írását a vékony rétegek fénytani jelenségeiről, lényegében ez adta az Optika későbbi második kötetét. A szilárd testek színét arra vezette vissza, hogy a fehér fény visszaverődésénél törés is történik, és a fény komponenseire bomlik. Periodikus optikai jelenségek bemutatása, interferencia, Newton-gyűrűk (síkdomború lencse és síküveg közti levegőtérben). Ezt is támadta Hooke (1635-1703).

1670-es évek végén meghalt anyja, ő pedig idegösszeomlást kapott. Felépülve megváltozik életszemlélete. Belemélt az alkímia és a hermetikus hagyományok tanaiba. 1679-körül elvetette a távolhatás kizárását, és a hajszálcsövességet, a felületi feszültséget és a kémiai affinitást a részecskék közötti vonzással és taszítással értelmezte. A mechanikus filozófusok úgy vélték, hogy ez csak a szimpátia és antipátia felélesztése.

Matematizálta a fizikát. A bolygómozgásokra csak Hooke-val folytatott levelezés után kezdte el alkalmazni a vonzás és taszítás elvét. Nyolc év munka után született meg a Principia, mely a testeknek a három mozgástörvényen alapuló leírását tartalmazza. (1.: A testek megtartják nyugalmi állapotukat vagy egyenes vonalú egyenletes mozgásukat mindaddig, amíg egy rájuk ható erő az állapot megváltoztatására nem készíti őket. 2.: A mozgás megváltozása – ma – arányos a testre ható erővel – F. 3.: Minden hatáshoz azonos nagyságú ellentétes irányú ellenhatás tartozik.) Megadta a körpályához szükséges centripetális erő nagyságát, mely a Naptól való távolság négyzetével van összefüggésben. Több égitestet megvizsgálva jutott el az egyetemes tömegvonzás (gravitas – tömeg) törvényéhez, mely kimondja az $F = m_1 m_2 / r^2$ arányosságot.

A Royal Society 1686-ban kapta meg a kéziratot, de Hooke plágiumvádja miatt Newton csak bírálója halála után adta ki művét. Azonnal nemzetközi hírnevet szerzett, Londonba költözött, ahol 1701-től a pénzverde őre, majd 1703-tól a Royal Society elnöke lett. 1704-Optika

kiadása, 1705-lovaggá ütök, 1706-Optika latin fordítása, 1717-1718-második angol kiadás. 1726-Principia 3. kiadása. Majdnem haláláig a Királyi Társaság elnöke volt.

William Gilbert (1544-1603): Azt gondolta, hogy a tömegvonzás mágneses jelenség (1600-On the Magnet), ezt arra alapozta, hogy a természetben megtalálhatóak mágneses kőzetek. Fizikus volt, a Gresham College munkatársa.

John Wilkins (1614-1672): ő kései greshemista volt, elgondolkozott a Holdutazás lehetőségéről, úgy gondolta, hogy úgy 20 mérfölddel a felszín fölött megszűnik a mágneses vonzerő, de ő is érezte, hogy ez nem lehet egy éles határ. Az oxfordi Wadham College igazgatója lett 1648-ban.

Christopher Wren (1632-1723) és Robert Hooke (1635-1703): Wilkins nagy hatással volt rá, Hooke-val együtt nagy szerepük volt London 1666-os tűzvész utáni újjáépítésében. Fő kérdéseik: a bolygók keringésének sajátosságai, milyen utat járnak be az üstökösök, hogy függ a Föld mágneses vonzása a távolságtól? 1662-ben a Royal Society kurátora lett, és ezért sajnos elég sok elméletet kidobott anélkül, hogy átnézte volna őket.

Hooke 1674-ben az Attempt to Prove the Motion of the Earth c. írásában három dolgot állapít meg: 1.: Minden test gravitációs hatást fejt ki elsősorban saját magára és a többi testre. 2.: Minden test megtartaná egyenes vonalú mozgását, ha nem hatna rá egy külső erő, mely egy görbült pályára irányítaná. 3.: A vonzóerő olyan, hogy annál nagyobb, minél közelebb vagyunk a testhez. Sokáig nem tudott dönteni az egyszerű fordított, vagy négyzetesen fordított arányosság között, de később is csak körpályára látta be a négyzetes igazát. Sem ő, sem Wren nem tudták megmondani, hogy tényleg ellipszis lesz e egy a Nap körül keringő égitest pályája, ha az erőhatás a távolsággal fordítottan négyzetes.

Edmond Halley (1656-1742): elutazott Newtonhoz Cambridge-be, hogy megkérdezze tőle, milyen lenne a pálya, és Newton a várt ellipszis (v. kör) választ adta. Később királyi csillagász lett, Oxford geometriai professzora. Mind ő, mind Newton azt mondta, hogy a bolygómozgások nem megoldhatók kéttestproblémával, mert a többi bolygó, az üstökösök mozgása pedig a bolygók perturbáló hatásából fakad. Sokáig azt hitték, hogy az üstökösök egyenes mentén érkeznek, és egy gravitációs hatás után (Nap) egy egyenes mentén távoznak is, mígnem ő megjósolta egy üstökös visszatérését (1531, 1607, 1682, 1759 – ezt megfigyelték, ekkor nevezték el róla). Előre jelezte az előre jelezhetetlent...

John Flamsteed (1646-1719): ugyancsak greenwichi királyi csillagász, beigazolta Hooke sejtését a Gamma Draconis parallaxis jelenségével kapcsolatban.

A föld alakjának meghatározása

A gravitáció elméletének elfogadása után a kérdés az volt, hogy minden irányban egyforma „vastag”-e a Föld. A Föld körülbelüli mérete már Erathosztenész (i.e. III. sz.) óta ismert volt. 1666-ban alapult meg a Párizsi Tudományos Akadémia XIV. Lajos parancsára, és rögtön létrejött a Párizsi Obszervatórium is, melynek Cassini (1625-1712) lett a vezetője. Alkalmazták Christian Huygens-t is (1629-1695). Huygens megmérte egy adott hosszúságú inga lengésidejét a Föld adott pontjain, és csak nagyon kicsi eltéréseket tapasztalt, de megsejtette a Föld lapultságát. Newton is így magyarázta a lengésidő eltérését, bár Huygens más értéket kapott (aki egyébként cartezianus tradíció szerint dolgozott). Lappföldön és Peruban is végeztek megfigyeléseket, de nem tudták megadni a lapultság pontos mértékét.

A hosszúságfok-meghatározás

A szélesség könnyen meghatározható, csak meg kell mérni a pólus magasságát, vagy csillagok alsó és felső kulminációját kell mérni és abból számolni, stb. Jóval nagyobb

probléma a hosszúság meghatározása. (Eszközök: oktáns, sextans, Jákob-bot.) Egyszerre kellett volna tudni a helyi és greenwichi időt (1 óra 15°-nak felel meg).

Már Hipparcos rámutatott, hogy a Holdfogyatkozások mindenhol egyszerre történnek, így egy fogyatkozás alatt két helyen is mérve az idő, számolható a hosszúságkülönbség. Így mérték meg London és egy kanadai sziget távolságát (1631), ugyanis **Henry Gellibrand**, a Gresham College professzora megbeszélte a mérést egy az északnyugati átjárót kereső hajóskapitánnyal. Sajnos a holdfogyatkozások túl esetlegesek.

A Jupiter holdjainak fogyatkozása (táblázatok: 1668, Cassini) hasonló módon egyszerre történik (a mérésekből később ennek segítségével jöttek rá a fény véges sebességére), de ezek sem voltak elég gyakoriak, de a mérések jól működtek a szárazföldön. Galilei még egy giroszkóp szerű platformot is tervezett a hajókra, de ez nem volt megvalósítható.

A **XVI-XVII. század**ban a mérések pontatlansága és a pontos térképek hiánya nem engedte, hogy a mágneses és valódi észak közti eltérésekből állapítsák meg a helyzetet. 1707-ben mérési pontatlanságok miatt veszett oda az angol flotta négy hajója és kétezer ember.

Whiston és **Dutton** azt javasolta, hogy horgonyozzanak le hálózatszerűen hajókat, és bizonyos időközönként ágyúval jelezzenek. Ugyan ez nem valósult meg, de a brit parlament létrehozta a Board of Longitude-t, melynek lényege az volt, hogy ha valaki egy fok pontos módszert vezet be, annak díjazása 10.000 font lesz. Ha kétszer ekkora lesz a pontosság, a díj 20.000 font.

Huygens ingaórája nem hozott eredményt, mert a kanyarokban fellépő lokális g és a hullámmozgás okozta dülöngélés eltéréshez vezetett az óra járásában. Próbálkoztak még a Hold járásához kötött órákkal, vagy a Hold parallaxisének mérésével, de ezek sem váltak be. Több katalógus, keringési adat (még a Principia is csak pár ívpercre volt pontos...), pontos szögmérés, illetve derült ég is kellett volna... 1731-ben feltalálták a sextáns elődét, amivel már pontos szögméréseket lehetett végezni. 3000 csillagot tartalmazó katalógusa **Flamsteed**-nek halála után, 1725-ben jelent meg. **Euler** és **Tobias Mayer** Holdkeringési táblázatai 1755-ben érkeztek meg Londonba, elbírálásukat a Hét éves háború félbeszakította, Mayer még tökéletesebb táblázatokat készített halála előtt, melyért 3000 fonttal honorálták özvegyét, míg Euler csak 300 fontot kapott. 1766-ban jelent meg a később minden évben kiadott Nautical Almanach (**Nevil Maskelyne** állította össze).

Közben egy másik alternatíva állt elő. **John Harrison (1693-1776)** 1735-ben megalkotta első tengeri időmérőjét (kronométer), majd a kezdeti 250 font után a negyedik verzió (1764) már eséllyel pályázott a végső díjra. Miután minden követelménynek megfelelt, megkapta a 10.000 fontot, majd a teszt után (Cook kapitány 1772-1775 trópusi és sarkvidéki útja) a másik 10.000-t. Az úton való szállítás azonban túl durva volt, ezért csillagvizsgálókkal jelzőrakétákkal szinkronizálták az úton lévő műszereket. Aztán megjelent a távíró...

Szekuláris és periodikus rezonanciák a Naprendszerben

Problémák: 1500 éve tudott gyorsulás a Jupiter, lassulás a Szaturnusz keringésében, és pillanatnyi gyorsulás a Hold keringésében. Ha ezek nem időleges változások, akkor a Jupiter spirálozik a Napba, stb., tehát a Naprendszer változik, egyszer talán el is tűnhet (Euler). **Euler**, **Lagrange** és **Laplace** gondolkozott ezekről: periodikus (oszcilláció szerű) és szekuláris (folyamatos) változások. Ezek minden pályaelemre hatással vannak. 1772-ben Laplace kiszámolta, hogy a fél nagytengely nem változhat szekulárisan, és az eltéréseket az üstökösökkel való kölcsönhatással magyarázta. 1774-ben Lagrange kimutatta, hogy a csomóvonalak változása is periodikusan oszcillál. 1785-ben Laplace megtalálta az okát a Jupiter és a Szaturnusz problémájának, rájött, hogy a változás 900 éves periódussal bír. 1787-

ben megoldódni látszott a Hold szekuláris gyorsulásának problémája, csökken a Földpálya excentricitása, ennek egy másodlagos hatása a jelenség. Később kiderült, hogy a Föld forgásának lassulása is közrejátszik ebben. Laplace hitte, hogy a Naprendszer egy stabil és önszabályozó rendszer. 1796-ben megírta könyvét: Exposition du system du monde (A világ rendszereinek bemutatása). Ebben egy keletkezéselméletet is leír (kondenzáció a nap körüli anyagkorongból). (Herschel a csillagrendszerek keletkezéséről írt.) Égi mechanikai értekezések c. 5 kötetes munkája módszertani és probléma-megoldási szempontból jelentős, szinte kötelező olvasmánya volt kora csillagászatának.

Hiányzó bolygók

Kepler nem értette, miért olyan nagy a hely a Mars és a Jupiter között. **Lambert** úgy gondolta, hogy az óriásbolygók csak később kerültek olyan messzire, **Thomas Wright of Durham** úgy gondolta, hogy létezett ott egy bolygó, de egy üstökösrel ütközött és elpusztult. **Johann Daniel Titius (1729-1796)**, a Wittenbergi Egyetem fizika professzora tudomást szerzett **Gregory** és **Wolff** munkásságáról, és eredményeiket felhasználva alkotta meg saját számsorát a bolygópályák sugarára (4, 4+3, 4+6, 4+12, 4+48, 4+96). Hiányzik valami 4+12-nél! **Bonnet** és **Bode** is úgy gondolta, hogy az Úr nem hagyhatta üresen ezt a helyet, utóbbi felfedezettlen Mars-holdakat feltételezett. **Johann Elert Bode (1747-1826)** ezt elvetette, és jelentős szerepe volt abban, hogy elkezdjék a keresést 4+24 egység körül.

Titius-Bode szabály: $d=0,4+0,3 \times 2^n$ ahol $n=-\infty, 0, 1, 2, \dots$

Az Uránusz felfedezése: 1781-ben a hannoveri születésű orgonista, **William Herschel** új bolygót fedezett fel. 1781. március 13-án az Ikrekben fürkészett, és egy korábban csillagnak vélt objektumról látta, hogy ködös megjelenésű, talán inkább egy üstökös. Négy nappal később észlelte az elmozdulását is. Egy barátja felvette a kapcsolatot a királyi csillagással (**Nevil Maskelyne**) és az oxfordi professzorral (**Thomas Hornsby**). Nem találtak üstökösre utaló nyomot, bebizonyosodott, hogy bolygóról van szó. Először György királyról akarta elnevezni, de végül Uránusz lett. Királyi alkalmazott lett. Mivel a bolygó illett a Titius-bode sorba is, ez mindenkit meggyőzött, hogy a Mars és a Jupiter között is lennie kell egy bolygónak, és 1799-1800 folyamán **Zách Ferenc** 24 fős égi rendőrséget állított föl a zodiákus átvizsgálására.

A kisbolygók felfedezése: 1801. január 1-jén **Giuseppe Piazzi (1746-1826)** 5 láb méretű vertikális körrel szerelt távcsövével éppen csillagkatalógusán dolgozott, és kimérte egy 8 magnitúdó körüli csillag koordinátáit is. A következő napi ellenőrző észlelésen azt tapasztalta, hogy a kérdéses objektum elmozdult, ezt a következő észlelések is alátámasztották. 24-én írt Bode-nak, hogy felfedezett egy üstökösöt, de barátjának azt írta, hogy ez „más”. Február közepén a Nap közelsége miatt nem volt megfigyelhető az égitest. Az addigi 24 észlelés alapján elkezdte a pályát vizsgálni, először parabola illesztéssel próbálkozott, majd körrel, és úgy találta, hogy ez tényleg egy bolygó kell legyen, ráadásul a Bode-szabály által előírt helyen. Pontosítani kellett a számításokat, hogy a Naptól távolodó objektumot újra meg lehessen találni. **Gauss** ekkor megalkotta a pályaszámítás matematikáját, és Zách elkezdte az égitest keresését, és az év utolsó éjjelén megtalálta az előre jelzett helyen. Piazzi Ceresnek nevezte el Szicília védelmezője után. Herschel azonban rámutatott, hogy távcsövében nem bírja felbontani az apró korongot, tehát az kisebb kell legyen a Holdnál. 1802. márciusban **Olbers** megtalálta a Pallast, és Herschel úgy gondolta, hogy átmérője jóval 200 mérföld alatt van. Ő javasolta az aszteroida nevet is. Olbers szerint ezek egy régmúlt nagy bolygó darabjai lehettek. 1807-ben megtalálták a Juno-t és a Vesta-t. sokáig nem találtak újat, majd 1830-1847 között **Hencke** végül megtalálta az ötödiket, és elkezdődött a nagy keresés. 1891-re 300 kisbolygó lett ismert, majd bejött a fotográfia is. Kiderült, hogy valószínűleg nem egy régi

bolygó maradványai, hanem abban a sávban a Jupiter perturbációi miatt nem állhatott össze nagyobb égitest. Ma mintegy 50000 kisbolygót ismerünk.

A Neptunusz felfedezése: miután 1781-ben felfedezték az Uránuszt, sikerült azt azonosítani **Tobias Mayer** és **Flamsteed** 1756-os illetve 1690-es észleléseiben is, így nagyon pontos pályákat lehetett számítani (**Placidus Fixmillner**). A bolygó azonban egyre jobban eltért a megadott helyzettől. A probléma megoldódni látszott 1790-ben, mikor **Delambre** (1749-1822) publikálta táblázatát, de:

1840-re már nyilvánvaló volt az eltérés. Úgy gondolták, hogy vagy valami interplanetáris folyadék van jelen, vagy egy láthatatlan de nagy tömegű hold, esetleg eltalálta egy üstökös. Valószínűbb volt, hogy ekkora távolságoknál már eltér a gravitáció a négyzetes szabálytól, vagy egy külső bolygó perturbációjáról van szó.

1840 és 1846 között **John Adams** (1819-1892) és **Urbain Le Verrier** (1811-1877) mind a Bode-szabályból kiindulva kezdték meg számításaikat, egymást nem ismerve. Előbbi a Cambridge-i Egyetem posztgraduális mat-csill. diákja volt, és csak az egyetemen belül fordulhatott segítségért J. Challis-hoz. Kicsit pontosabban számolt, mint Le Verrier, de a cambridge-i távcső túl kicsi volt. Le Verrier a berlini obszervatóriumhoz fordult, hogy ellenőrizze számításait (ott pontos csillagtérkép is volt a kérdéses területről).

1846. szeptember 23-án pár perc alatt megtalálta a keresett objektumot **Johann Galle** (1812-1910). Fordulópont a csillagászat történetében, a Neptunusz volt az első égitest, amit számítások segítségével fedeztek fel. Ez volt a newtoni mechanika diadala.

A „Vulkán” keresése: Az égi mechanikusok vérszemet kaptak és perturbációkat kerestek, és meg is találták a Merkúr 0,5' évszázad nagyságú perihéliummozgását. Úgy gondolták, hogy kellene lennie egy kis testnek közel a Naphoz. Le Verrier 1859-ben be is jelentette, hogy egy Merkúr méretű, de a Naptól fele olyan messze keringő égitest jó is lenne. **Lescarbault** jelentette, hogy megfigyelte egy kis valami átvonulását a Nap előtt, keringési periódusa 20 nap alattinak adódott! 1876-ra kiderült, hogy csak egy napfolt volt. A század végére elfogadták, hogy ott nincs is semmi. Később **Einstein** Általános Relativitáselmélete magyarázta meg a Laplace-vektorral ezt a jelenséget.

A csillagok világának felfedezése:

1833-ban **J. Herschel** kiadta a Treatise on Astronomy-t, melynek 13 fejezetéből csupán egy foglalkozott csillagokkal. Ekkoriban lényegében csak iránymérésre használták őket, valódi mivoltukkal nem törődtek. A XIX. század második felére vált fontossá a csillagok asztronómiája, ekkorra fejlődött ki az asztrofotózás és a spektroszkópia. Sokan a világegyetem egészét szerették volna megérteni, mások lépésről lépésre...

A görögöktől kezdődően hirdették, **a csillagok fényessége** állandó, és ez a nézet meg is maradt Tycho 1572-es, és Kepler 1604-es szupernóvájának felfényléséig, s még ekkor is inkább praktikákkal akarták magyarázni a fényváltozást.

1596-ban **David Fabricius** (1564-1617) fríz csillagász névát jelzett a Cet csillagképben. Később, 1638-ban **Johannes Holwarda** vett észre egy csillagot, mely hiányzott Ptolemaiosz és Tycho katalógusából. Aztán az elhalványodás után újra felfényesedett... (Mira Ceti – **Hévelius** is észlelte.) **Boullian** 1667-ben fizikai magyarázatot (foltok és forgás) adott a fényváltozásra, mely kiszámítható volt. **W. Herschel:** Catalogues of the Comparative Brightness of the Stars – összehasonlító csillagok és fényességük.

A Nap mozgásának iránya:

(apex, antapex). Newton agyában fix, rögzített csillagok. Halley az 1718-as Philosophical Transaction-ban rávilágít a csillagok mozgására. Eltérést tapasztalt a ptolemaioszi pozícióktól, de kicsi volt az időkülönbség, és problémát jelentett a refrakció is. (A probléma már Cleomedes idején ismert volt, hisz előfordult, hogy Holdfogyatkozás idején a Nap és a Hold is a horizont fölött tartózkodott.) Tycho megpróbált számolni a refrakcióval, de úgy gondolta, hogy más-más égitestre másképpen hat, és csak más magasságokig (45°-ig a Nap, 20°-ig a csillagok esetén).

James Bradley (1693-1762) 1728-ban felfedezte az aberráció jelenségét, majd később a nutációt, ezek mind kiküszöbölendők a katalógusokból. Egyébként először azt hitte, hogy parallaxist mért. Királyi csillagász volt a Greenwichi Obszervatóriumnál. Megpróbálták a sajátmozgásokat is számolni, de ez még korai volt.

Thobias Mayer (1723-1762) 1760-ban leírta hogy lehet kiküszöbölni a csillagok és a Nap mozgásából származó jelenségeket, de ő maga nem tette meg, sőt századokra tette a probléma megoldását.

W. Herschel kiszámította (1783-ban), hogy a Nap a Herkules csillagkép irányába mozog. J-J. L. de Lalande és Nevil Maskelyne adataiból a pontos irányt a Lambda Herculis közelébe adta.

Bessel nem fogata el ezeket az eredményeket, de 1837-ben **F. W. A. Argelander (1799-1875)** 390 sajátmozgásból bebizonyította, hogy Herschelnek igaza volt. Végeztek megfigyeléseket a Jóreménység fokánál is...**Thomas Galloway (1796-1851)** 81 déli csillagból ugyan azt az eredményt kapta. Persze a matematika és a pontosság fejlődése további javulást hozott.

Hogyan határozták meg a fényesebb csillagok távolságát:

Mivel a Föld kering a Nap körül, lehet mérni egy éves parallaxist, és ebből lehet távolságot számolni, de a csillagok nem mutatták ezt a jelenséget! Már Galilei azt javasolta, hogy egymáshoz közel látszó csillagokat kell mérni, ez több szempontból is jó: lehet, hogy az egyik egy háttércsillag, így relatíve nagy lehet az elmozdulás, és az aberrációk mindkettőre azonos mértékben hatnak.

Miután nem születtek eredmények, úgy gondolták, hogy legalább meg kéne becsülni, hogy milyen messze lehetnek a csillagok. Tudva levő volt, hogy a fényesség a távolsággal négyzetesen csökken. **Christiaan Huygens (1629-1695)** ezt tette: megpróbált egy olyan apró lyukat csinálni egy maga elé tartott lemezre, hogy az azon átszűrődő napfény éppen olyan fényes legyen, mint a Szíriusz. (Felt.: minden csillag abszolút fényessége egyenlő.) Sajnos a Nap túl fényes volt, de azt a becslést adta, hogy a Szíriusz távolsága 27.664 AU (Valójában 543.864 AU). **Gregory** egy bolygóval hasonlította össze (persze itt már az albedó is számít...), és 83.190 AU-t kapott, míg **Newton** az először említett technikával 1.000.000 AU-t kapott. Ezek az eredmények rávilágítottak az univerzum mérhetetlen nagyságára.

Robert Hooke rájött, hogy a zenitben nincsen refrakció, így saját házába épített zenittávcsövet, és azzal a Gamma Draconist figyelte meg. Nagyaon kevés észlelést végzett, és eredetileg egyébként is csak a Kopernikuszi rendszer igazát szerette volna igazolni. **Samuel Molyneux (1689-1728)**, London mellett élő amatőr is Hooke módszerét választotta, de belátta, hogy egyedül nem megy. **Bradley** segítségét kérte, illetve **Graham** készített nekik egy távcsövet kifejezetten a zenitben való észleléshez. Észleltek egy 20"-es ingadozást, de nem a megfelelő irányban! Graham új, nagyobb látómezejű a meridiánkörön mozgatható teleszkópot épített. Miután Bradley nem tudta magyarázni a furcsa elmozdulásokat, eszébe ötlött egy temzei hajókirándulás, ahol megfigyelte, hogy a hajón lévő szélkakas iránya nem csak a szél, de a hajó sebességétől is függ! Hoppá, de hisz a fény terjedési sebessége véges

(**Ole Römer** – Jupiter-holdak fogyatkozásaiból **1670 körül...**). Felfedezte az aberrációt. Ennek segítségével 1.: ki lehetett javítani a katalógusokat, 2.: direkt módon lehetett mérni a föld sebességét, s bebizonyítani, hogy a Föld valóban kering, 3.: mivel minden csillagra ugyan olyan mértékben igaz volt, kiderült, hogy a „c” egy konstans, független az időtől és a helytől, 4.: kiderült, hogy a parallaxis kisebb kell legyen mint egy ívmásodperc, így a legközelebbi csillag is legalább 400.000-szer messzebb van a Napnál. **1729**-ben szinte egyszerre jelentek meg **Bardley** és **Newton** eredményei (The System of the World), és a két különböző módszer elég jó egyezést adott.

John Michell (1724-1793) statisztikai megfigyeléseket végzett, és felhívta a figyelmet, hogy olyan sok kettőscsillag van, hogy ezek közül számos valószínűleg fizikai kettős lehet, így nem mérhető velük parallaxis! **1779**-ben ennek ellenére **W. Herschel** elkezdett összeállítani egy katalógust, ezért Michell újra publikálta eredményeit **1784**-ben, és újra felhívta a figyelmet, hogy Herschel rendszereinek nem jelentéktelen része egymás körül keringő csillagokból áll! **1802**-ben már Herschel észrevette, hogy egymás körüli elmozdulás mutatkozik egyik általa megfigyelt pár esetén. Végül **1827**-ben a párizsi **Félix Savary** a Xi UMa esetén belátta, hogy a komponensek a newtoni gravitáció által kijelölt ellipszis pályán mozognak a tkp. körül.

Kritériumokat állítottak fel, hogy kiválasszák a megfelelő csillagokat. Rájöttek, hogy nem valószínű, hogy a csillagok azonos fényességűek lennének, s a közelséghez perdtöbb lehet a sajátmozgás nagysága. Tehát a csillag legyen esetleg fényes, nagy sajátmozgású és nem kettős, de végül utóbbit elhagyták. A 61 Cygni pont ilyen volt, bár csupán 5 magnitúdós. Már **1804**-ben **Piazzi** megmérte, hogy 5"/év a sajátmozgása. **1812**-ben megkezdte intenzív megfigyeléseit **F. W. Bessel (1784-1846)** és **Wilhelm Struve (1793-1864)** is Tartu-ban, a mai Észtország területén, nagyon jó távcsöve volt, melyet **Joseph Fraunhofer (1787-1826)** készített, valamint ekvatoriális szerelésű volt. Bessel ugyancsak Fraunhofer műszert, egy heliométert használt Königsbergben, ennek két fél lencséje van, melyeket szét lehet húzni, és mikrométerrel be lehet állítani, hogy milyen távolságra kerüljenek egymástól, így egy objektumról adott távolságra szeparálódó dupla képet lehet kapni. A 61 Cygni parallaxisát 1/3"-nek mérte. **1835**-ben Struve a Vegát mérte meg, és **1837**-ben közölte, hogy 1/8"-ot kapott. Herschel volt ekkor a Royal Society elnöke, és azt mondta, hogy ez volt a csillagászat legnagyobb eredménye. **Thomas Henderson (1798-1844)** a Jóreménység fokáról mérte az Alfa Centauri-t, és 1"-nél nagyobb parallaxist kapott! (A Proxima Centauri a legközelebbi csillag – a Nap után...)

Már ekkoriban felmerült olyan kettősök lehetősége, melyeknél az egyik tag nagyon nagy tömegű, a Nap sugarának 500-szorosával rendelkező csillag, s ha ez így volna akkor oda minden kibocsátott fény visszahullana, tehát egy fekete lyukról lenne szó (**1784**-Michell). Laplace nem osztotta ezt a nézetet.

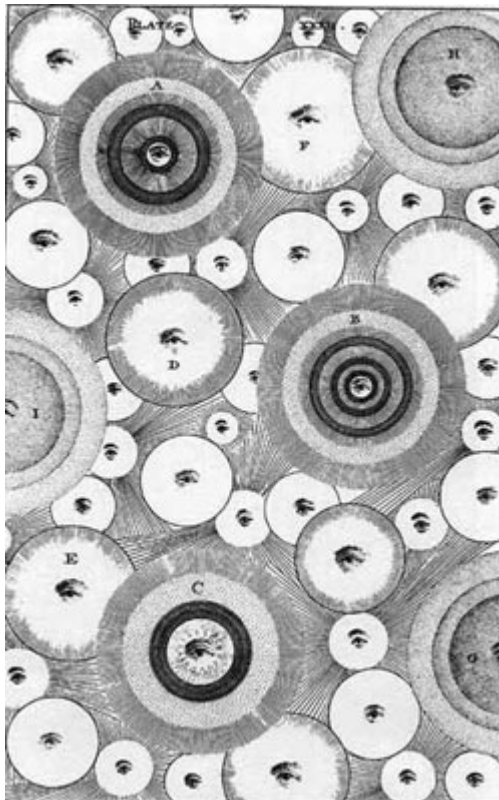
Az univerzum szerkezete és története:

Míg ezek a mérések folytak, mások az egész kozmoszról próbáltak valami átfogó képet alkotni.

A newtoni univerzum és az éjszakai égbolt sötétsége: Newton a Principiában még mint fix, rögzített helyzetű objektumokról beszél, mert ha nem volnának fixen rögzítve, akkor a gravitáció miatt csomókba esnének össze. Kérdés, hogy ha esetleg egyforma módon lennének eloszolva a csillagok, akkor milyen fénnel sugároznának? **Richard Bentley (1662-1742)** úgy vélte, hogy mivel a gravitáció univerzális törvény ezért a csillagok teljesen homogén módon kell legyenek az univerzumban, hogy az ne essen össze. „Isten egy tökéletes lény, így gondoskodnia kell a világról, és mindig a kellő helyen hat, hogy

megakadályozza az összeesést.” Úgy gondolta, hogy Isten belevitele a tudományba nem rosszabb, mint a többi feltételezés. **Newton**nak nem tetszett ez a dolog, de el is kezdett gondolkodni azon, hogy akkor most hogy is van ez az egész. Ha tényleg így lenne, akkor az első, másod, harmad stb. rendű csillagok gömbhéjak mentén helyezkednének el a Föld körül, és meg lehet mondani, hogy a héjakban mennyi csillag van. Sajnos ez egyáltalán nem egyezett a katalógusok adataival. Először azt gondolta, hogy a katalógusok hiányosak a halványabb területeken. **Leibniz (1646-1716)** is mint órás mestert képzelte el Istent, de min olyan mestert, aki tökéletes órát alkot, és többet nem nyúl hozzá! Jó kis vita kerekedett kettejük között. Newton Clark nevű munkatársán keresztül leveleztek. **William Stukeley (1687-1765)** egy szférikus halmaz körül gyűrűként elhelyezkedő csillagmezőnek képzelte az univerzumot, így magyarázva a Tejút sávját. Stukeley még azt is hozzáteszi, hogy ha tényleg szimmetrikus és végtelen lenne az univerzum, akkor mivel a csillagok száma négyzetesen, a fény pedig fordítottan négyzetesen arányos, az egész égboltnak fénylenie kéne. Erre persze Newton fényelnyelő közeggel reagált... (A **XIX. században** rájöttek, hogy ha el is nyelné valami közeg a fényt, akkor az egy idő után sugározni kezdene.) Egyre világosabbá vált, hogy nem lehet egyenletes a csillagok eloszlása. **Halley** a Royal Society elnökeként azt számította ki, hogy a távolabbi csillagok kisebb mértékben járulnak hozzá az égbolt fényességéhez, és mivel ő volt az elnök, nem néztek utána, hogy tévedett. **J-P. L. de Chéseaux (1718-1751)** nem hitte el ezeket a számításokat, és ugyancsak a fénylő égbolt problémájába ütközött. Egyesek úgy vélték, hogy minden csillag körül csak egy bizonyos tartományban van olyan éter, melyben a fény terjedni képes. Végül magát a problémát **H. M. W. Olbers (1758-1840)**-ről nevezték el Olbers-paradoxonnak, ő németfizikus és amatőr csillagász volt, és kimutatta, hogy elég a fény 1/800-ad részének elvesznie ahhoz, hogy az égbolt sötétsége magyarázható legyen végtelen számú csillag esetén is.

Spekulatív kozmológia a XVIII. században: Nyugtalanító volt, hogy nem tudták megmagyarázni a Tejút sávját, és hogy azon kívül teljesen szabálytalanul helyezkedtek el



a csillagok. William Whiston (Newton utódja) nézete az volt, hogy kell lennie valamilyen rendszernek ,csak ezt mi nem látjuk. **Thomas Wright of Durham (1711-1786)** órás mester inasa volt, de egy botrány után elzavarták. Megtanulta a navigációt, s ezt olyan szintre vitte, hogy a kikötőkben tőle tanultak a hajósok. Ezzel nevet szerzett, s úgy döntött, elkezdi kozmológiával foglalkozni. Kozmológiája erősen szentbeszéd jellegű. Úgy képzelte, hogy a csillagok világa egy szférikus részen van (A - ábra), középen helyezkedik el az isteni szentély, mely körül a csillagok mind körpályán keringenek. A héjon kívül található a pokol. Itt a Tejút is magyarázható, hisz a gömbhéjban a héj irányába nézve, annak síkjában sokkal több a csillag, mint a közepe felé, vagy az egészből kifelé nézve! Sok köze van a valósághoz, észlelte az eltéréseket saját véges és Newton végtelen elképzelése között. Későbbi munkájában (Original Theory or New Hypothesis of the Universe – **1750**, ez a főműve) úgy gondolta,

hogy végtelen sok szentélye lehet az Úrnak, felmerült benne a párhuzamos világok, multiverzumok gondolata. Persze a tejút megmagyarázásához elég lenne egy tórusz, de végül megmaradt a gömbi elképzelés, hisz Istennek semmi szüksége arra, hogy a síkra korlátozza le magát. A kortársak körében nem volt nagy sikere, de egy hamburgi szaklap publikálta legfontosabb elképzeléseit, melyek így **Immanuel Kant (1724-1804)** kezébe kerültek. Abszurdnak tartotta a gondolatokat, és a nem gömbi elképzelést tartotta valószínűnek, és semmi szükségét nem látta a központi szentélyeknek. Egyértelmű állásfoglalását **L. M. de Maupertuis (1698-1759)** matematikus, biológus és csillagász katalógusára alapozza, melyben a rendszerek (vetületi) képe kör sík, vagy ellipszis, és ezek mindegyike csak akkor lehetséges, ha a tárgy maga sík és közel kör alakú. **Johann Heinrich Lambert (1728-1777)** elképzelésében az univerzum stabil, óramű szerű, tisztában volt a csillagok hatalmas távolságával. Hierarchikus szerkezet: holdak, bolygók, csillagok, csillagcsoportok, galaxisok, és minden szint véges számút tartalmazott az alatta keringő szintből, és mindegyik stabil pályán kering egy középpont körül. A Tejutat is csillagcsoportoknak képzelte el.

William Herschel (Friedrich Wilhelm Herschel, 1738-1822)

Hannoverben nevelkedett, 14 évesen csatlakozott apjához a gárda zenekarába. 1757-ben Angliába ment, kottamásolással és zenetanítással tartotta fenn magát, mígnem 1766-ben organista lett Bath-ban. Létbiztonsága jó hátteret adott csillagászat iránti érdeklődésének. Megismerkedett egy klasszikus optika könyvvel, mely arra inspirálta, hogy jobban belemélyedjen a témába. Egy fejezet, mely a csillagok észleléséről szólt irányította Herschelt. 1772-ben ellátogatott Hannoverbe, apja meghalt, testvérét **Caroline-t (1750-1848)** magával vitte családjának nyújtott némi anyagi támogatás fejében. Bevonta a csillagászati munkába mint nem hivatalos asszisztent. 1786 és 1797 között 8 üstökösöt fedezett fel. 1773-ban Herschel beszerezett egy a Principiát magyarázó bestseller könyvet, és bővítette tudását, szert tett némi kozmológiai érdeklődésre is. Herschel is osztotta a nézetet, hogy más égitesteken is van élet, és még a Napnak is elképzelt egy hideg belső részt, ahova a napfoltokon keresztül lehet belátni. Dogmatikusan hitt a gondviselésben. Először lencsés távcsövekkel kezdett foglalkozni, de ezek nem voltak megfelelően nagyok és drágák is voltak, úgyhogy a reflektorok felé fordult. 1773-ban 5 és fél láb fókuszú távcsövet épített, melyet 1774. március 1-jén elkezdett használni, és egy észlelési naplót is nyitott hozzá.

Először Halley 6 ködös foltját kezdte el vizsgálni, a kérdés az volt, hogy ezek valóban ködök, vagy csak csillagrendszerek. Halley és kezdetben ő is luminózus kondenzátumoknak gondolta ezeket és nem csillagcsoportoknak. A ködöknél változást kell észlelni, mert akkor nem lehetnek felbontatlan csillagcsoportok – gondolta. Emlékezett arra a képre, amit az Orion-ködről az Optika c. könyvben látott, és saját távcsövével is megnézve változást vélt érzékelni. Sajnos nagyon sok munkája lekötötte, és nem jutott ideje az észlelésekre, mikor tükröt csiszolt, testvérének kellett etetnie, mert nem merte levenni kezét a felületről.

1779-ben elfordult a ködök felől a csillagokhoz, egy hordozható 7 lábás távcsövel vizsgálta át őket. Az éves parallaxis kiméréséhez kellő csillagokat keresett, 269, majd további 434 rendszert vett fel katalógusába. Az 1770-es évek vége felé híre eljutott az udvarba, ahol akadtak pártolói és ellenségei is. Miután 1781-ben felfedezte az Uránuszt (mikor a későbbi Messier¹ katalógus egyik objektumát vizsgálta), III. György évi

¹ **Charles Messier (1730-1817)**: üstökösök keresése közben rögzítette az égen található ködös, üstökösszerű objektumok helyét.

honoráriummal jutalmazta, mintegy 200 fonttal idényenként, és Windsor mellett telepedett le, hogy bármikor be tudja mutatni az égi jelenségeket a királyi családnak. Az angol uralkodó is kétszer 2000 fonttal támogatta, így 1789-re elkészült 40 láb fókuszú és 4 láb átmérőjű távcsövével. Másik távcsöve 20 láb fókuszú volt, ez 1783-ban készült el, ezzel kezdte meg a teljes angliai égbolt szisztematikus átvizsgálását. Jó éjjeleken egy bizonyos magasságban ráállította a távcsövet a meridiánra, és figyelte a látómezőn áthaladó objektumokat, és mikor valami érdemlegest látott, kiabált testvérének, aki lejegyezte az időpontot, melyből a horizont feletti magasság és dátum ismeretében könnyen kiszámolhatóak voltak a koordináták. Két évtizednyi észlelése után az ismert ködök száma 100-ról 2500-ra emelkedett.

Még mindig nem derült ki, hogyan lehetne elválasztani a valódi ködöket a távoli csillagsoportoktól. Miután 1784-ben publikálta eredményeit, pár napra rá felfedezett több olyan objektumot is, mely egyszerre volt csomós és ködös (sima)! Egyik esetben előtércsillagok jelenlétét feltételezte, de egyre inkább azt a nézetet kezdte vallani, hogy minden köd csillagokból áll, és elvetette azt is, hogy az Orion-ködben korábban változást észlelt. Korszakalkotó írása az *On the Construction of Heavens* 1785-ben jelent meg, itt ír a gravitációs kollapszusról, a ködök térbeli és időbeli mikéntjéről, s hogy a kollapszus után valamiféle újjászületés megy végbe.

1785-ben statisztikai vizsgálatokat kezdett, csillagszámlálással szeretne volna meghatározni a galaxis alakját. Két föltevessel élt, miszerint a csillagok egyformán töltik ki a teret, s hogy ellát a galaxis végéig. Így a bizonyos látómezőkbe eső csillagok száma arányos a galaxis azirányú kiterjedésével. Nem volt elég ideje, de egy vázlatos felmérés a ma ismert alakhoz hasonlóan egy lapult alakzatot eredményezett, melyben a porsáv hatása is észrevehető. Mikor a 40 lábás távcső elkészült, rájött, hogy nem látott el a galaxis végéig, mert újabb, halvány csillagok jelentek meg a látómezőben.

Mikor 1790-ben Herschel felfedezte (már 1782-ben találkozott ilyen objektummal, de ekkorra tudatosult) az első planetáris ködöt, rájött, hogy mégis vannak valódi ködök, s úgy gondolta, hogy a csillagkeletkezés korai időszakát látja ezekben a képződményekben. 1811-ben végül felállította ködfejlődési elméletét: A csillagok ködökből kondenzálódtak ki, majd a gravitáció csillagsoportokat alkotott belőlük, s egy gravitációs kollapszus után az egész kezdődik előlről.

Az 1780-as években úgy vélte hogy a galaxis véges kiterjedésű, és a többi ködösség is hasonló, de 1790-re eljutott addig, hogy a mi galaxisunk a legnagyobb és legfényesebb, az egyedüli, és az Orion-köd pedig csak egy kis közeli ködösség.

Összességében vegyes hatással volt kortársaira, jó barkácmester is volt, és az övéhez hasonló műszerei nem voltak senkinek sem. Egyetlen fia:

John Herschel (1792-1871)

Kezdetben a jog területén tanult, de 1816-ban apja hazahívta, hogy kitanulja a csillagászat mesterségét, a távcsőkészítést, és megkérte, hogy fejezze be munkáját. Ezt meg is tette, és tükélyre is vitte.

A kettőscsillagokkal kezdte, **James South** nevű barátjával két különböző távcsövel észleltek, 1821-től 1823-ig 380 objektumot tartalmazó részletes katalógust állítottak össze. Apja katalógusa nem koordináta szerint volt rendezve, és külső szemlélő számára szinte átláthatatlan volt. A 20 lábás távcsövet felújította, és újra átvizsgálta apja ködeit. Caroline közben rendezte a katalógust, hogy az John számára a legjobb legyen, ezért 1825-ben aranyérmét kapott a Royal Society-től. Végül 2306 objektumról adtak ki

katalógust a Philosophical Transactions-ban 1833-ban. Elméletei is hasonlóak voltak, de mivel többször is jó körülmények között észlelte az M51-et, és azt látta, hogy egy központi sűrűsödés körül gyűrű helyezkedik el, rájött, hogy a középpontból ugyan azt látnánk, mint innen a Földről! Úgy gondolta, hogy ez egy „testvér rendszer”.

Ahhoz, hogy beteljesítse apja küldetését, délre kellett utaznia. 1833-ban a Jóreménység fokához utazott, és egy 20 lábás távcsővel valamint egy passzázstávcsővel kezdte el megfigyeléseit, illetve volt egy üstökös-kereső távcsöve is, melyet apja csinált Caroline számára.

Előtte nem sokan észlelték a déli eget, a Magellán-felhők is csak mint csodálatos mendedondák jutottak el északra. Azért páran jártak már délen, mint pl. **Fearon Fallows (1821)** aki őfelsége csillagászként jutott el a Jóreménység fokához. Ez előtt lényegében csak a hajóskapitányok beszámolójára lehetett alapozni, illetve két komolyabb expedíció járt a területen: Halley a **XVII.**, Louis de Lacaille a **XVIII. század** folyamán.

Halley nagyon fiatalon került királyi körökbe, és még nem volt húsz éves, mikor egy expedíció számára kiválasztott a Szent Ilona szigetét. 1677-ben érkezett a szigetre, közel egy évig maradt, 5 és fél láb rádiuszú sextánsa volt, 341 csillag relatív pozícióját adta meg Tycho alapsillagaihoz viszonyítva. Felfedezte az M7-et, az Omega Centaurit, a Magellán-felhőket a Tejúthoz hasonlította, Merkúr-átvonulást észlelt.

Lacaille 1751-1753 időszakban végezte észleléseit, közel 10.000 csillagot katalogizált, rögzített kvadránsát távcsővel használta, és egy rombuszszerűen kialakított látómezőbe mérte a csillagok belépését és kilépését, majd ezt átlagolta, és számolta vissza a pozíciókat. Ő nevezte el a déli csillagképek nagy részét, 42 ködös objektumot észlelt, majd 1757-ben publikálta 400 fényesebb csillag adatait.

1834. januárban érkezett meg Herschel. Igen nagy precízséggel észlelt, a következő négy évben még apja pontosságát is felülmúlta, pedig neki nem volt ott Caroline. Az eredményeit a Results of Astronomical Observations Made During the Years 1834, 5, 6, 7, 9 at the Cape of Good Hope című műben írja le (1847). Ő volt az egyetlen ember, aki az egész eget egy távcsővel észlelte végig. A könyv több mint 1700 ködöt, 2100 kettőt, több ezer csillagszámolást és számos módszerleírást tartalmaz. 1838-ban visszahajózott Angliába, 1864-ben kiadta több mint 5000 ködöt és csillagcsoportot tartalmazó katalógusát, az NGC elődjét.

A Parsonstown-i Leviathan: nagy szörnynek becézték. 1839-ben William Parsons, Rosse eljövendő harmadik grófja egy 3 láb nyílású távcsövet épített parsonstowni kastélyába, közép Írországból. Tükrét tizenhat elemből rakták össze, majd egy év múlva elkészült egy egy korongból csiszolt felület is. Szerelése a 20 lábás csőéhez volt hasonló, bár ennek kétszer nagyobb volt az átmérője. Alighogy ez elkészült, elkezdte egy 6 láb tükörátmérőjű távcső építését. Két hatalmas fal közé lett felállítva, és csak déli irányba lehetett nézni vele. A ködösség problémájának kutatása eredményezte létrejöttét. 1842-ben elkészült az első tükör, majd 1845-ben megszületett az első észlelés. Az első eredmény az M51 spirális szerkezetének felfedezése volt, sajnos a távcsövet nem lehetett teljesen kihasználni az 1840-es évek végén bekövetkező nagy éhínség miatt.

A magyarországi csillagászat története

Többen is megírták a két világháború között (Tass Antal, Kelényi B. Ottó, Dezső Lóránt). Születtek csak egyes csillagvizsgálókkal vagy személyek tevékenységével foglalkozó munkák is (Hell Miksa, Gothard Jenő, Fényi Gyula, Konkoly-Thege Miklós...). Rokon ág a

térképészet és a meteorológia históriája is (Réthy Antal a **kezdetektől 1800-ig** dolgozza fel az eseményeket).

-Az első csillagászati adatokat is tartalmazó kódex a **XII. században** íródott, latinul. Itt húsvétszámítási szabályok olvashatóak **1100 körülől**. Hivatkozás Beda Venerabilis számításaira. – Németújvári kódex.

-**Erdélyi Péter** számításai **XIV. századból**

-Első Cisio-Janus (naptár) a **XV. század** elején készült Peer-kódexben maradt fenn.

-**1462-es** Nagyenyedi kódexben csízió, **1466-os** Müncheneri kódexben naptár. Komolyabb csíziók a későbbi nyomtatásos időszakból valók.

-A **XIII. század elején** II. András udvarában már volt asztrológus, később IV. Béla és IV. László udvarából is maradtak erre utaló feljegyzések.

-A **XIV. század végén** Magyarországi Benedek már a Bécsi Egyetemen tartott előadásokat.

-V. László asztrológusa volt Peurbach.

-**1466-ban** Vitéz János csillagdat akart alapítani, kérésére elkészültek **Peurbach** Váradi táblázatai (ebben Váradon megy át a kezdő délkör), de azt nem tudni, hogy műszerek, vagy a csillagvizsgáló elkészült-e. **1514-ben** Bécsben nyomtatásban is megjelent. Vitéz környezetében élt a Krakkóból érkezett Sanoki Gergely, és ugyan onnan Marcin Król z Zurawicy is (asztrológus és csillagász matematikaprofesszorok).

-**Galeotto Marzio** **1461-ben** érkezett Magyarországra Vitéz unokaöccse, Janus Pannonius fekérsére. Mátyás udvarában ált **1486-ig**. A közönségesen ismeretlen dolgokról címmel írt műve miatt **1471-ben** a velencei inkvizíció beperelte, és csak egy Medici és Mátyás közbenjárásával engedték ki. Galeotto **1490-ben** heliosztatikus-epiciklusos világgépen elmélkedett (átmenet Ptolemaiosz és Kopernikusz között).

-**1467-után** Pozsonyban a Vitéz által szervezett Academia Istropolitanán már tanították a hét szabad művészet² legnemesebbikét. Ekko élt Magyarországon Peurbach tanítványa és követője, **Regiomontanus**. Johann Müller korának legjobb asztronómusa, nevét Königsberg latin neve (Mons Regis) után kapta, magyar fordításban azonban Királyhegyi Jánosnak ismerhetjük. **1467-ben** elkészítette Vitéz számára a Tabulae directionum-ot, mely az asztrológusok és hajósok alpműve lett. Ebből Korvina lett **1468-ban** alkotta meg Budán az első szinusztáblázatot. Később nyomtatásban is megjelent, és még 200 évvel később is alapul szolgál egy hasonló kiadványnak. Gömbháromszögtani munkája is hamarosan elkészült, ez a Tabulae magnae primi mobilis, melyet Mátyásnak ajánlott. Később ez is megjelent nyomtatásban. Talán a Pozsonyi egyetem megnyitójára lefordította az Almagest-et is, és ezt is korvinaként tartjuk számon. **1467-és 1471 közötti** magyarországi tartózkodása után Nürnbergben tevékenykedett. **1472-ben** kiadta Peurbach bolygóelméletét. **1474-ben** jelent meg Ephemerides-e (1475-1506 közöttre Nap, Hold és Bolygók hosszúsága, valamint a Hold szélessége). Fontos volt öröknaptára is. IV. Sixtus őt kérte fel a naptárreform kidolgozására, **1475-ben** Rómába utazott, majd meghalt a pestisjárványban.

Csillagászok a királyi udvarban: Ilkus Márton krakkói asztronómus bolognai útja során ismerkedett meg Janus Pannoniussal, aki mint pécsi püspök hívta meg Magyarországra. Ilkus Regiomontanusnak segédkezett, majd Mátyás szerette volna, ha a budai egyetemen katedrát kap, de végül ez nem vált valóra. II. Ulászlót és az egyházat is szolgálta, majd **1493-körül** meghalt, műszerei Krakkóba kerültek.

² Artes Liberales: Trivium: grammatica, retorica, dialectica. Quadrivium: arithmetica, geometria, astronomia, musica.

-**Johannes Tolhopff** lett Regiomontanus utóda, mint királyi csillagász, nagy művét a Stellariumot **1480**-ban az uralkodónak ajánlotta és be is került a Korvina-gyűjteménybe. E műért nemessé tette őt Mátyás.

Kalendáriumok és más különlegességek: Szalkai-kódex (**1489**): iskolai jegyzetgyűjtemény. Fő forrása a lengyel Glogów (Kopernikusz tanára) krakkói munkája és Regiomontanus nürnbergi kalendáriuma. Ismerteti a csillagászat alapjait, felsorolja a csillagképeket és kalendáriumot közöl. Írója **Szalkai László**.

-**1592**: kolozsvári kalendárium, első magyar nyomtatott csízió, neve is CISIO magyar nyelven... magyar planétás könyv.

-Az első magyar nyelvű öröknaptár **1540**-ben jelent meg Karakkóban (**Székely István**). Verses öröknaptár kronológiával.

-Az erfurti **Hübner Izrael** orvos **1666**-ra jósolta a világégést, de tévedett.

-A **XVI-XVII. század**ban több kiadásban megjelent Honterus brassói evangélikus prédikátor kozmográfiája, majd **Székely István** kalendáriuma. **1563**-as **Pühler Kristóf** géométer helymeghatározással foglalkozó kézikönyve. **1568**-ban Kolozsváron adták ki a legrégebbi magyarországi naptárt. **1577**-ben **Dudith András** könyvet írt az üstökösökről. **1570**-ben már a babonák ellen mert fordulni (Báthory István udvarában élt).

-**1588**-ban törvénybe iktatják az **1582**-es Gergely-naptár bevezetését – az ország rendjei nem elleneztek, kegyeskedtek megengedni a bevezetést...

A meteorológia tudománnyá válik: a csillagászat oktatása a nagyszombati egyetemen kezdődött el, míg a tud. meteorológia első magyar művelője **Frölich Dávid** volt – ő írta az első hazai földrajzkiadványt. Magas hegyvidéken végzett megfigyelései meteorológiai jellegűek voltak.

-**1680-as évek**ben az itáliai Mersigli deklinációméréseket végzett.

-A **XVII-XVIII. századot** számos tudományos hitvita fűszerezte, nemigen merték átvenni a kepleri forradalminak tűnő tanokat.

-Az **1653**-tól Nagyszombaton kalendáriumot kiadó **J. Misch** **1661** táján valószínűleg távcsövet is használt kutatásaihoz. Megmérte Nagyszombat koordinátáit, és az első alapmeridiánnak határozta meg a nagyszombati délkört. **1753** folyamán épült meg az egyetem csillagdája.

-**1752**-től tanított csillagászatot Nagyszombatban **Weiss Ferenc**, őt bízta meg **Kéry Borgia Ferenc** (**1769**-ig dolgozott ott) a csillagvizsgáló berendezésével, s tanácsadójuk Hell Miksa volt. Három évtizeden át vezette az egyetemi csillagdát, **1759**-ben tankönyvet is kiadott, **1766**-tól a kutatásokban Sajnovics János is részt vett.

Csillagvizsgálóink a XVIII. században: a reformátusok Debrecenben **Maróthi György** segítségével hozták létre megfigyelőhelyet **1740** táján, Sárospatakon **1755** után rendeztek be ilyet, itt volt oktatás is. **1753**-ban kezdték meg **Hell Miksa** tervei szerint a kolozsvári csillagda építését, **1771**-ben kezdték meg a komolyabb megfigyeléseket.

-**1776**-ban épült ugyancsak Hell tervei alapján az egri csillagda, vezetője **Madarassy János**. **Esterházy Károly** kérte fel a tervezésre.

-**1790**-ben Kolozsvárott magán csillagvizsgálót, **1796**-ban Gyulafehérvárott kisebb csillagdát épített **Batthyány Ignác** püspök. Vezetője Hell tanítványa, **Mártonffy Antal**.

-Hell Miksa 32 éven át élt Bécsben, s adta ki Ephemerideseit. **1769**-ben a Vénusz-átvonulásra megfigyelésre hívta őt, **Sajnovics Jánost** (nyelvrokonság). A megfigyelésből számított parallaxist Lalande megkérdőjelezte, de később beigazolódott Hell igaza. Pontos módszere

volt a szélesség meghatározására, térképészeti körútjaikon derült fény a nyelvek hasonlóságára (lapp-magyar). Hell Anonymus Gestájának helynév-azonosításával is foglalkozott. Több honi csillagvizsgálót tervezett.

A régi gellérthegyi csillagda: 1777-ben az egyetem átköltözött Budára az új Geometria practica tanszékkal, s vele az egykori csillagvizsgáló nagy része is, s Budán a várban kapott helyet az új csillagvizsgáló (Hell tervezte). 1785-ig **Weiss** vezette, ő végezte az első budavári meridián meghatározást.

-Ennek az időszaknak legkiválóbbja Gauss levelezőtársa, **Tittel Pál** volt. Európai hírűvé fejlesztette a csillagdat (1822-től), ismeretterjesztő volt, a Magyar Tudós Társaság első csill. tagja, 1831-ben a kolerajárvány áldozata lett.

-Eztán **Mayer Lambert** vezette az intézményt, **Albert Ferenc** az 1849-es ostrom során kimenekítette a műszereket, és Egerbe vitte. Ő fedezte fel az első magyar szupernóvát.

-1851-től **Petzval Ottó** vezette a tanszéket, mely 1857-ben megszűnt, a csillagászatot a földrajzi tanszéken oktatták tovább.

A szakcsillagászok kora: 1871-ben **Konkoly-Thege Miklós** ógyallai földbirtokos magánobszervatóriumot létesített, kitűnő műszerezettséggel. 1871-1893 időszakában az általa végzett napfolt-, kisbolygó-, bolygó-, meteor-, üstökös-megfigyeléseket és napfogyatkozás-leírásokat 14 kötetben adta közre. **Kövesligethy Radó** volt a munkatársa, majd **Harkányi Béla**.

-1878-ban Kalocsán **Haynald Lajos** bíborosnak is segített a csillagvizsgáló alapításában, az intézmény Fényi Gyulának köszönhetően elismert tud. intézmény lett. Fényi három évtizeden keresztül készített feljegyzéseket a napkitörésekről, s vizsgálta a protuberanciák és a naptevékenység összefüggését.

-**Podmaniczky Frigyes** báró Kiskartalon létesített megfigyelőhelyet, ahol fontos megfigyeléseket végzett.

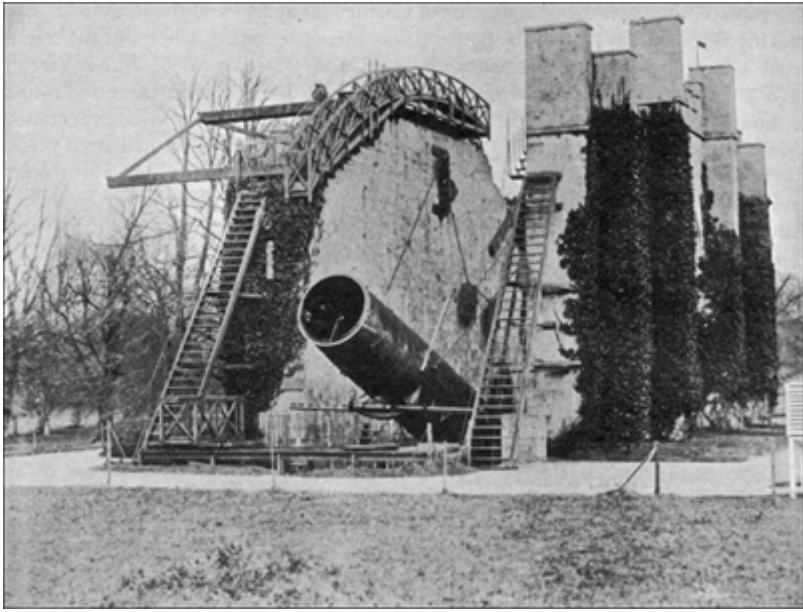
-Konkoly-tól vásárolt műszerekkel kezdte meg 1881-ben működését egy újabb magánobszervatórium **Gothard Jenő** által Herényen. Komoly eredményeket ért el a fotográfia területén, Felfedezte a Béta Lyrae fedési változó színképében a H alfa vonal periodikus változását. 1890-ben az Akadémia tagja lett.

1899-ben Konkoly a csillagvizsgálót felajánlotta a magyar államnak, s vezetésével mint állami intézet működött tovább. Az intézet vezetője **Tass Antal** lett.

Modern idők: Konkoly 1916-ban elhunyt, a világháború után 1921 és 1928 között Svábhegyre szállították a műszereket, és az új csillagvizsgáló vezetője **Tass Antal** lett. Ez volt a kor Európájának legmodernebb intézménye, itt dolgozott **Detre László**, aki a változócsillagok kutatásával tett szert nemzetközi hírnévre.

-1934-ben az egyetemi műhely Csillagászati Intézetté alakult át **Wodetzky József** vezetésével, majd 1943-ban **Lassovszky Károly** lett az irányítója.

-**Izsák Imre:** 1957-ben tanulmányt írt a mesterséges holdak mozgásáról, később a NASA égi mechanikai osztályának lett vezetője. Kátért neveztek el róla a Hold túlsó oldalán (úgy mint Kármán Tódorról, Hellrő, Kövesligethyről, Bolyairól, Eötvösről, Fényiről, Neumannról, Gothardról, stb.). ezt azzal érdemelte ki, hogy igazolta, a Föld háromtengelyű forgási ellipszoid.



Parsonstown-i Leviathan