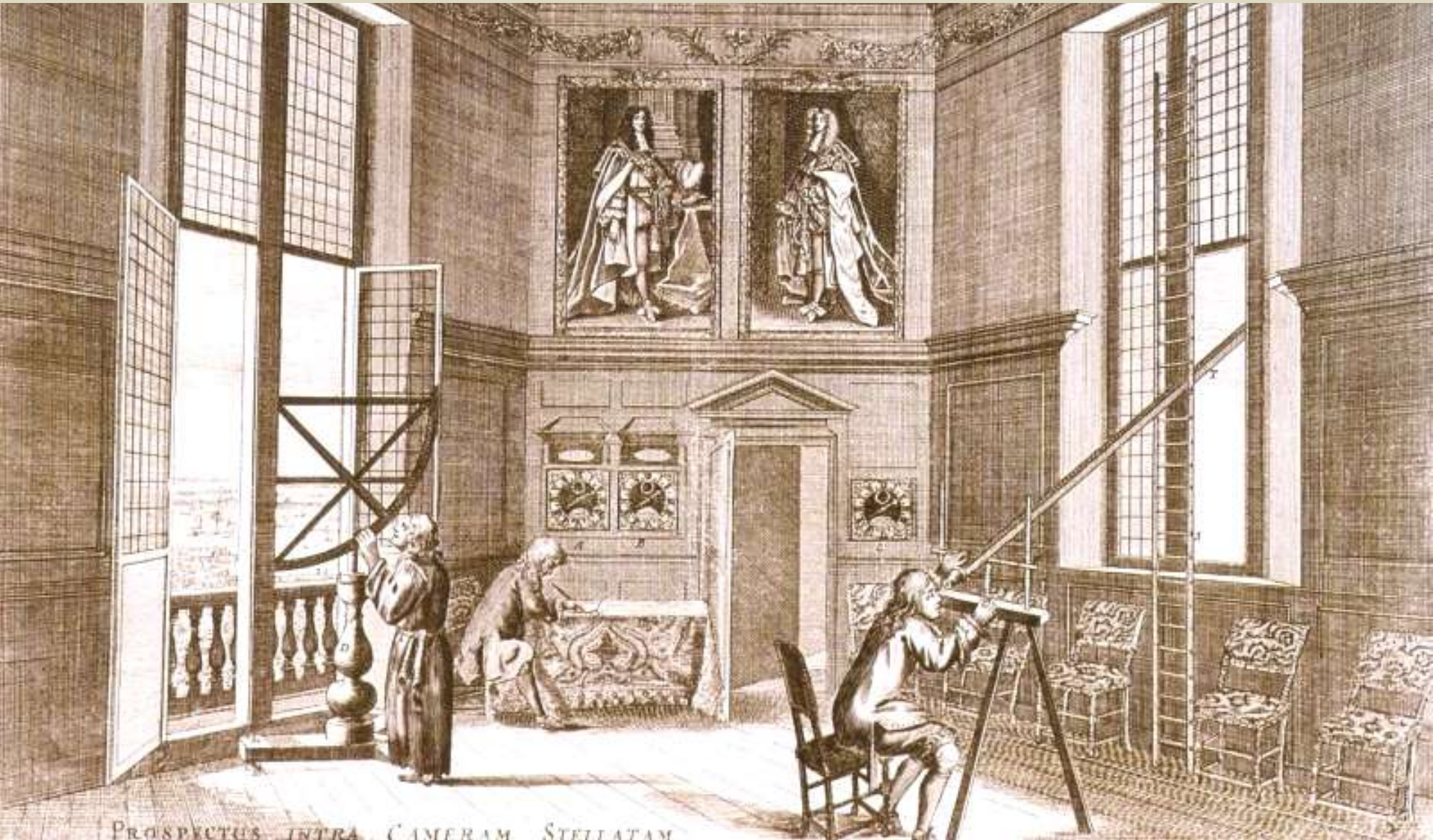


Észlelőcsillagászat a 18. században



A csillagászat története 2., 2015. március 20.

A csillagászat két fő ága a 18. században

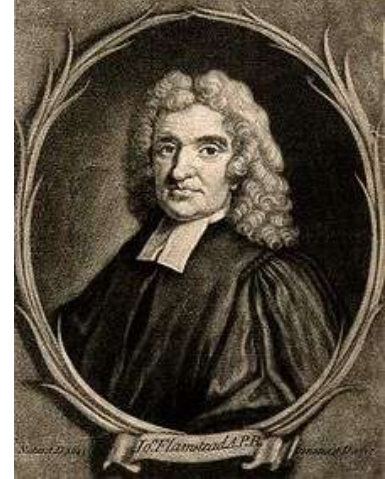
„Gravitációs csillagászat”

- az égitestek mozgásának (pályájának) meghatározása a rájuk ható erők alapján
→ Newton nyomán indul
- erre a Leibniz-féle jelölésmód jóval praktikusabb a newtoninál (algebraibb, nem kell a levezetés lépéseit geometriai trükkökkel támogatni és értelmezni
→ főleg a kontinensen művelik: Euler, Clairaut, D’Alambert, Lagrange, Laplace...
- (lásd:a jövő órán)

Észlelőcsillagászat

- távcsöves észlelésekkel
 - utolérni a newtoni elmélet pontosságát bolygó, Hold- és Nap-táblázatokban
 - felmérni az állócsillagok világát minél pontosabban
- főleg angolok művelik: Flamsteed, Halley, Bradley + Herschel
- kialakul a pontos és módszeres észlelések gyakorlata, módszertana és hagyománya

John Flamsteed (1646-1719)



- Az első Királyi Csillagász: a Greenwich-i Obsz. vezetője (1675-1719) → az ő javaslatára hozzák létre
 - cél: csillagászati mérésekkel pontosítani a földrajzi hosszúság számításokat
 - kap (rendszeretlen) fizetést, de a műszereket és segédeket neki kell állnia
 - „Tycho Brahe távcsővel” (De Morgan): rengeteg pontos adat felvétele, de nem nagyon van fontos eredeti ötlet vagy felfedezés
- Néhány eredmény:
 - új módszer a tavaszpont meghatározására
 - órával méri a rektaszcenziót (Picard javaslatát ülteti gyakorlatba)
 - fejleszti a távcsöves pozíció-mérések technikáit + műszerek fejlesztései
 - szívesen redukál: a méréseket az elmélet számára hasznos formára hozni (lásd később → ezt általában inkább asszisztensek csinálják)
 - először figyeli meg az Uránuszt (1690), de csillagnak hiszi (név: 34 Tauri)

- 40 éven át módszeres észlelések
 - nehezen bocsátja az adatokat rendelkezésre (maximalista, így mindig elégedetlen)
 - Newton alig tudja kihúzni belőle a Hold-adatokat (F. szerint ez szívesség, N. szerint alapban jár)
 - 1712-ban Halley engedély nélkül publikál egy kötetet az észlelésekből
 - Flamsteed szerint „rosszindulatú tolvaj”
 - itt jelenik meg az ún. Flamsteed-számozás: csillagképek szerint, de görög betűk helyett arab számokkal, rektaszcenzió szerint növekedve
- ***Historia Coelestis Britannica***: a végső katalógus (1725)
 - 2935 csillag pontos adatai (átlag 10" hiba)
 - minden addiginál jóval pontosabb és átfogóbb
 - 3 kötet, ebből ő 2-t állít össze, a 3-at tanítványai
 - (ebben már nincs Flamsteed-számozás)
- ***Atlas Coelestis***: Csillagkép-atlasz (1729)
 - a felesége publikálja

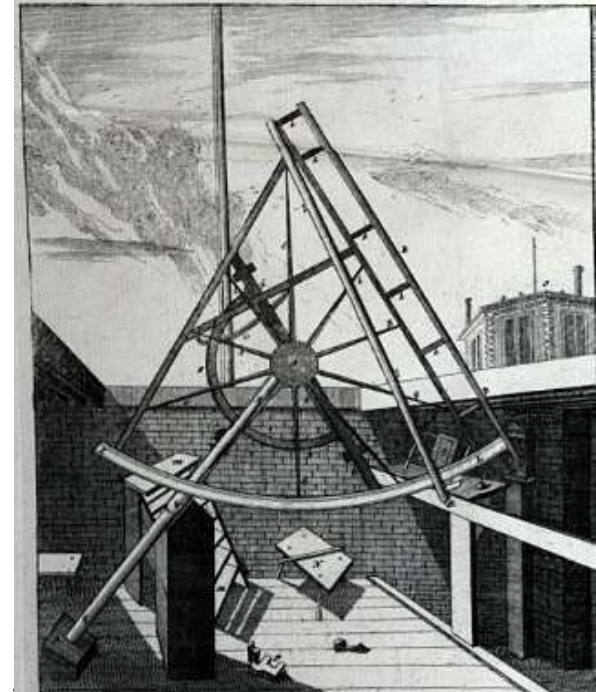


Figura Sextantis Anterior 7 ped. Rad.

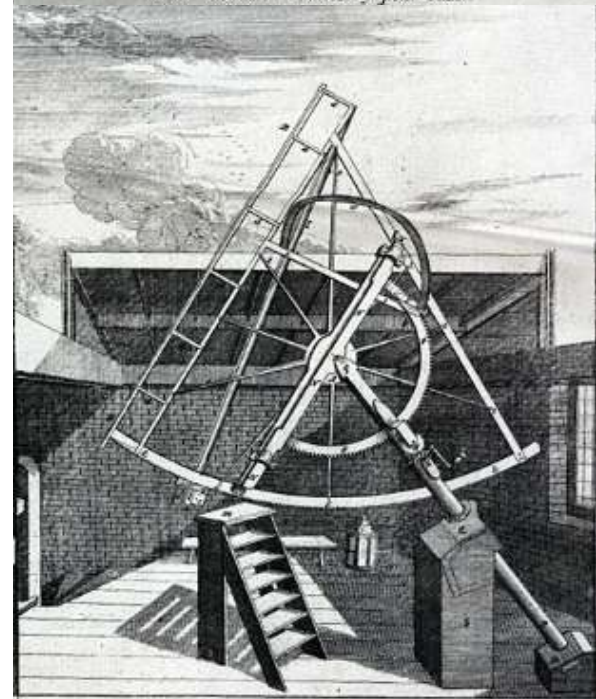
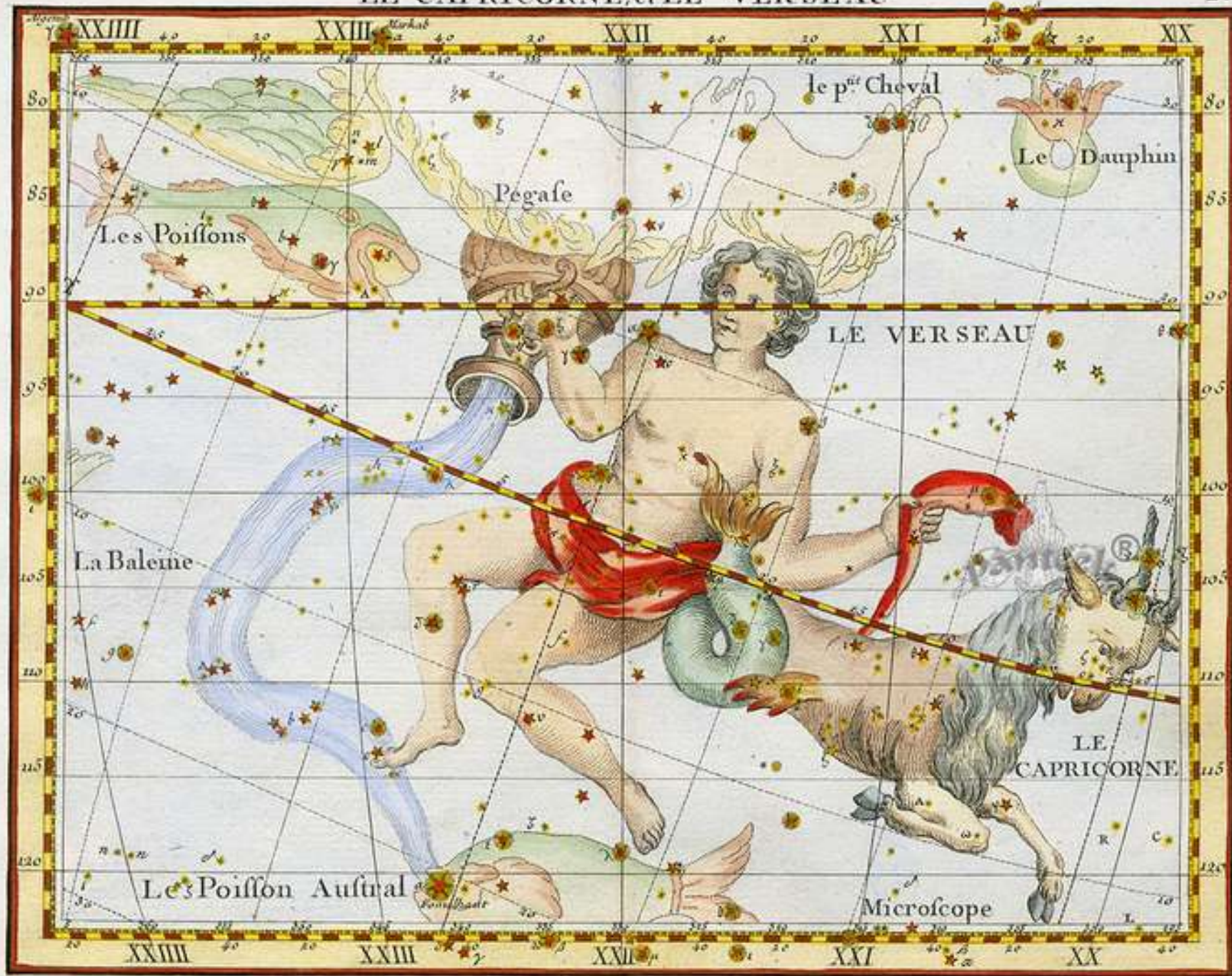


Figura Sextantis Posterior 7 ped. Rad.



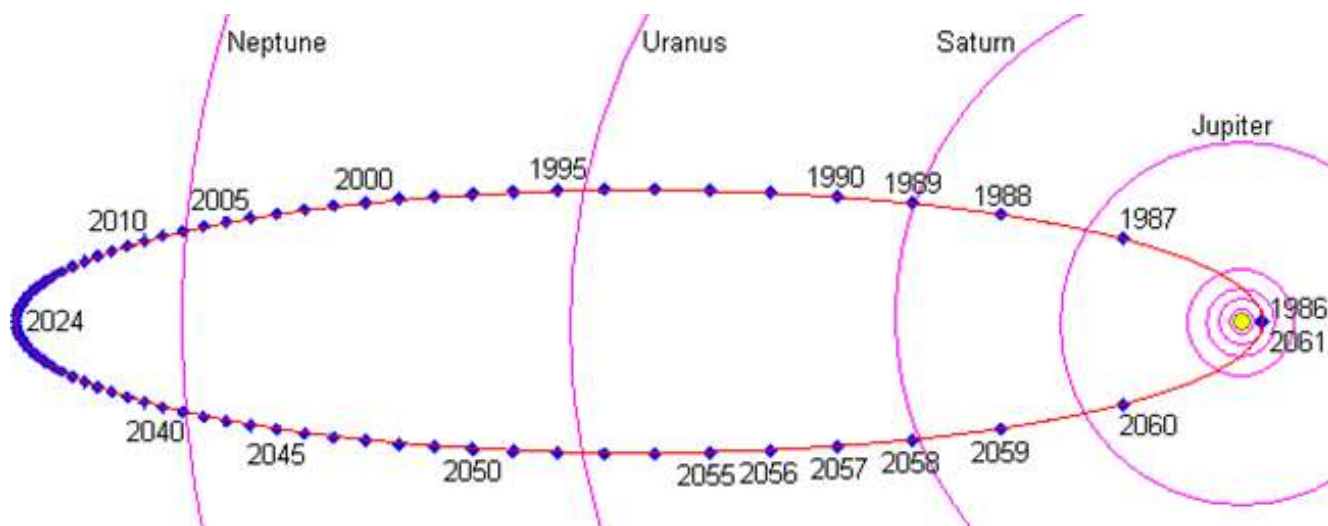
Edmond Halley (1656-1742)



- 1676-78: Szt. Helena szigetére expedíció: déli égbolt
 - 341 csillagot katalogizál (csak, ritkán jó az időjárás)
(→ az első katalógus távcsöves pozíciómérések alapján)
 - Vénusz és Merkúr észlelések (1677: Merkúr-átvonulás)
→ összevethetők az európaiakkal parallaxis-számítás céljából
 - szelek és árapály megfigyelése → az atmoszférát a Nap fűtése mozgatja
 - ingakísérletek
(Jean Richer, 1671-73: az inga lassabb az egyenlítőn, mint Párizsban
→ a Föld lapult alakú → Halley ezt erősíti (majd Newton értelmezi))
- 1684: elsőként lép kapcsolatba Newtonnal
 - kérdés: $1/r^2$ -es erő hatására pálya?
 - végig biztatja a *Principia* megírására, egyes részek megírásában segít (üstökös-pályák – a későbbi kiadásokba kerül), felügyeli és pénzeli a kiadást (1687)



- 1680-81, 82: két nagy üstökösre pályaszámítás
→ később: továbbiak Newton elvei alapján
(ezek kerülnek bele a *Principiába*)
- 1705: *Synopsis Astronomia Cometicarum*
 - 24 észlelt üstökös pályája
 - 1456, 1531, 1607 és 1682 évi üstökösök ugyanazok
 - pálya: hosszan elnyúlt ellipszis a Nap körül
+ nem teljesen szabályos időközök: a nagyobb bolygók perturbálhatják
 - 1758-ra jósolja a visszatérést → „**Halley-üstökös**”



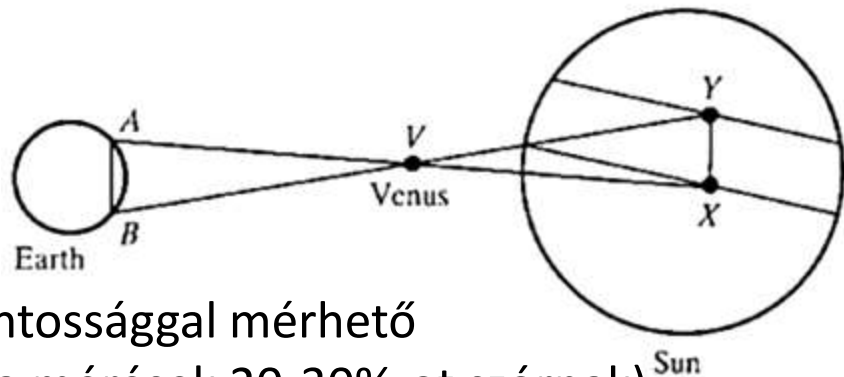
The Astronomical Elements of the Motions in a Parabolick Orb of all the Comets that have been hitherto duly observ'd.

Comt. An	Nodus Ascend.	Inclin. Orbita.	Perihelion.	Distan. Periheli à Sole.	Log. Dist. Periheliæ à Sole.	Temp equat. Periheliæ	Perihelion à Nodo.	
	gr. ' "	gr. ' "	gr. ' "			d. h. '	gr. ' "	
1337	♄ 24.21. 0	32.11. 0	♄ 7.59. 0	40666	9.609236	June 2. 6. 25	46.22. 0	Retrog.
1472	♃ 11.46. 20	5.20. 0	♄ 15.33. 30	54273	9.734581	Feb. 28 22. 23	123.47. 10	Retrog.
1531	♄ 19.25. 0	17.56. 0	♃ 1.39. 0	56700	9.753583	Aug. 24. 21. 18½	107.46. 0	Retrog.
1532	♄ 20.27. 0	12.36. 0	♄ 21. 7. 0	50910	9.706803	Oct. 19 22. 12	30.40. 0	Direct.
1556	♃ 25.42. 0	32. 6. 30	♃ 8.50. 0	46390	9.666424	Apr. 21. 20. 3	103. 8. 0	Direct.
1577	♃ 25.52. 0	74.32. 45	♄ 9.22. 0	18342	9.263447	Oct. 26 18. 45	103.30. 0	Retrog.
1580	♃ 18.57. 20	64.40. 0	♄ 19. 5. 50	59628	9.775450	Nov 28 15. 00	90. 8. 30	Direct.
1585	♄ 7.42. 30	6 4. 0	♃ 8.51. 0	109358	9.038850	Sept. 27 19. 20	28.51. 30	Direct.
1590	♃ 15.30. 40	29.40. 40	♄ 6.54. 30	57561	9.760882	Jan. 29. 3. 45	51.23. 50	Retrog.
1596	♃ 12.12. 30	55.12. 0	♄ 18.16. 0	51293	9.710058	July 31. 19. 55	83.56. 30	Retrog.
1607	♄ 20.21. 0	17. 2. 0	♃ 2.16. 0	58680	9.768490	Oct. 16. 3. 50	108.05. 0	Retrog.
1618	♄ 16. 1. 0	37.34. 0	♃ 2.14. 0	37975	9.579498	Oct. 29. 12. 23	73.47. 0	Direct.
165	♄ 28.10. 0	79.28. 0	♃ 28.18. 40	84750	9.928140	Nov. 2. 15. 40	59.51. 20	Direct.
1661	♄ 22.30. 30	32.35. 50	♄ 25.58. 40	44851	9.651772	Jan. 16. 23. 41	33.28. 10	Direct.
1664	♄ 21.14. 0	21.18. 30	♄ 10.41. 25	102575½	0.011044	Nov. 24. 11. 52	49.27. 25	Retrog.
1665	♄ 18.02. 0	76.05. 0	♄ 11.54. 30	10649	9.027309	Apr. 14. 5. 15½	156. 7. 30	Retrog.
1672	♃ 27.30. 30	83.22. 10	♄ 16.59. 30	69739	9.843476	Feb. 20. 8. 37	109.29. 0	Direct.
1677	♄ 26.49. 10	79.03. 15	♄ 17.37. 5	28059	9.448072	Apr. 26. 00. 37½	99.12. 5	Retrog.
1680	♃ 2. 2. 0	60.56. 0	♄ 22.39. 30	00612½	7.787106	Dec. 8. 00. 6	9.22. 30	Direct.
1682	♄ 21.16. 30	17.56. 0	♃ 2.52. 45	58228	9.765877	Sept. 4. 07. 39	108.23. 45	Retrog.
1683	♃ 23.23. 0	83.11. 0	♄ 25.29. 30	56020	9.748343	July 3. 2. 50	87.53. 30	Retrog.
1684	♄ 28.15. 0	55.48. 40	♄ 28.52. 0	96015	9.982339	Mai 29. 10. 16	29.23. 00	Direct.
1686	♄ 20.34. 40	31.21. 40	♄ 17.00. 30	32500	9.511883	Sept. 6. 14. 33	86.25. 50	Direct.
1698	♄ 27.44. 10	11.46. 0	♃ 00.51. 15	69129	9.839660	Oct. 8. 16. 57	3. 7. 0	Retrog.

This Table needs little Explication, since 'tis plain enough from the Titles, what the Numbers mean. Only it may be observ'd, that the *Perihelium* Distances, are estimated in such Parts, as the Middle Distance of the Earth from the Sun, contains 100000.

Halley táblázata és pályadatai 24 ismert történelmi üstökösről (aláhúzva: sajátja)

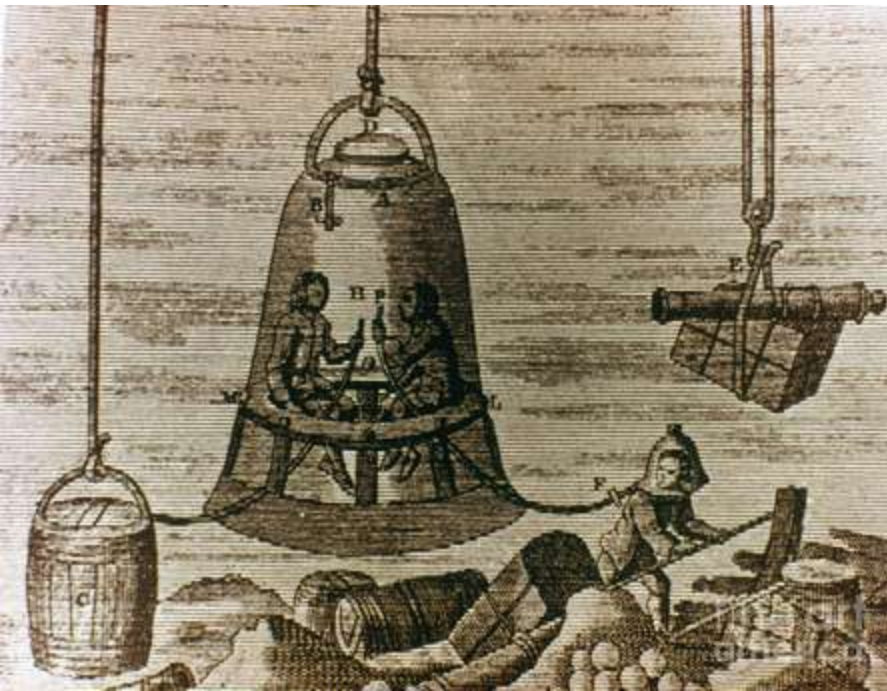
- 1716: propagálja, hogy a század két **Vénusz-átvonulását** (1761, 1769) parallaxis-mérésre használják



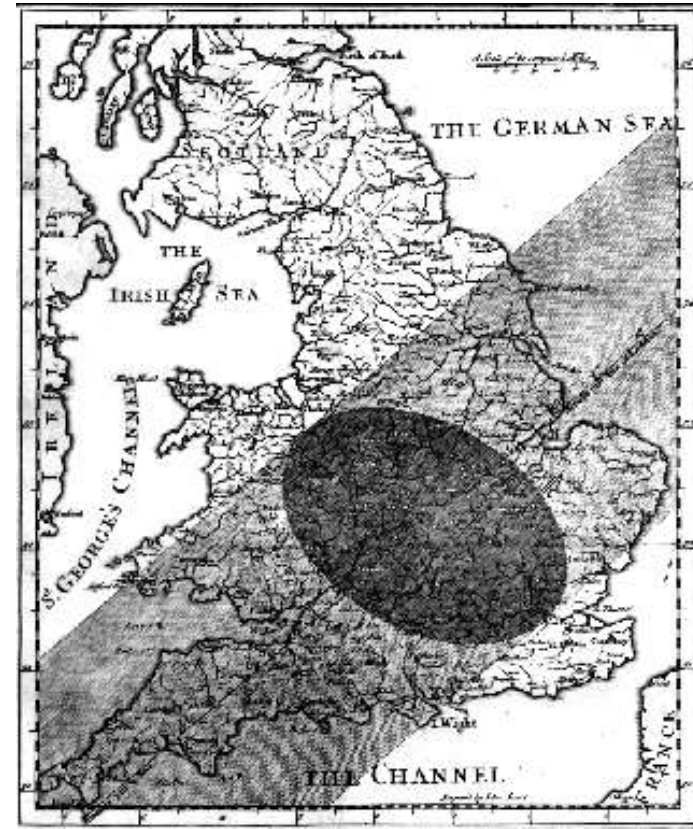
- az átvonulás órákig tart, hossza mp pontossággal mérhető
→ 2% hibát jósol a Nap távolságában (a mérések 20-30%-ot szórnak)
- téved: bár óriási felkészültséggel mérik majd ezeket kb. mindenhol (még Amerika és Oroszország is), a kontakt pillanata nem pontosan adott
 - 1761: 8-10" a Nap parallaxisa, 1769: 9-10" [valódi: kb. 8,8]
- 1718: 3 fényes csillag (Sirius, Procyon, Arcturus) ekliptikától mért távolsága változott Ptolemaiosz óta (max. fél fok)
→ sejtés: az állócsillagoknak van **sajátmozgása** (nincs még pontos számítás)
- 1720: ő a második Királyi Csillagász (↔ túl idős a pontos észlelésekhez)
 - bolygó- és Hold-táblázatokon dolgozik
 - felfedezi a Hold közepmozgásának szekuláris gyorsulását (1693)
 - belátja (mint korábban Horrocks), hogy a Jupiter és a Szaturnusz egymásra gyakorolt hatása megjelenik az adatokban
 - a táblázatok csak 1752-ben jelennek meg
→ sokáig ezek lesznek a standard táblázatok

Néhány egyéb eredmény:

- 1699-1700: második atlanti expedíció → mágneses irány változásai (ugyan az elmélete hibás: a Föld két, eltérően forgó héjból és egy magból áll)
- a sarki fény összefügg a Föld mágnesességével
- 1715: napfogyatkozás-észlelések → korona stb. megfigyelése (nem első)
- Apollónioszt és Ptolemaiosz-táblázatát fordít (görögből és arabból)
- várható élettartamok vizsgálatával úttörő demográfiai kutatások
- tervez egy bűvárharangot
→ 18 m mélyen órákat tölt a Temzében



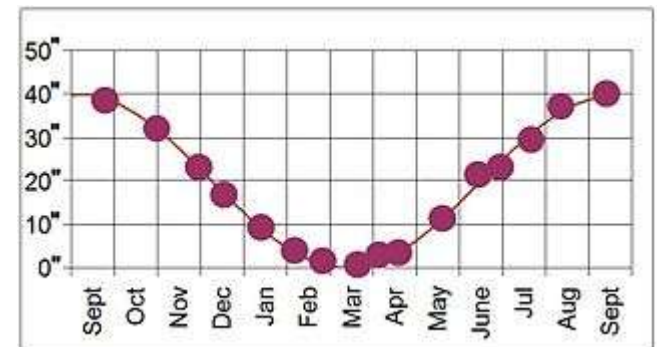
Általa rajzolt térkép a
napfogyatkozásról



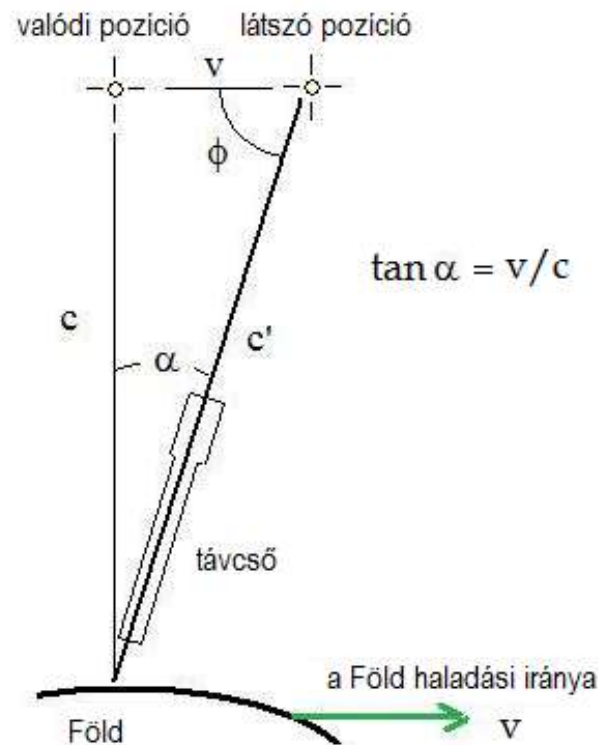
James Bradley (1693-1762)



- Royal Society (1718) → Oxford (1721) → 3. Kir. Csill. (1742)
- Fő kérdése: szeretné kimérni az éves parallaxist
→ nagyon sok pontos észlelés, precíz műszerek
→ ez nem sikerül, de felfedezi a nutációt és az aberrációt
- Célcsillag: δ Draconis: Londonból a meridián-átvonulása kb. pont a zeniten van
 - csak így nem zavar be a légköri refrakció
 - ezért ezt már Hooke is mérte (1669) → észrevett pozíció-változásokat
 - külön a célra szerel egy majdnem függőleges távcsövet
 - 1725-26: nyilvánvaló mozgás kimérhető, de nem a precesszió miatt: az É-D elmozdulás szélsőértékei (40") márciusban és szeptemberben vannak, míg a parallaxis esetén dec. és jún. lenne
 - ötlet: a földtengely billegése (nutáció)
→ ekkor az ég túlsó felén ellentétes kell
↔ 37 Camelopardali: van kb. ilyen hatás, csak feleakkora, mint kellene
 - néhány más csillagra is kiméri...



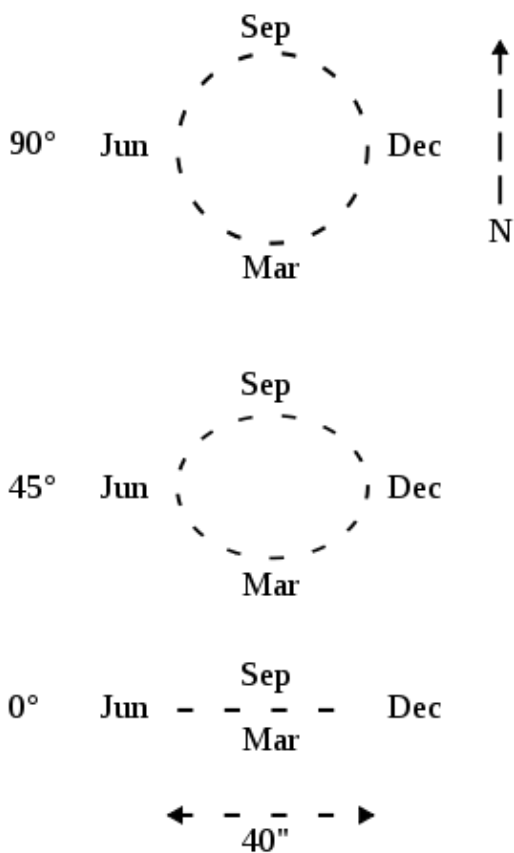
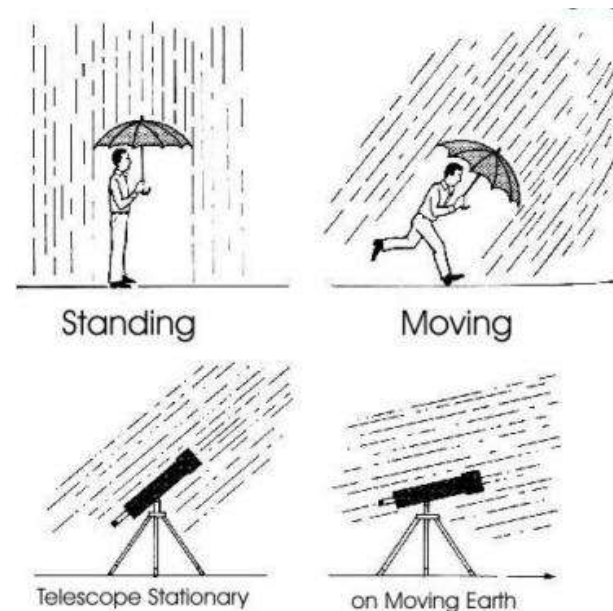
- 1728: **aberráció**: ahogy a Föld halad, úgy a csillag látszólag elmozdul a haladási irányba
 - sztori: erre a Temzén hajózva jött rá: a szélkakas iránya a valódi szél és a menetszél eredője
 - a pozíciók egy ellipszist rajzolnak ki, melynek középpontja a csillag valódi pozíciója



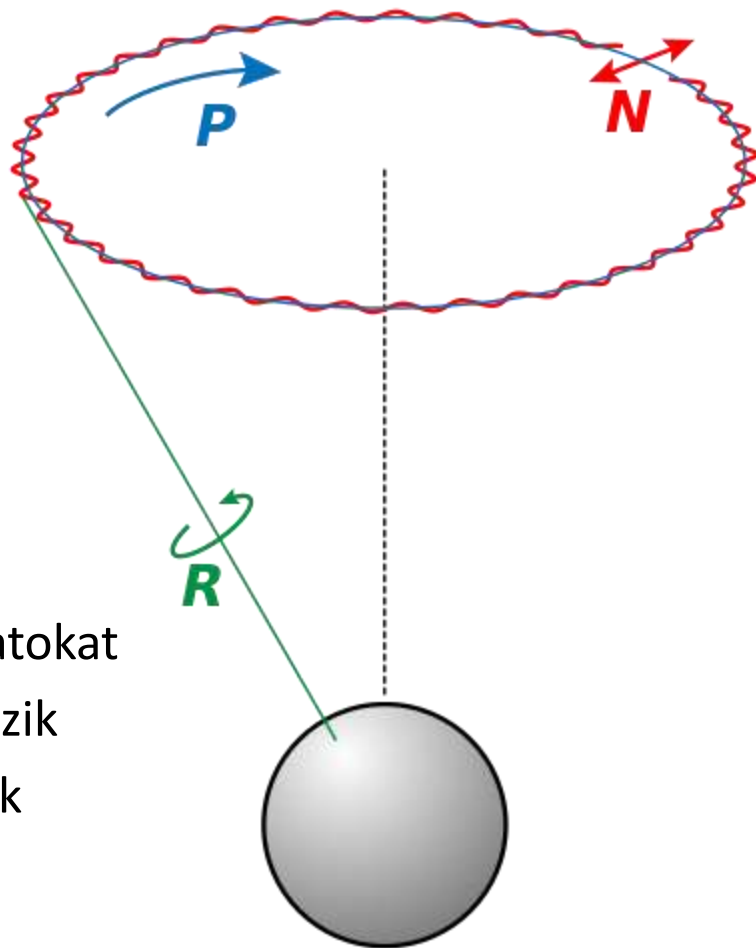
- félnagy tengely: minden csillagra kb. 20" → aberrációs konstans [20,47 a mai adat]
- félkistengely: szélesség-függő (ekliptikán 0, az e. póluson 20")

⇒ a fény sebessége 10 000-szerese a Földének (8m 13s a Nap-Föld szakasz)

⇒ **az első közvetett bizonyítéka a Föld keringésének!**



- vissza a parallaxishoz: olyan jó az egyezés a számításokkal, hogy az értéke max. 2" lehet (és valószínűleg $\frac{1}{2}$ ")
- de további eltérések: 2" hosszúságban az évi 50"-es precesszióhoz képest
 - ha ennyi lenne a precesszió, nem stimmelne hosszú távon
 - a precesszió értéke periodikusan változik: **nutáció** (1748)
 - 18,5 éves periódusú ingadozás a Föld tengelyében, ráakódik a precesszióra (1727-47 időszakban végigköveti)
 - ok: a Nap és a Hold együttes hatása a kidudorodó földi egyenlítőre (D’Alambert (1749) adja meg a teljes fizikai magyarázatot)
- redukció: a csillagpozíciók nem közvetlenül mérhetők: refrakció, aberráció, nutáció, műszeres torzítások stb. bezavarnak
 - az elméletek számára át kell alakítani az adatokat
 - a sok számítást általában asszisztensek végzik
 - neki sincs kedve, így pontos katalógusa csak 1818-ban (Bessel) jelenik meg



Astronomers Royal

- 1675–1719 John Flamsteed
- 1720–1742 Edmond Halley
- 1742–1762 James Bradley
- 1762–1764 Nathaniel Bliss
- 1765–1811 Nevil Maskelyne
- 1811–1835 John Pond
- 1835–1881 Sir George Biddell Airy
- 1881–1910 Sir William Christie
- 1910–1933 Sir Frank Dyson
- 1933–1955 Sir Harold Spencer Jones
- 1956–1971 Sir Richard van Riet Woolley
- 1972–1982 Sir Martin Ryle
- 1982–1990 Sir Francis Graham-Smith
- 1991–1995 Sir Arnold Wolfendale
- 1995–present Martin Rees, Baron Rees of Ludlow

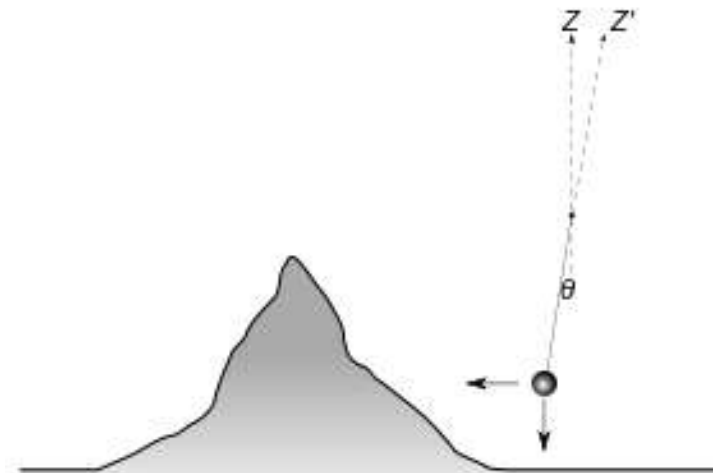
További angol(ok)

Nevil Maskelyne (1732-1811):

- 36 referenciacsillag igen pontos kimérése
- 1767-től Hajózási Almanach évente
- 1774: a Föld tömegét próbálja megbecsülni: mennyire húzza félre egy megbecsülhető tömegű hegy a függőónt?
 - ebből szerinte Föld sűrűsége 4,5-szerese a vízének [ma inkább 5,5]
 - ezt Cavendish pontosítja (1798)



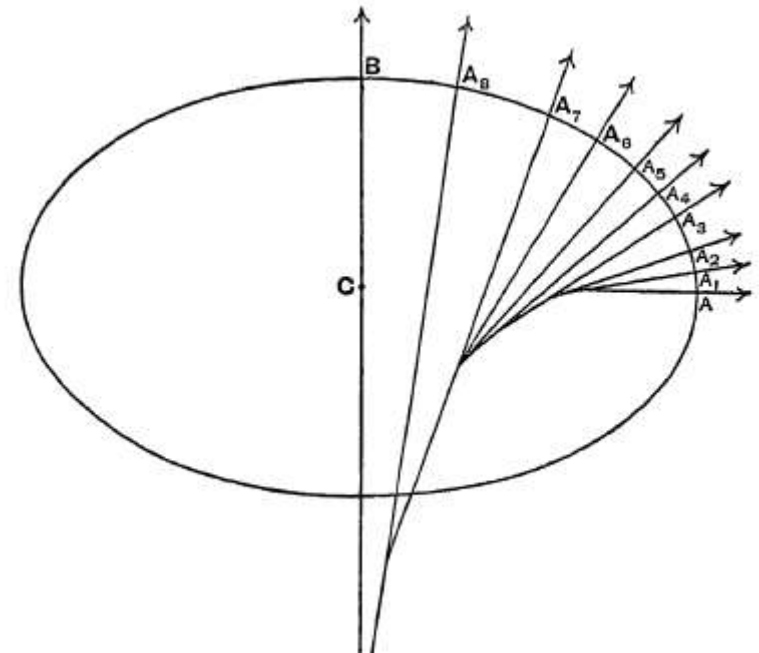
a Schiehallion-hegy (Skócia)



A párizsi obszervatórium

- 18. század: a Cassini-dinasztia uralma
 - fokozatosan küzdik le ellenállásukat a kopernikuszi modellel, a véges fénysebességgel, Newtonnal szemben
- Főleg a Föld alakjával foglalkoznak
 - eredeti ötlet: a pólusok felé nyúlt (szemben Newtonnal)
 - mérések: azonos szélességen levő helyszínek É-D-i távolsága
 - 1 fokos ívek hossza
 - Franciaország
 - Lappföld
 - Peru
 - Newtonnak van igaza: a pólusok felől lapított

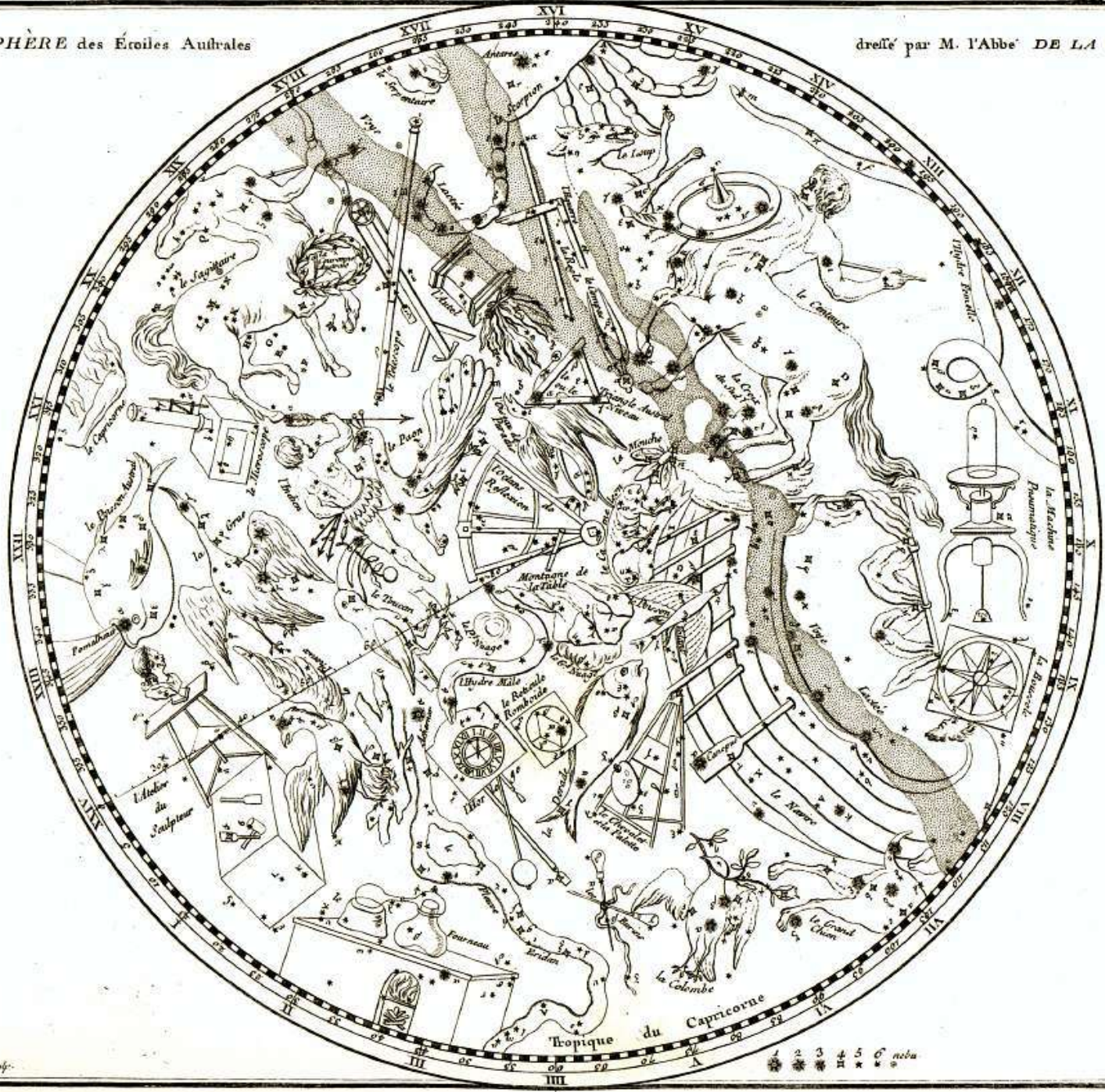
- Giovanni Cassini (1671–1712)
- Jacques Cassini (1712–1756)
- César-François Cassini de Thury (1756–1784)
- Dominique, comte de Cassini (1784–1793)
- Joseph Jérôme Lefrançais de Lalande (1795–1800)
- Pierre Méchain (1800–1804)
- Jean Baptiste Joseph Delambre (1804–1822)
- Alexis Bouvard (1822–1843)
- François Arago (1843–1853)
- Urbain Le Verrier (1854–1870)
- Charles-Eugène Delaunay (1870–1873)
- Urbain Le Verrier (1873–1877)
- Amédée Mouchez (1878–1892)



Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762)



- A század legfontosabb francia észlelőcsillagásza
- 1750-54: expedíciót vezet a Jóreménység fokához
 - parallaxis-mérések (Holdra + Marson keresztül a Napra)
 - 10 000-nél több csillagot észlel, de ebből csak 2000-et redukál
 - *Coelum Australe Stelliferum*: a szűkített katalógus (1763)
(a maradékot csak 1845-ben jelentetik meg)
 - ez persze felváltja Halley déli katalógusát
 - a déli égbolt csillagatlasza: 14 új csillagkép (nem mind marad meg)
 - 42 ködös objektum (csillagköd vagy halmaz)
 - ívhossz mérése, ingakísérletek → a Föld alakja
- Később rengeteg mérés és főleg számolás
 - pl. fogyatkozástáblázatok 1800 évre, efemerisz-táblázatok, stb.
 - 400 fényes csillagra teljes redukció (aberráció és nutáció miatt) (1757)
 - üstökös-pályákat számol + elnevezi a Halley-üstököst
 - valószínűleg agyondolgozta magát (rengeteg munka asszisztens nélkül)



A déli égbolt atlasza Lacaille művében

Tobias Mayer (1723-1762)



- A legfontosabb német (Göttingen) észlelőcsillagász
- Műszeres hibák kiküszöbölésére módszerek
→ tranzitfigyelő távcsöveknél:
 - szintezési hiba: a vízszintestől való eltérés a tengelyben
 - deviáció hibája: a K-Ny irány nem pontos a szerelésnél
 - kollimáció hibája: az optikai tengely nem merőleges a forgástengelyre
- 80 csillag sajátmozgása (Rømer és Lacaille adatainak összevetésével)
- Hold
 - tanulmányozza a librációt, meghatározza a tengelyét (1750)
 - elkészíti az addigi legpontosabb rajzot (pub. 1775)
 - 1652: minden addiginál pontosabb táblázatok (5")
 - a f. hosszúságot fél fok pontosan lehet számolni
 - Bradley közbenjárására özvegye elnyeri az angol kormány erre kitűzött díjának egy részét (£3000)
- Feltalálja a tükrös kör nevű mérőeszközt:



*insigniorum
sec. Avelinum.*

TOB. MAYERI TABULA SELENOGRAPHICA.

*Nomina macul
sec. Avelinum.*

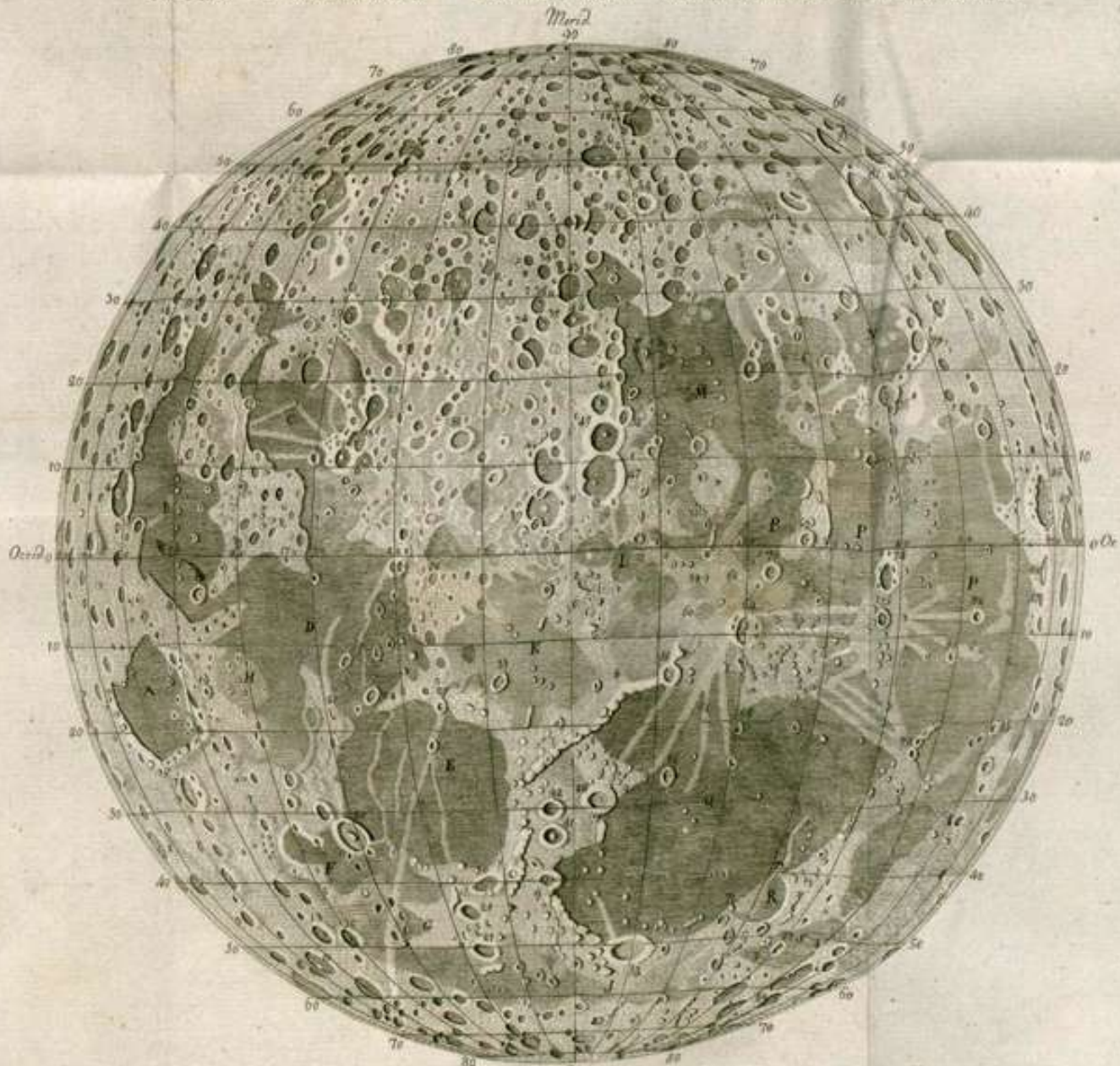
Palus Manotis
Mare Caspium
Sin. Athra. et Sin. exte. Pont.
Pontus Euxin.
Sinus Circinatus
Mare Peuce
Lac. Corcodaneticus
Mare Hyperboreum
Propontis
Mare Adriaticum
M. Pamphilius
Sin. Sirba. et M. Aegyptiac.
Insula Delos
Mare Euxin. et M. medit. pars
Mare mediter. pars septent.
Sinus Apollinis
Sinus Hyperboreus

Mare Alanus

Lac. hyperboreus inf.
Insula maior

Pars mont. Parapanis
Pars mont. Riphaei
Petr. Sisyphus
P. mont. Parapanis
Lac. hyperb. sup.
M. Parapanis
Sin. Phoenicis
Pars M. M. Maurocon.
M. Corax
M. Cassius
P. Mont. Maurocon.
P. Mont. Mercurii
Lac. Theophrasti
Pars M. M. Sisyph.
Insula Macra
Apollonia minor
Pars M. Mesthi
Pars M. Mesthi
Promont. Archiculae
Pars M. Mesthi
Pars M. Arminii
M. Serrorum
M. Carpathus
Byzantium
M. Aemus

Pars M. Antileon



33 Manilia
34 Apianus
35 Stofloras

Insula Barbica
Pars Anti-Libani
M. Calidiflan

Sept.

37 Canalicus
38 Avelinus
39 Ruculus

Pars M. Phoenis
Pars M. Phoenis
Paganus Mons

- 35 Alacensis
- 37 Wernerus
- 38 Fernelius
- 39 Hipparchus
- 40 Albatrogus
- 41 Aristillus
- 42 Autolycus
- 43 Waltherus
- 44 Argemontanus
- 45 Ptolemaeus
- 46 Archimedes
- 47 Ptolemaeus
- 48 Argabel
- 49 Alphonsus Rex
- 50 Cratichus
- 51 Magnus
- 52 Alptragus
- 53 Piaz
- 54 Jycho
- 55 Cratichus
- 56 Finoccharo
- 57 Piletus
- 58 Stadius
- 59 Clavius
- 60 Dominus Maria
- 61 Pythaeus 2
- 62 Landebrogus
- 63 Abellus
- 64 Copernicus
- 65 Longomontanus
- 66 Pythaeus 1
- 67 Guilielmus Hoff. Ludov.
- 68 Bullialdus
- 69 Blaeuw
- 70 Reinhold
- 71 Heroldus Sill
- 72 Schickardus
- 73 Heroldus voss
- 74
- 75 Kepler
- 76 Gaffendus
- 77 Harpalus
- 78 Aristarchus
- 79 Masenius
- 80 Marius
- 81 Schickardus
- 82 Galilaeus
- 83 Phoeniceus
- 84 Pythagoras
- 85 Selenus
- 86 Grimaldus

Frederick William Herschel (1738-1822)

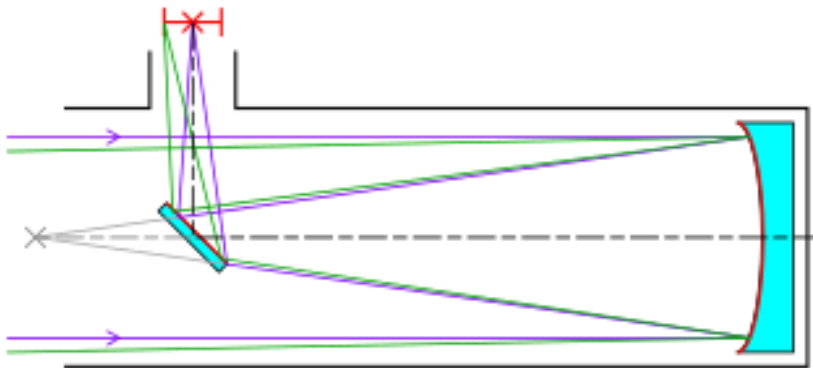
- Született: Friedrich Wilhelm Herschel, Hanover
- 1757: Anglia (katonai szolgálat elől) → ott marad
- eredetileg tehetséges zenész, zenetanár ↓
- 1773-tól foglalkozik csillagászával → egyre inkább ebből tud megélni: távcsövek készítése
- 1781: hirtelen híres lesz (Uránusz) → 1782: udvari csillagász (nem Királyi Csill.) + *Royal Society* tagja
- 1822: lovaggá ütik



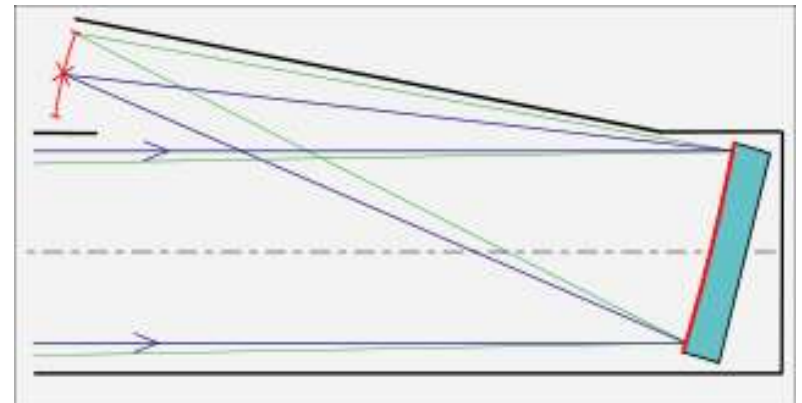
24 szimfóniájának egyike:

Távcsövek

- A távcsövek túl drágák → gyártja őket (több mint 400)
 - tükrök: 7, 10, 12, 20 lábnyi fókuszhoz
 - akár ezerszeres nagyítás (néha több) → speciális okulárok
 - a legnagyobb: 40 láb (12 m) fókusz, 49,5 hüvelyk (1,26 m) tükör
 - a legfontosabbak: 20 láb (6,1 m) fókusz, 18,5 hüvelyk (47 cm) tükör + egy 7 láb hosszú newtoni távcső, különböző szerelésekkel
- A legnagyobbakra saját (herscheli) szerelés: kiveszi a csőből a segédtükröt, hogy ne takarjon ki → a legtetején kell belenézni (elég nehézkes)



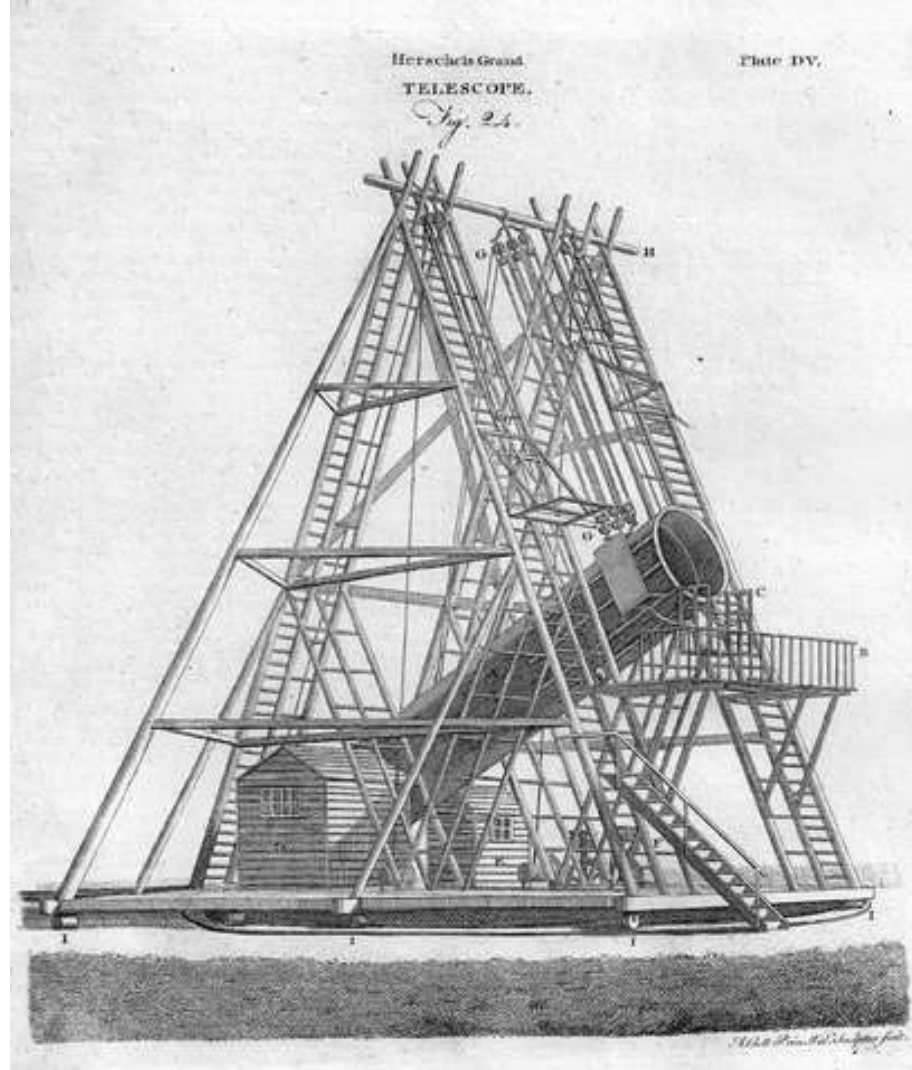
newtoni szerelés



herscheli szerelés



A 7 lábnyi newtoni távcsövének modern replikája (főtükör: 15 cm)

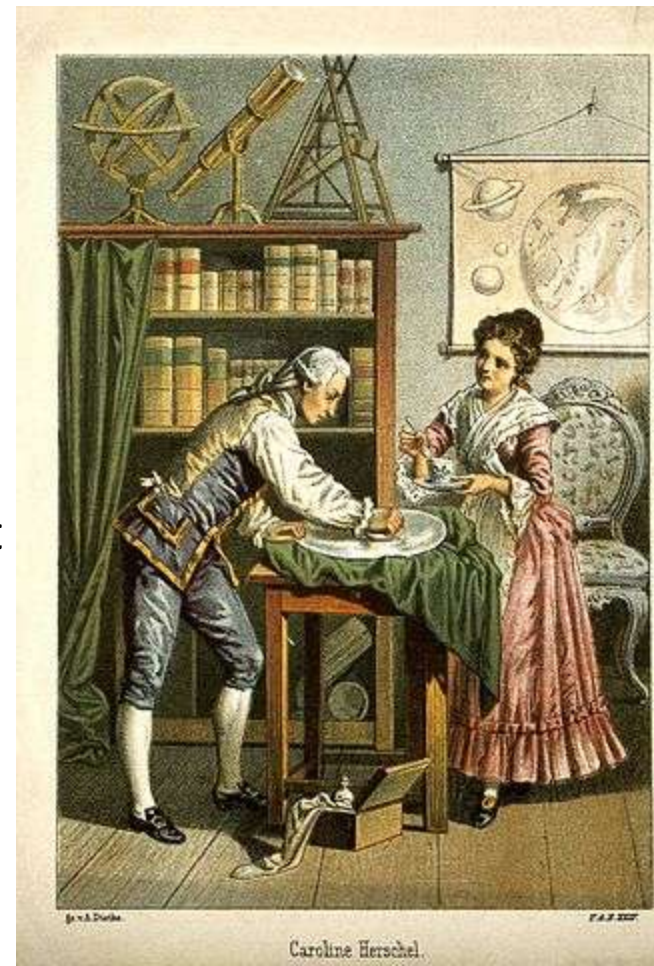


A 40 lábnyi távcső

- túl nagy, nehézkes a kezelése
- a tükröt 2 évente kell újraciszolni
- nem nagyon használja, de majd csak a fia szereli szét (1839)

Távcsöves felmérések

- H. exploratív módon használja a távcsövet: nem (csak) konkrét dolgokat keres, hanem az egész eget nézni, és mindent összegyűjt, ami érdekes
- 4 átfogó felmérést készít:
 - 1775: 7 lábnyi newtoni (határ: 4 mag.)
 - 1779-81: javított 7 lábnyi (8 mag., 227x nagy.)
 - 1781-83: tovább javított (460x nagy.)
 - 1783-90: 20 lábnyi távcső
- Legfontosabb segédje mindvégig a húga: Caroline Herschel (1750-1848)
 - tükröket csiszol, észlelési asszisztens
 - pontosítja és kiegészíti Flamsteed katalógusát
 - az első nő, aki tudósként fizetést kap
 - önálló eredmények: 8 üstököst és 11 ködöt felfedez (időnként észlel a távcsövekkel, bátyja sajátot is készít neki)



Az Uránusz felfedezése (1781)

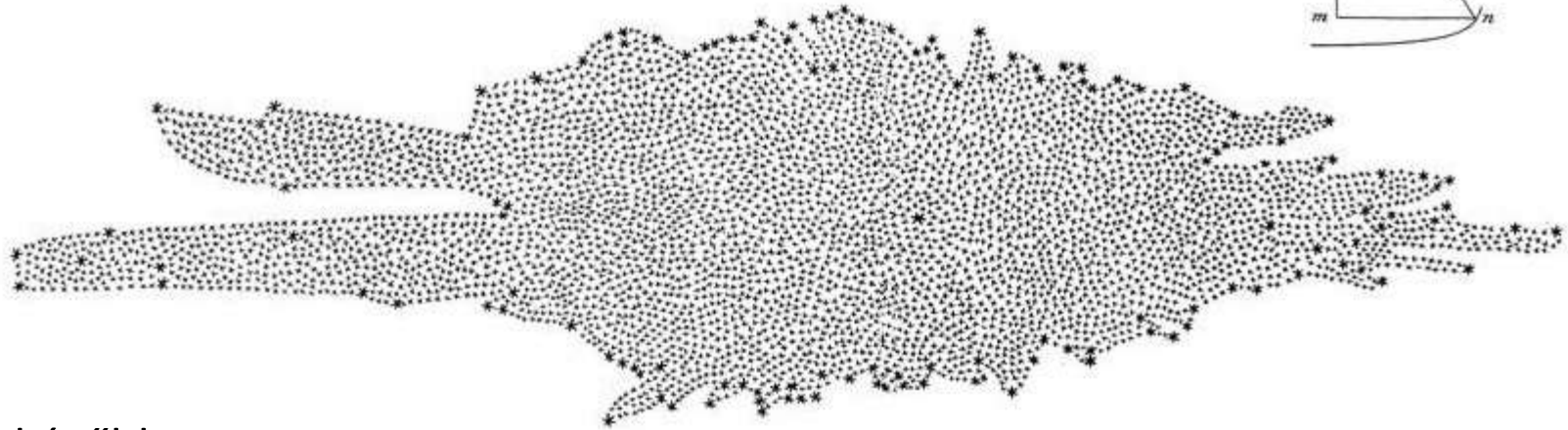
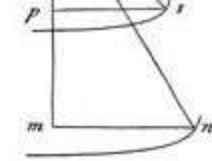


- Eddigre legalább 17-szer látták (pl. Flamsteed, Bradley), de senki sem ismerte fel, hogy mozog, így csillagnak hitték
- Herschel előnye a kitűnő távcső (7 láb): korongnak látja (227x nagyítás)
 - először csillagködnek vagy üstökösnek hiszi
 - később: elmozdult → nyilván üstökös
 - sokan kezdik vizsgálni, és nem ő jön rá először, hogy bolygóról van szó: Anders Johan Lexell (1740-1784), svéd/finn tudós Szentpétervárról
 - H. ezt elfogadja, és György-csillagnak akarja nevezni (III. György király) + mások (franciák) Herschelnek nevezik, és van, aki a Neptunuszt ajánlja → Johann Elert Bode (1747-1826, Berlin) nevezi el Uránusznak (→ 1789: erről nevezik el az újonnan felfedezett uránium elemet)
- Hatalmas felbuzdulás + pillanatok alatt híres lesz:
 - az első „új” bolygó! (emberemlékezet óta mindenki az 5 bolygót ismeri) (+ ráadásul az utolsó hold-felfedezés is lassan száz éve történt)
 - a Naprendszer nagyobb, mint hitték: majdnem kétszer olyan messze kering, mint a Szaturnusz

A csillagok térbeli eloszlása

- „csillagmérés”: statisztikai vizsgálatok a térbeli eloszlásra
- lehetséges hipotézisek:
 - a) a sűrűbbnek látszó területen valóban sűrűbb az eloszlás
 - b) a sűrűbbnek látszó területen sok csillag van egymás mögött
 - ő a másodikat választja: az eloszlást egyenletesnek feltételezi
 - minél több csillagot látunk valahol, annál messzebbre látunk arra
- módszer: 15' átmérőjű területeken (kb. 3000) számolja, hány csillagot lát (szélső értékek: 1 és 116 000 negyed óra alatt)
- eredmény:
 - a Tejút felé sűrűsödnek: ott sokkal „messzebbre” lehet látni
 - a csillagok összessége egy **korong** (malomkő), melynek szélessége ötszöröse a vastagságának
 - a módszer következménye, hogy a Nap a középpontban tűnik lenni
 - a Tejút két ágra bomlik

Fig. 4.



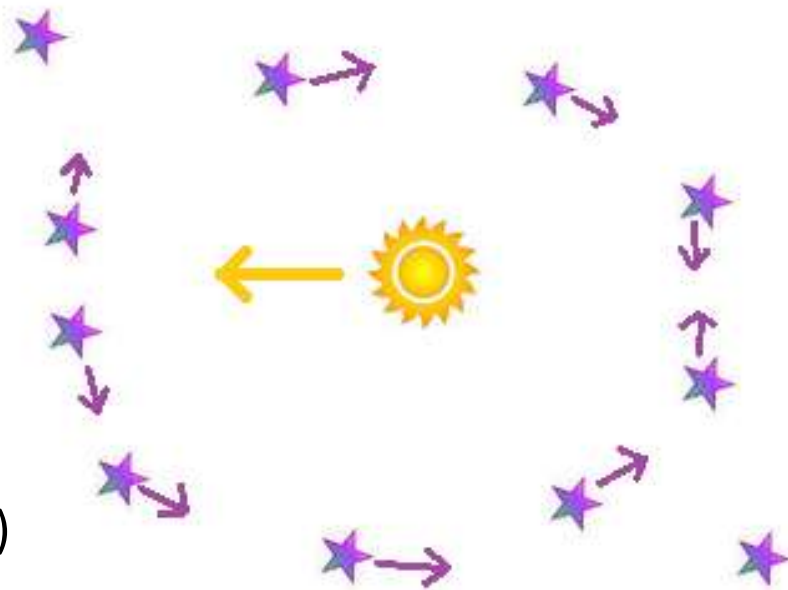
- később:
a csillaghalmazok léte cáfolja, hogy egyenletesen oszlanának el
→ tegyük fel, hogy az abszolút fényességük azonos, és akkor a fényesség megadja a relatív távolságot (baj: a fényesség még csak becsülhető)
- még később: a két eredmény összevetésével megsejti, hogy jóval több az abszolút fényesség szerint halvány csillag, mint a fényes

Megjegyzés:

- a század közepén többen felteszik, hogy a Tejút korong alakú, melynek részei vagyunk: Thomas Wright (1711-86), Immanuel Kant (1724-1804), Johann Heinrich Lambert (1728-77)
- erre akár fizikai érvek is vannak (örvény), de empirikus bizonyítékok nem

A Nap sajátmozgása

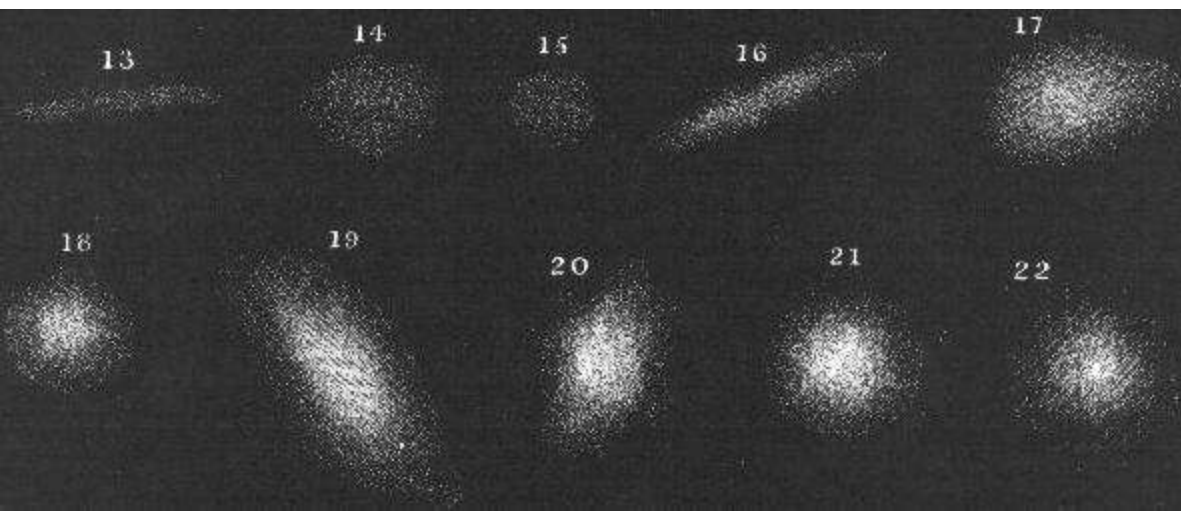
- Ha a Nap a csillagok egyike, és azok mozognak, akkor vajon ő is?
- Ha igen, akkor ez meglátszik a többi csillag sajátmozgásában:
 - a Nap előtti csillagok széttartanak
 - a Nap mögötti csillagok egymás felé tartanak
 - a mellette levő csillagok a Nappal ellentétesen tűnnek mozogni(Persze nekik is lehet sajátmozgásuk, ezért ez csak statisztikailag érvényesül)
- (Ezt már Tobias Mayer is felvetette, de nem jutott eredményre)
- 1873: 14 csillag sajátmozgása alapján:
 - az apex (amerre a Nap halad) a λ Herculis csillag [ez kb. 10° pontos] (később újraméri, és pontatlanabb eredményt kap, 30° -kal arrébb)
 - a sebesség legalább akkora, mint a Föld keringési sebessége [ez sok]



Csillagködök és halmazok

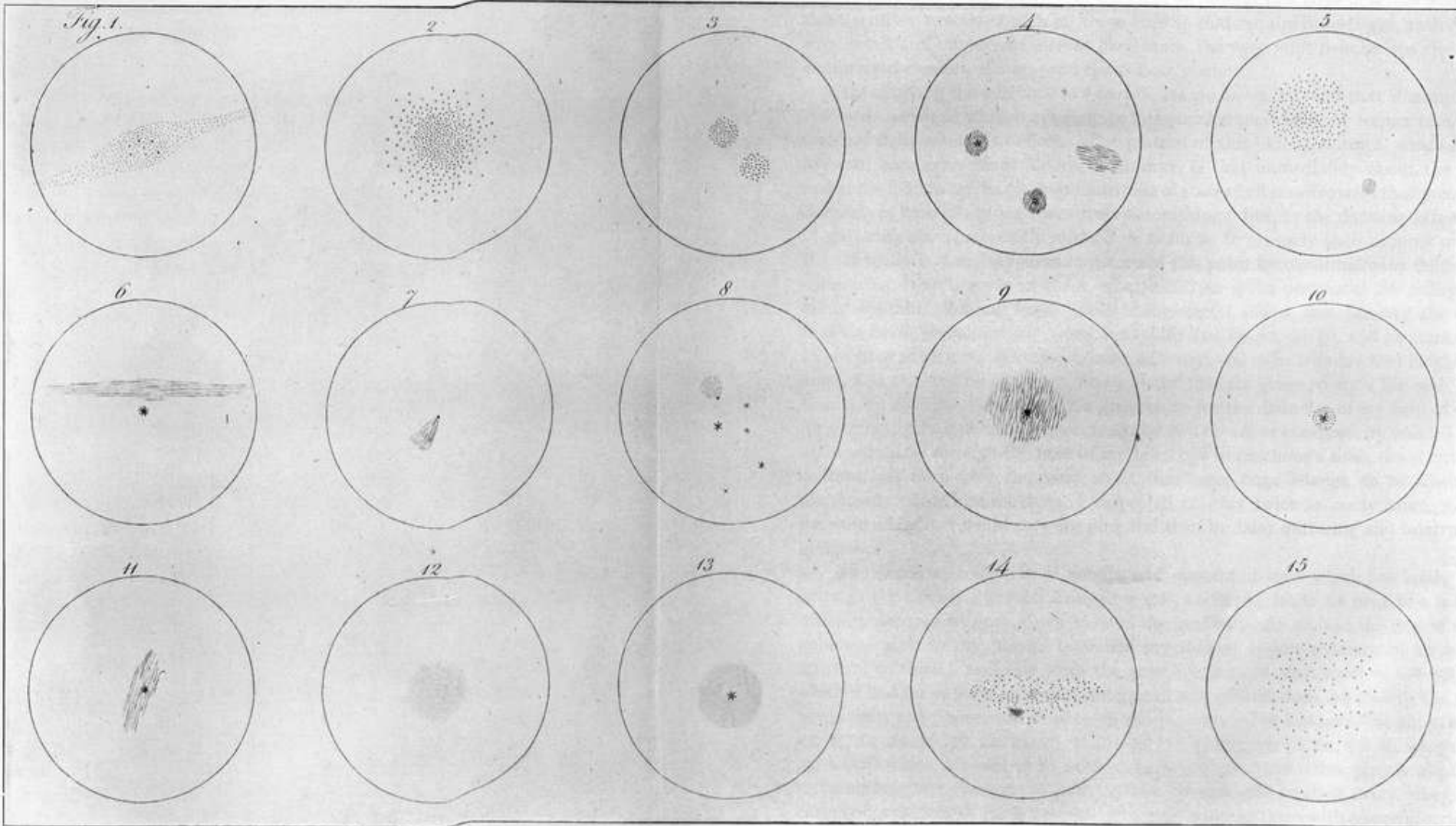
- Élete legelső észlelése: Orion-köd (1774)
- Eddigre kb. 100 ismert: Lacaille + Charles Messier (1730-1817), de ezeket „véletlenül” (pl. üstökösadászat) találják meg
- Herschel módszeres felmérései és katalógusai:
 - 1786: 1000; 1789: újabb 1000; 1802: újabb 500 (→ 2400 felfedezés)
 - (fia, John Herschel még 1754-et talál: *General Catalogue of Nebulae and Clusters*, 1864) → 1888, John Dreyer: *New General Catalogue*, 7840 db.)
- fényesség és szerkezet alapján 8 fajta:

- fényes köd
- halvány köd
- nagyon halvány köd
- planetáris köd
- nagyon nagy köd
- csillagok nagyon kompakt és gazdag halmaza
- kis és nagy csillagok kompakt halmaza
- csillagok durván szétszórt halmaza



„Láttam kettős és hármas ködöket, mindenféle elrendezésben; nagy ködöket kis látszó kísérőkkel; keskeny, ám nagyon kiterjedt, fényes ködöket mint ragyogó ecsetvonásokat; néhány legyező-alakút, melyek elektromos fésűre hasonlítottak és egy fénylő pontból törtek elő; üstökös formájúakat látszó maggal a középpontban; homályos csillagnak tűnőket ködszerű légkörtől ölelve; egy megint másik fajtát, melynek ködössége tejszerű, mint a csodálatos és megmagyarázhatatlan jelenség a θ Orionis körül; ismét mások halványabb, foltos fénnel ragyognak, mely jelzi, hogy felbonthatók csillagokká.”

- eleinte: szerinte minden köd szétbontható halmazra jó távcsővel
→ „sziget-univerzumok”: olyanok, mint a Tejút
- később:
 - a halmazok a Tejút síkjában sűrűsödnek → nem függetlenek
 - planetáris ködök: ha halmaz lenne, túl nagy a központi csillag
→ egyes ködök sziget-univerzumok, mások nem
- esetleg az egyes formák különböző fejlődési állapotot képviselnek?
- esetleg ezek (néhány) kondenzációval jönnek létre?
- abszolút úttörője a mélyég-kutatásoknak

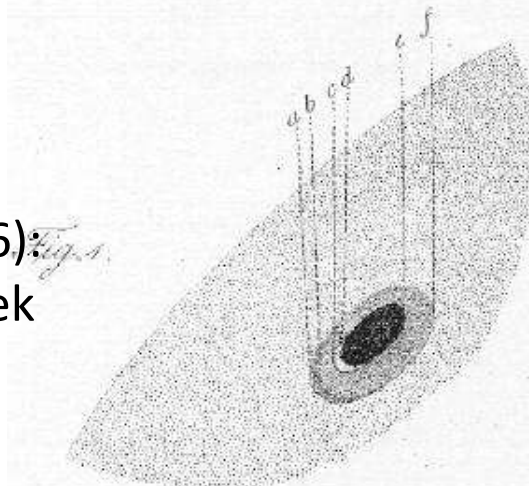


Kettőscsillagok

- Eredeti terv: parallaxist szeretne mérni → Galilei által javasolt módszer: közeli csillagok szeparációjának vizsgálata az év mentén
- John Mitchell, 1767: statisztikailag túl sok van → nem véletlen egybeesés → Herschel egyetért
- Katalógusok:
 - 1782: 269 kettős (227 saját felfedezés, a többi már ismert)
 - 1784: 434 új kettős
 - 1821: 145 további→ pozíciók, szeparáció, tengely iránya, fényességek, színkülönbségek...
- 25 év elteltével egy csomót újra mér: változott az összekötő tengelyek iránya (6, majd még kb. 50 esetben) → **fizikailag kötött** párok, melyek keringenek egymás körül!
(Pl. Castor: 342 év periódus)
- (Ez a kettőscsillag-vizsgálatok megalapozását jelenti)

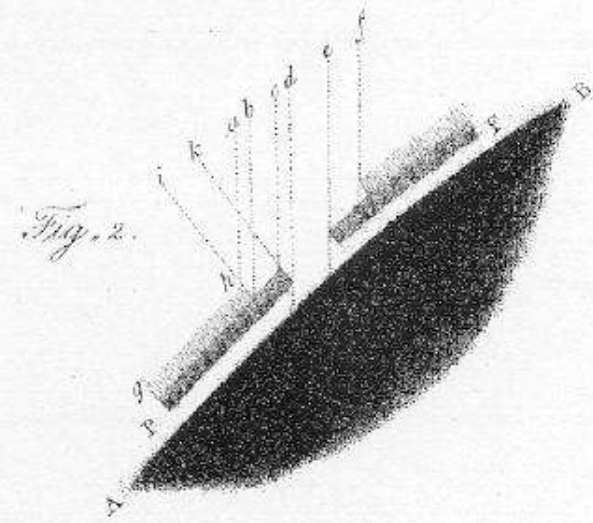
Nap

- Alexander Wilson (1714-86): napfoltok bemélyedéseknek látszanak



- Herschel:

- van egy fényes, forró, külső légkör,
- van egy sötét és szilárd, bolygószerű mag (ez látszik az umbrában)
- meg van egy belső légkör: megvédi a felszínt a hőtől (→ penumbra)



„Így nézve úgy tűnik, a Nap semmi egyéb, mint egy kiemelkedő, nagy és fényes bolygó, amely nyilvánvalóan az első, és szigorúan szólva az egyetlen elsődleges bolygó a rendszerünkben... minden valószínűség szerint ez is lakott, mint a többi bolygó, még hozzá olyan lények által, melyeknek szervei hozzáigazodnak e hatalmas gömb sajátos viszonyaihoz.”

- (minden bolygó lakott, és többnyire a holdak is → a korban sokan hiszik)
- Napfoltok:
 - a változócsillagokkal rokonítja a Napot
 - próbálja kimérni a hatását az időjárásra → a búza árából következtet vissza, hogy melyik évben milyen idő volt, de nem kap eredményt

Egyebek 1.

Változócsillagok:

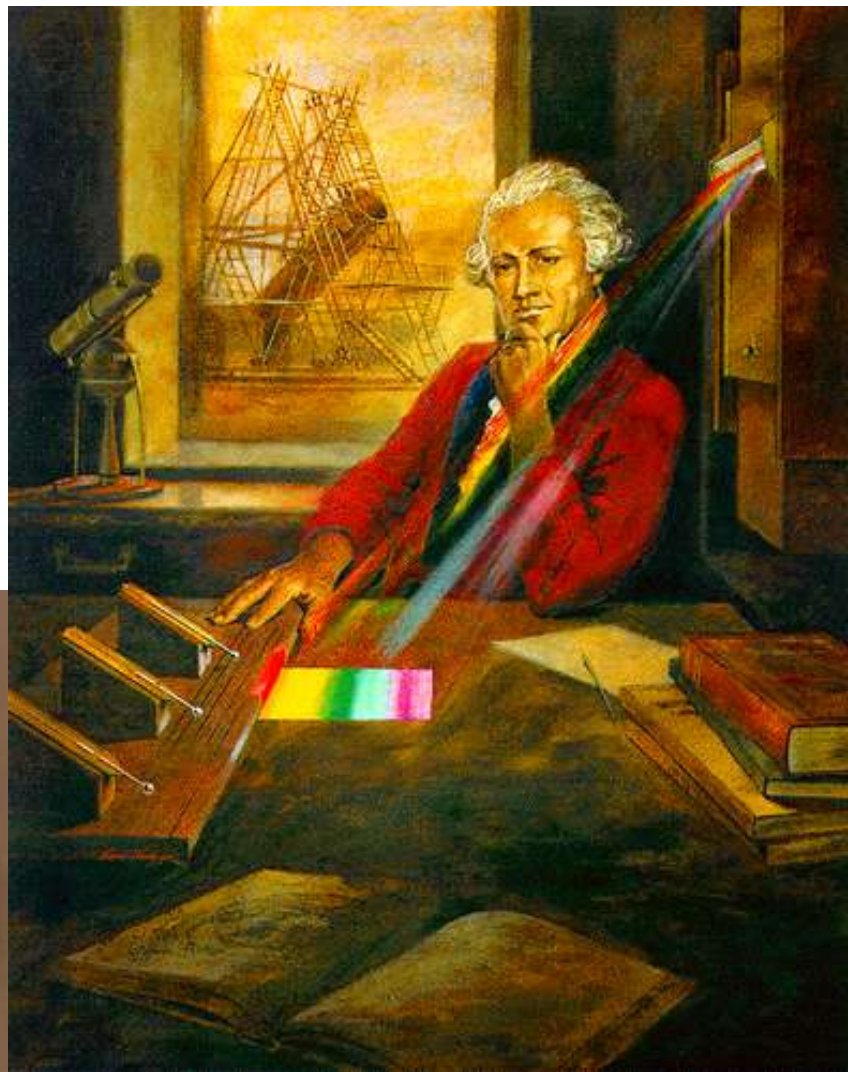
- Néhány már ismert (Mira Ceti, Algol)
→ feladat: hosszú, rendszeres észlelési sorok adott csillagokról
- 1796-99: kb. 3000 változót összeszed
- Nehézség: fényesség nem mérhető → adott csoportban a fényesség sorrendet állapítja meg → igen pontos (később fotometriával ellenőrzik)
- Hipotézis: a fényességváltozás az egyenetlen felszín forgása miatt van

Bolygók, holdak:

- a nagy távcsővel felfedez két Uránusz-holdat (1787: Oberon, Titania) és két Szaturnusz-holdat (1789: Enceladus, Mimas)
- 7 cikk a Szaturnuszról: lapultság, foltok, forgás (10h 16m), gyűrű
- Mars: a korábban felfedezett fehér sapkák évszakosan változnak
→ van rajta jég, tehát van rajta légkör
- a 4 Jupiter-hold és a lapetus (Sz) forgása kötött → vajon minden holdé az?
- Vénusz forgása, Jupiter sávjai, stb. stb.

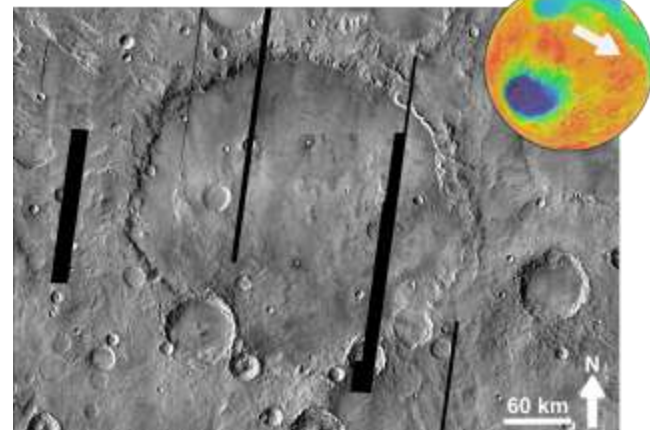
Egyebek 2.

- Tőle származik az „aszteroida” elnevezés (lásd később)
- Mikroszkóppal megállapítja, hogy a korall nem növény (sejtfala nem olyan)
- Felfedezi az **infravörös** sugárzást:
 - 1800: napszűrőket tesztel napfoltok megfigyeléséhez
 - a vörös filter csomó hőt termel
 - teszt: hőmérővel nézi a spektrum különböző tartományait
 - a vörösön túl a legforróbb!
 - kell lennie láthatatlan fénynek is





Herschel



a Marson →

← a Holdon

a Mimason ↓

az űrben ↓

a Földön →

