A Világegyetem

1920. április 26-án két előadás volt

a National Academy of Sciences, Washington-i

ülésén

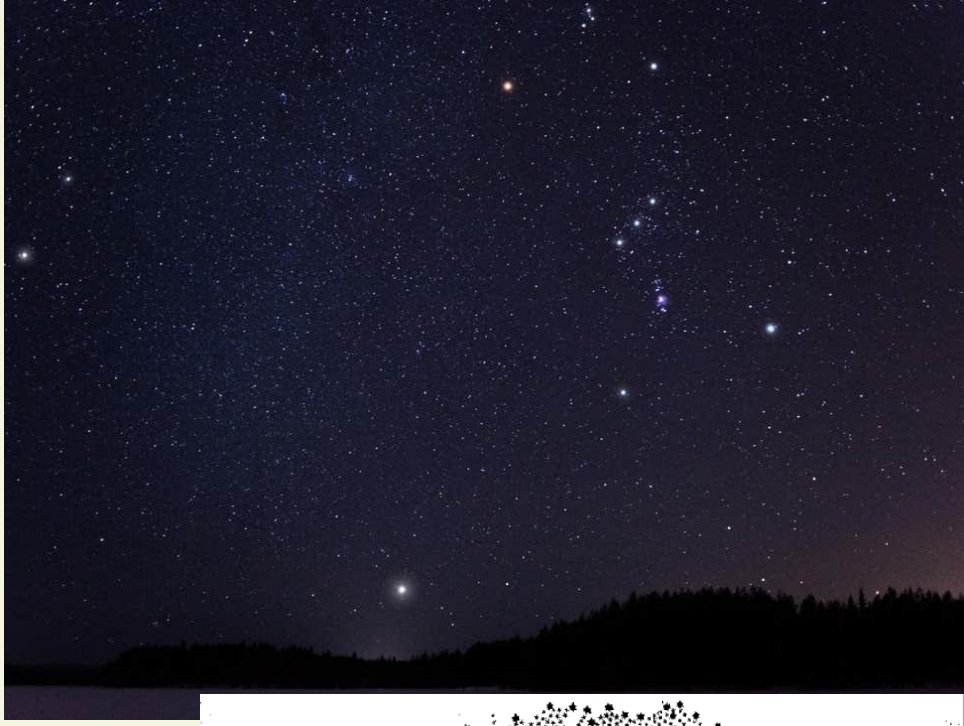
A Világegyetem mérete

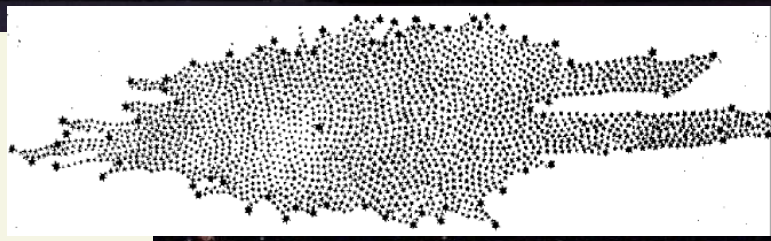
címmel

Miért fontos az 1920-as „Nagy Vita”?

Mit gondolunk a világról?

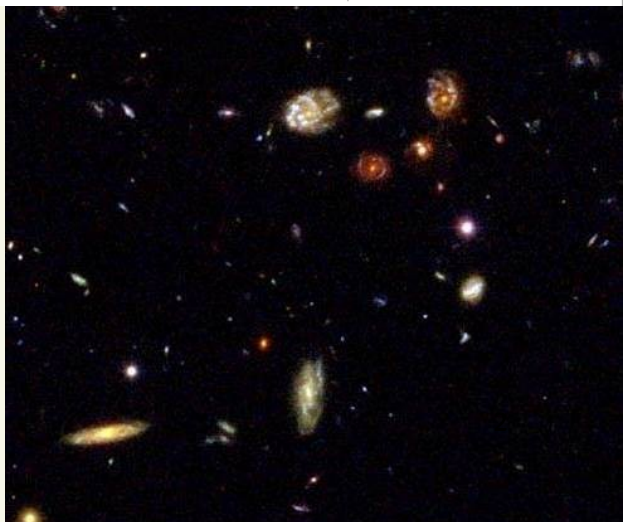
Természetesen: növények, állatok, városok, hegyek …





Az egész Univerzumról:

- Föld és az ég (ezeket látjuk)
- Kepler, Newton (végtelenné tágul)
- Herschel, nagy csillagváros
- 1920-as évek



Ősember 100-1000 km

paradigmaváltás

Ókor a Föld gömb 10-12 ezer km nagy
A Világ ennél kicsit nagyobb (kb. 100x vagy 1000x)
vitatott a Nap mérete, de Csillagok szférája

paradigmaváltás

XVII. sz. a világ végtelen, de még a csillagok távolsága se ismert.
A Naprendszer milliárd km. A csillagok billió km-ekre lehetnek.

paradigmaváltás

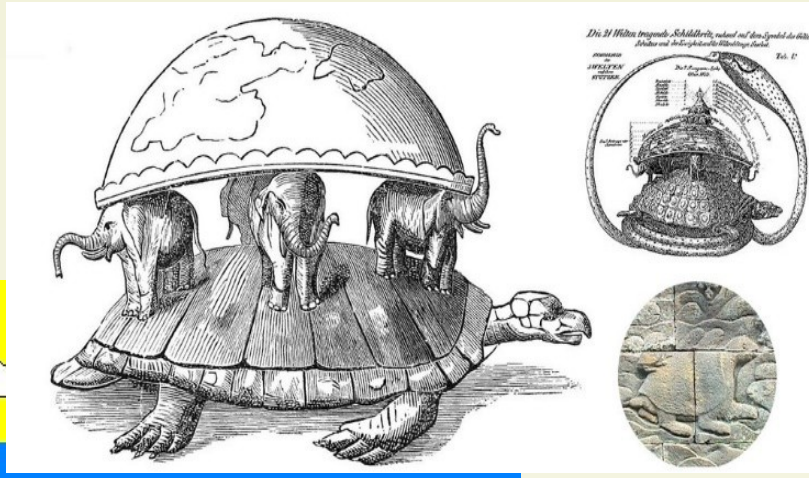
Herschel 1785
A Világ egy nagy csillagváros milliárd csillaggal.

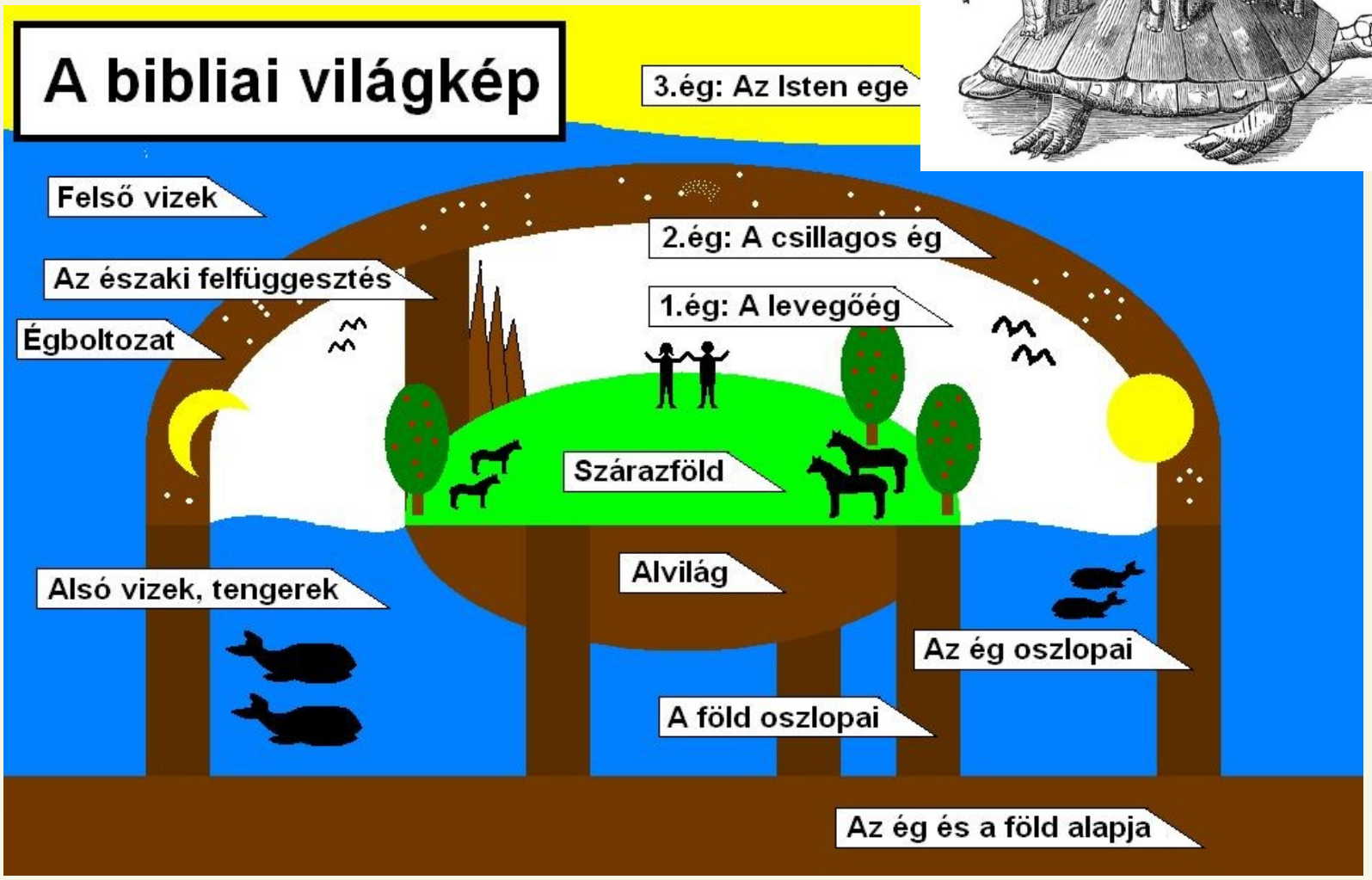
paradigmaváltás

VITA, viták
1930 a Világ sok csillagváros (galaxis)

Ma is ezt gondoljuk. Jó! Vannak galaxishalmazok, sőt szuperhalmazok.

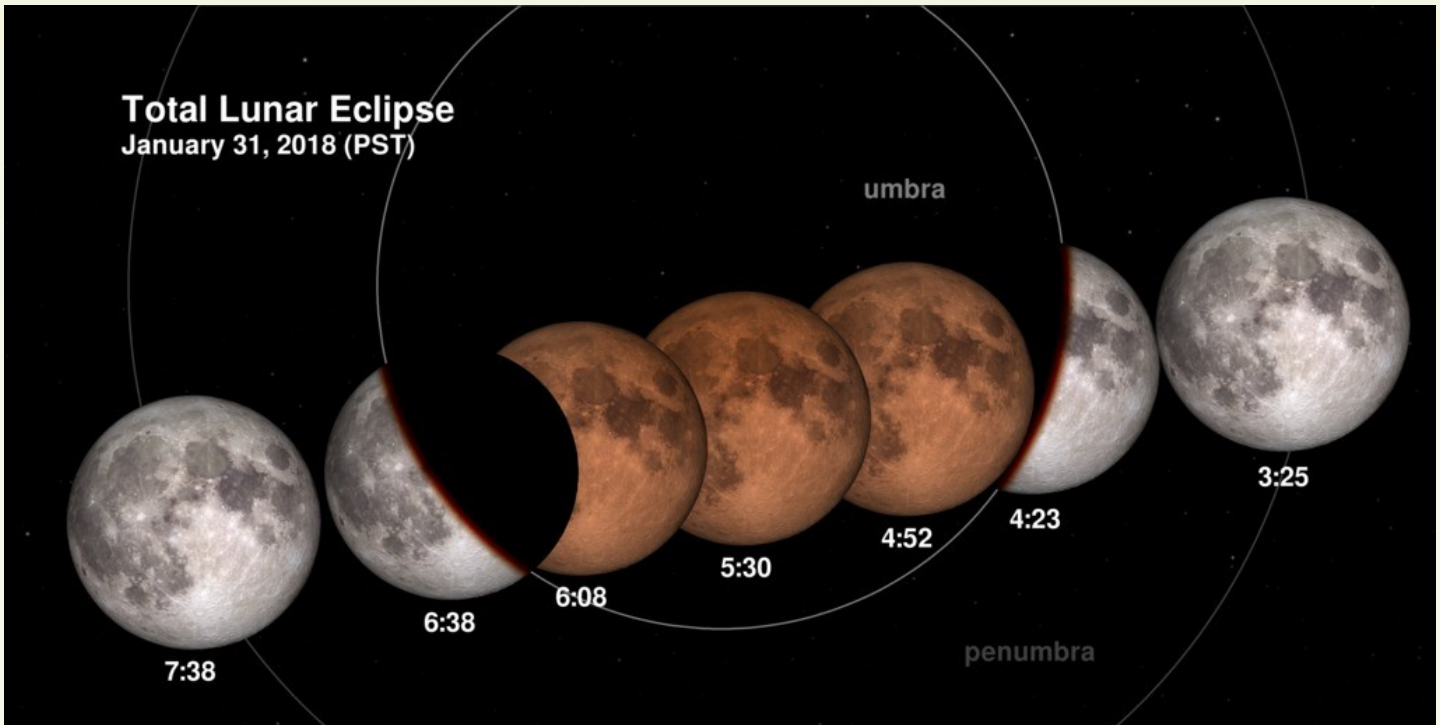
Elképzelések (Föld, ég)



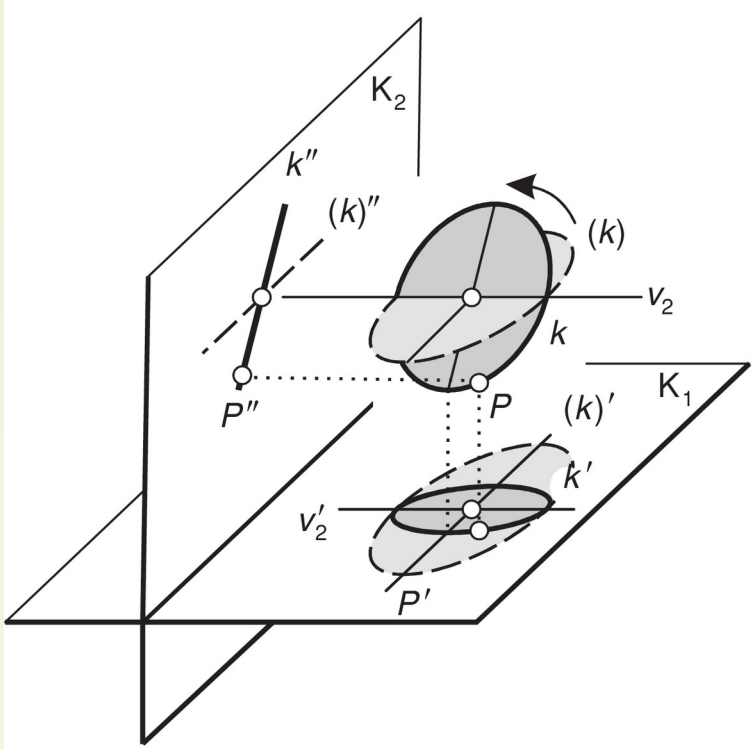


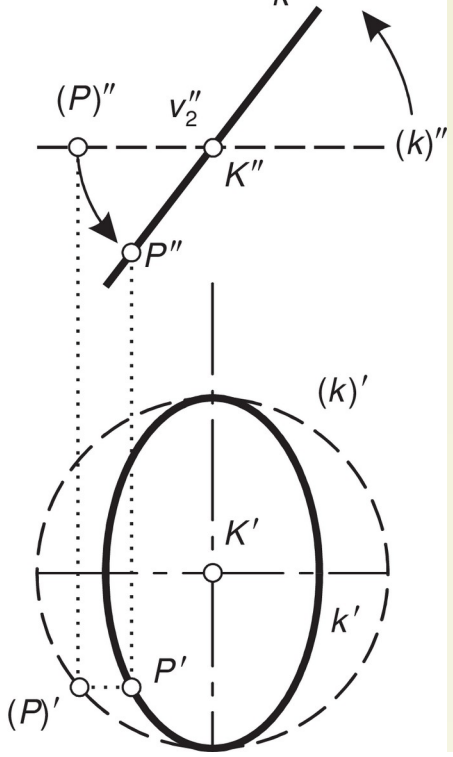
Ókor: föld és ég szétválasztása.

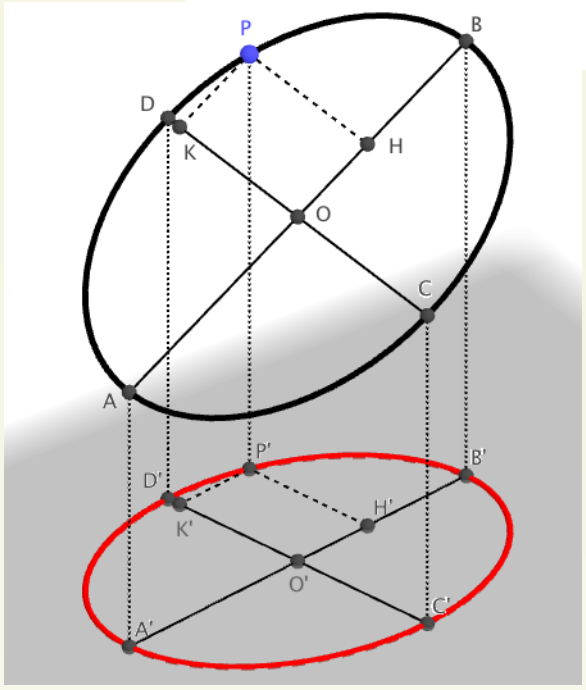
A Földön kívüli világ 7 égitest (Nap, Hold, bolygók) és a csillagok kristályszférája.

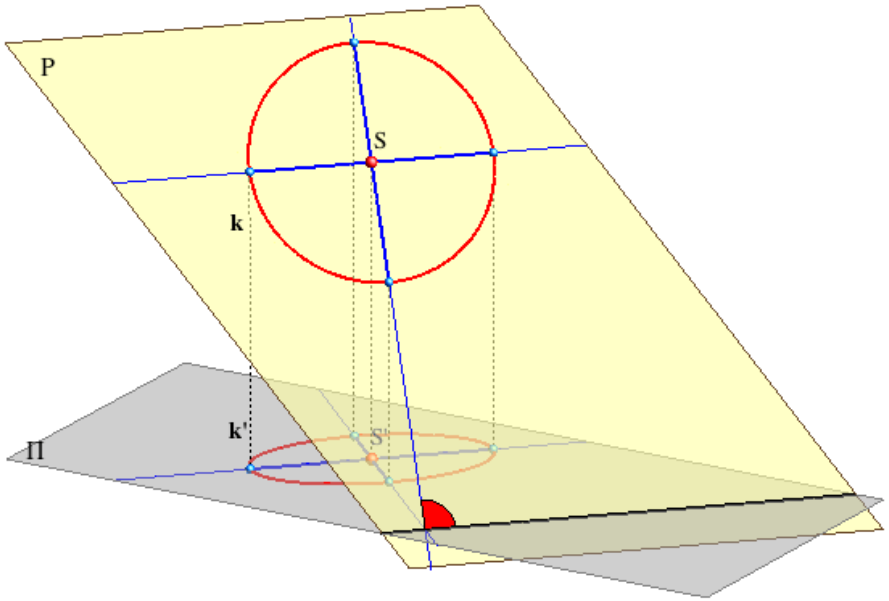


A Föld nem lapos



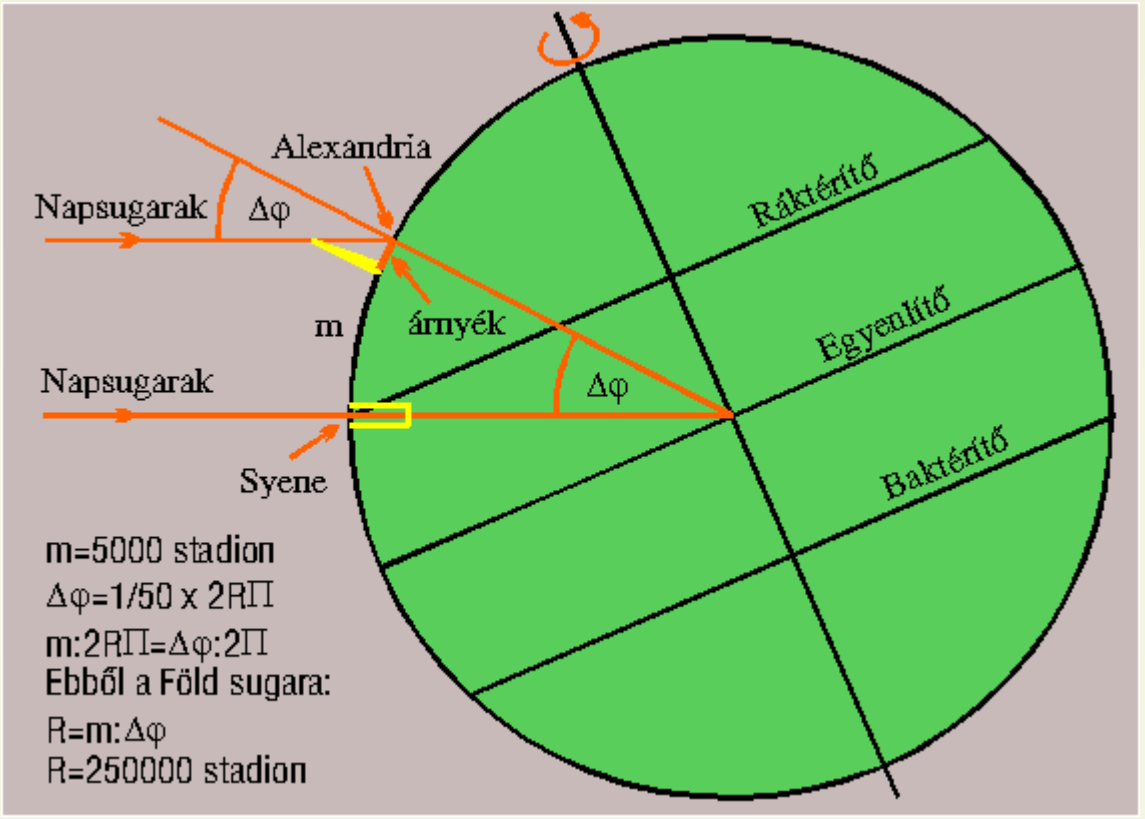






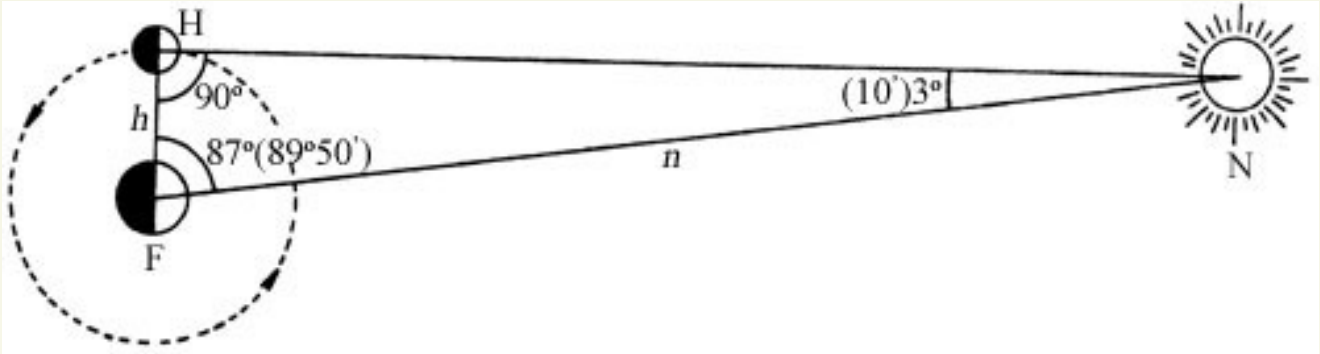
Eratoszthenész

(Kr. e. 276-194)

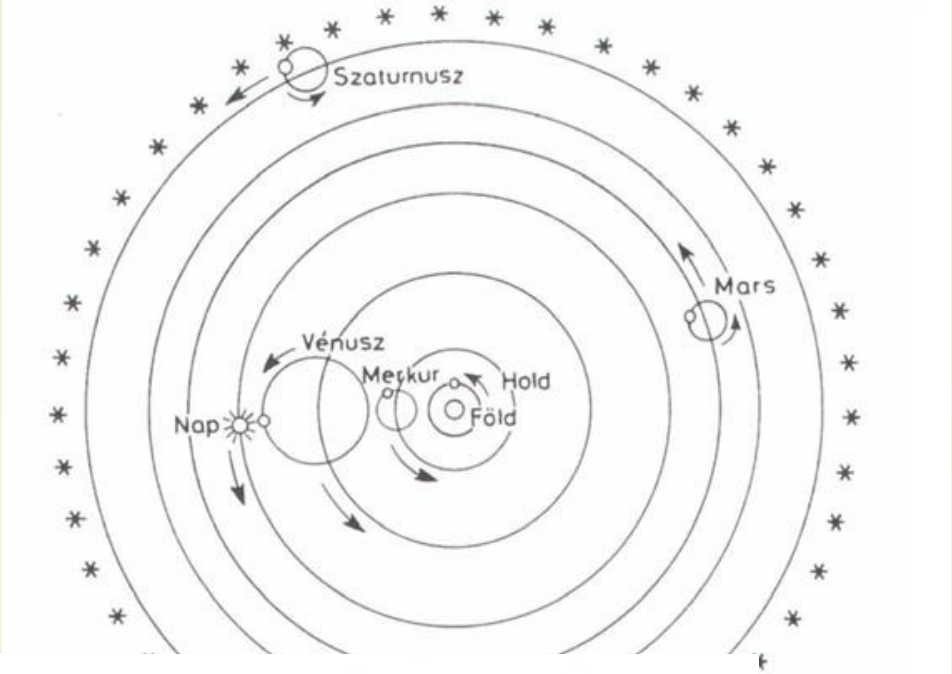


Arisztarkhosz

(Kr. e. 310-230)



Ptolemaiosz (90-168)

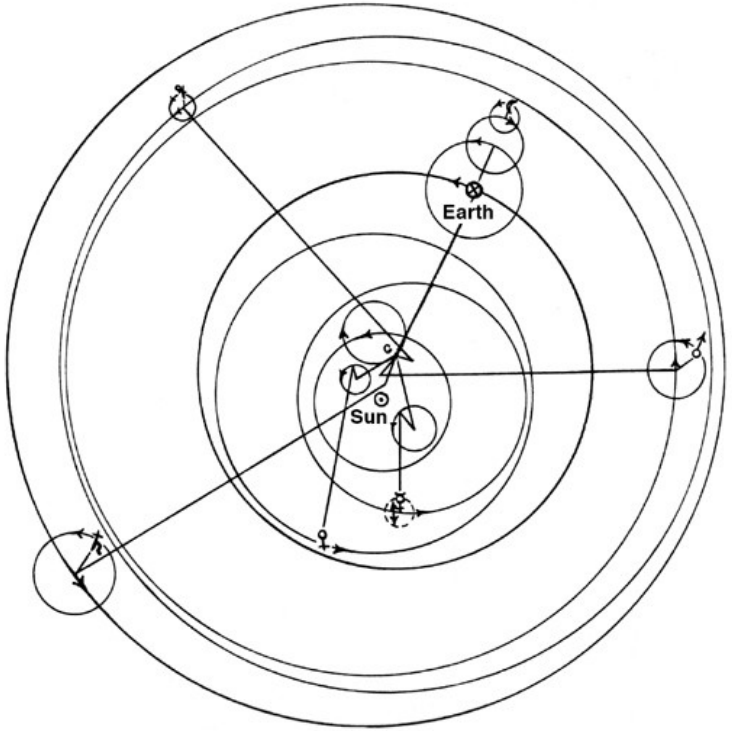


Hérakleidész

Arisztarkhosz

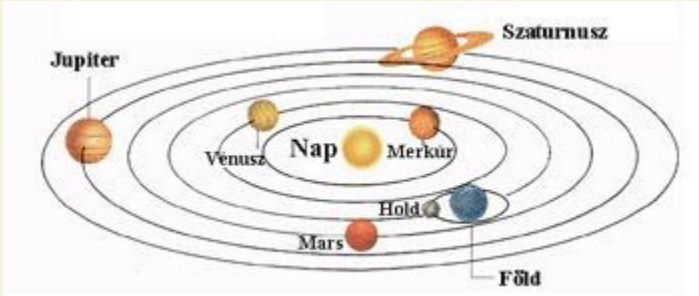
Hüpatia

Kopernikusz (1473-1543)

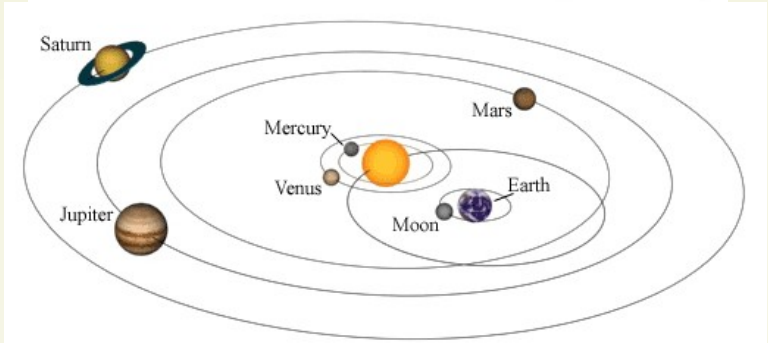


Ptolemaiosz (90-168)

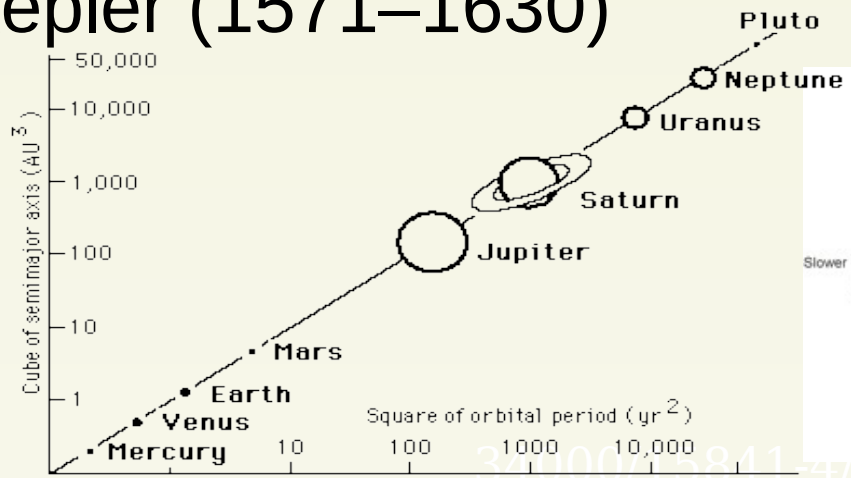
Kopernikusz (1473-1543)

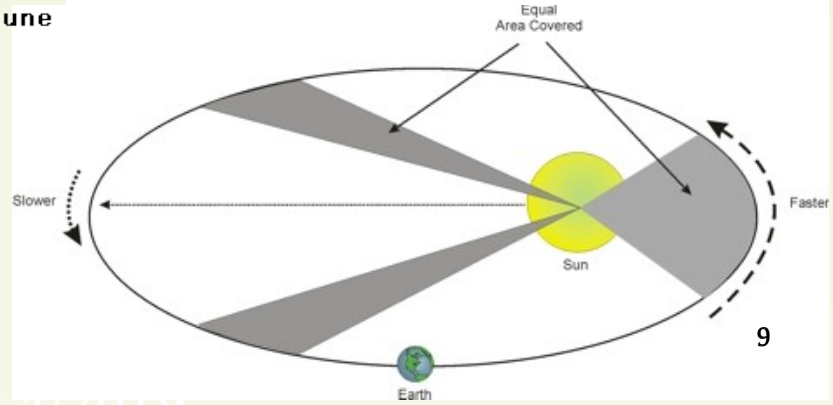


Tycho Brahe (1546-1601)



Kepler (1571–1630)





340007/ 5841-4/2019.

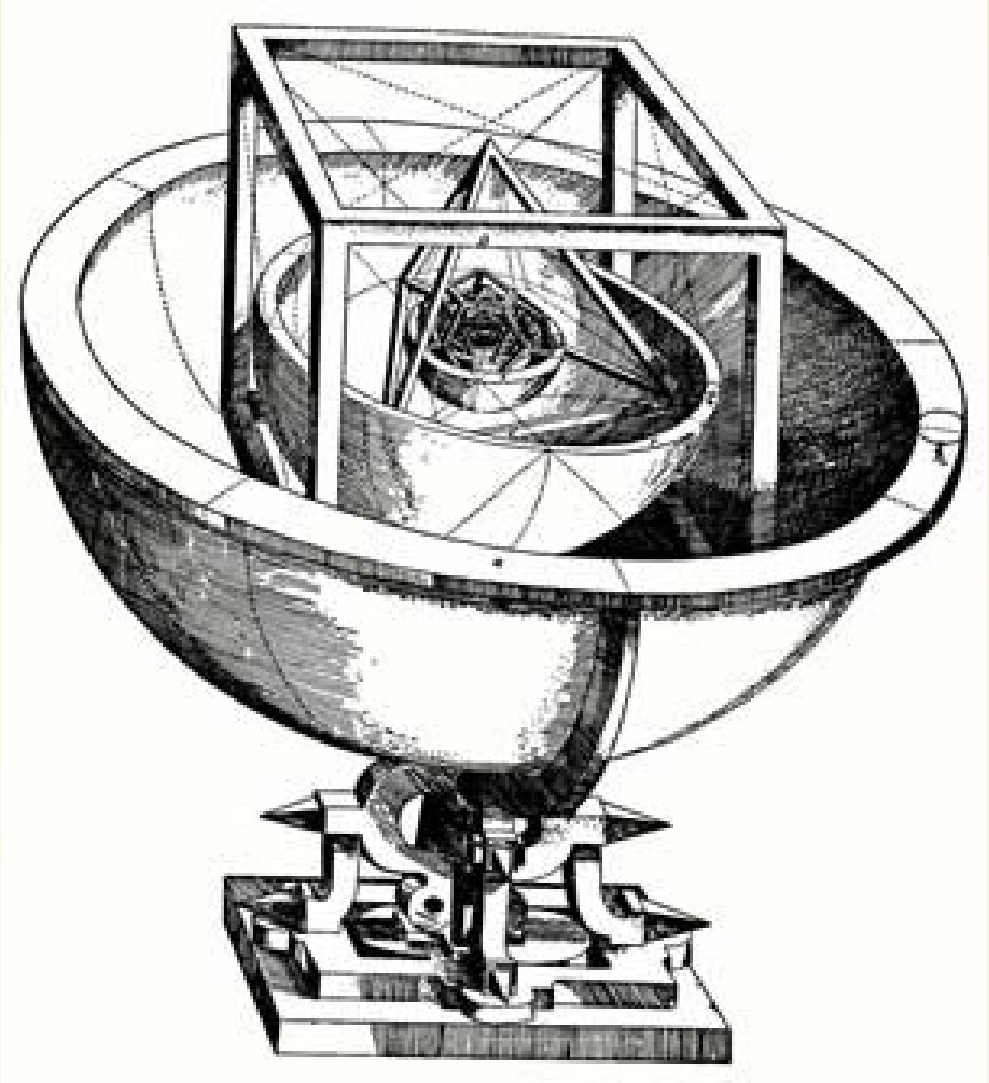
Kepler

a

Misztikus

persze Newton is

(alkímia, biblia kódja)

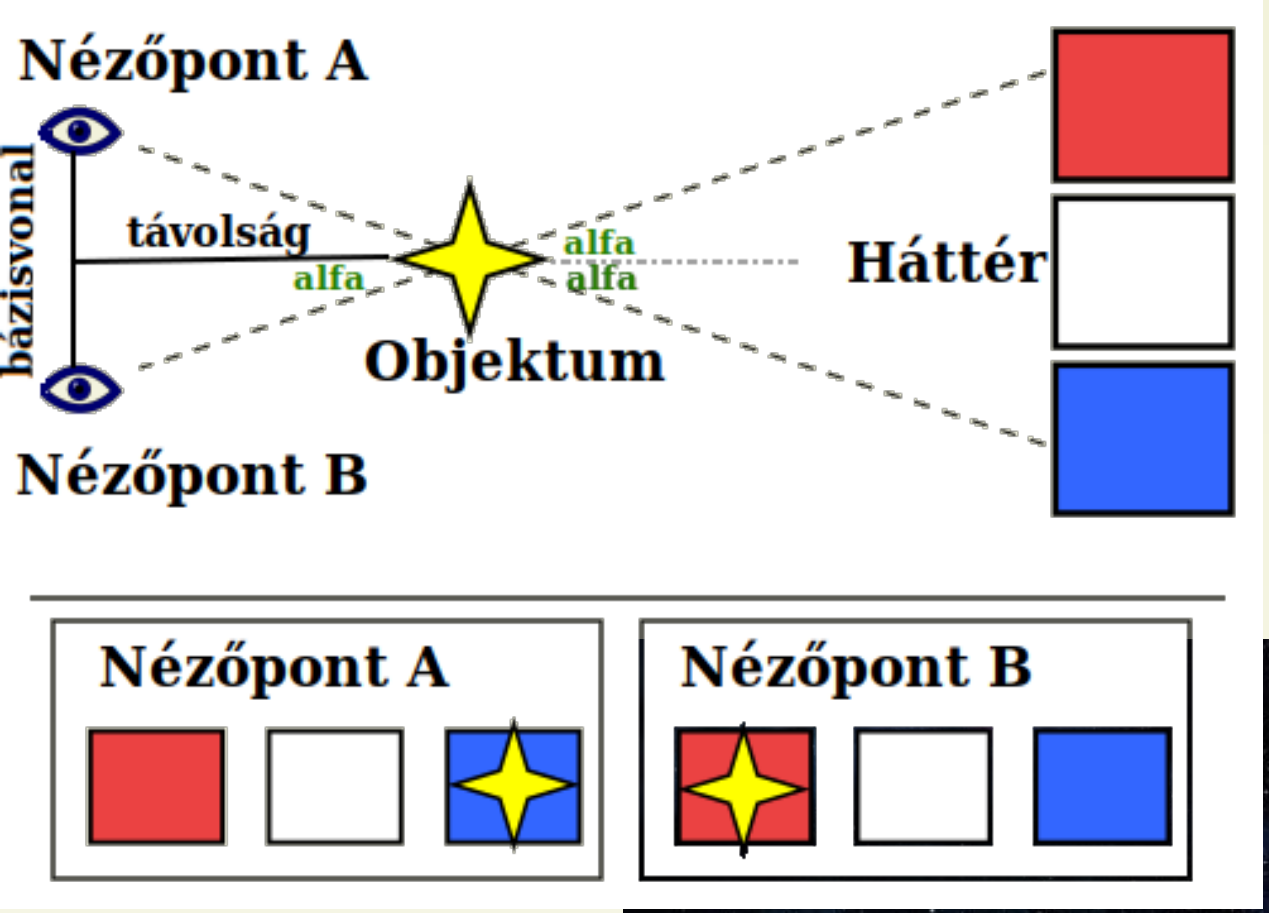


34000/15841-4/2019.

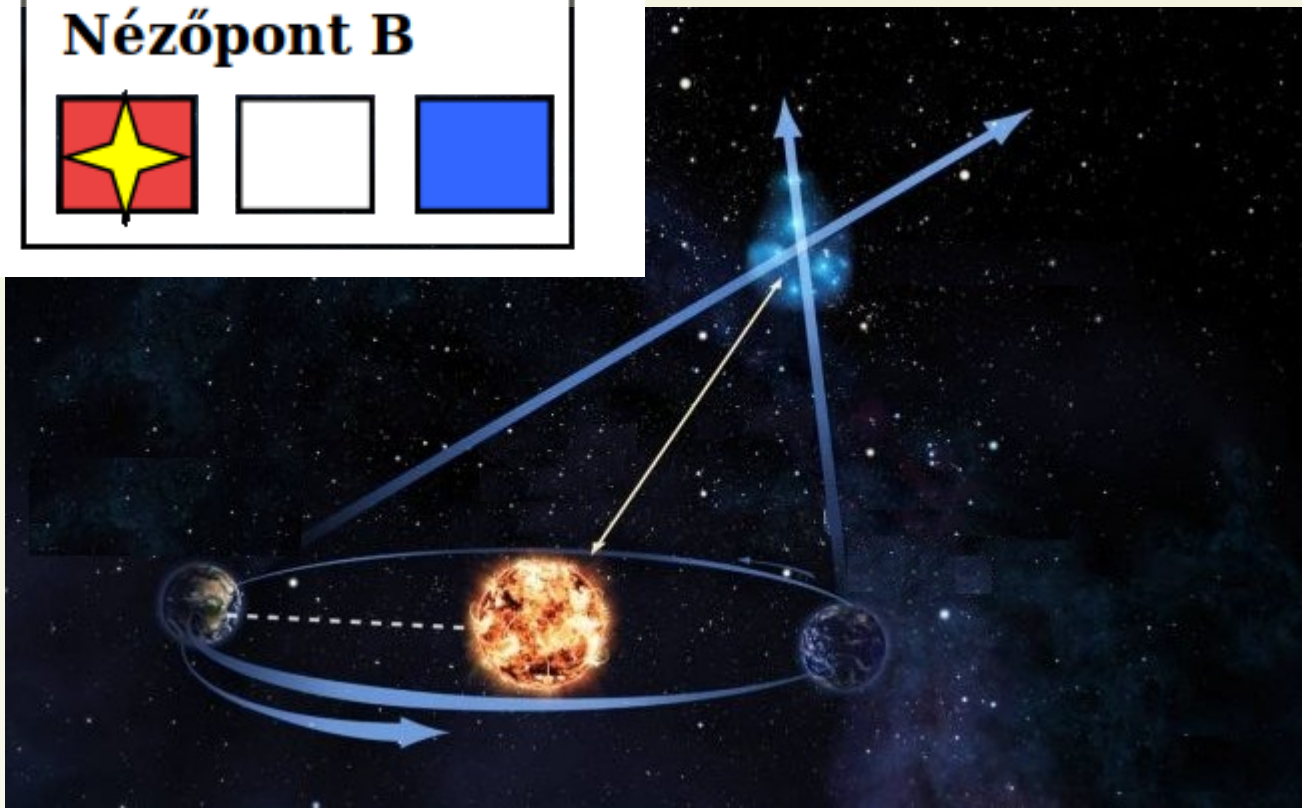
Galilei, Newton és a többiek (Mechanika)

az első parallaxis csak 1838, Bessel (61 Cygni)

de a csillagok sajátmozgása már 1718, Halley


Nézőpont A
bázisvonal
távolság
alfa
alfa
alfa
Objektum
Háttér
Nézőpont B
Nézőpont A
Nézőpont B

parallaxis

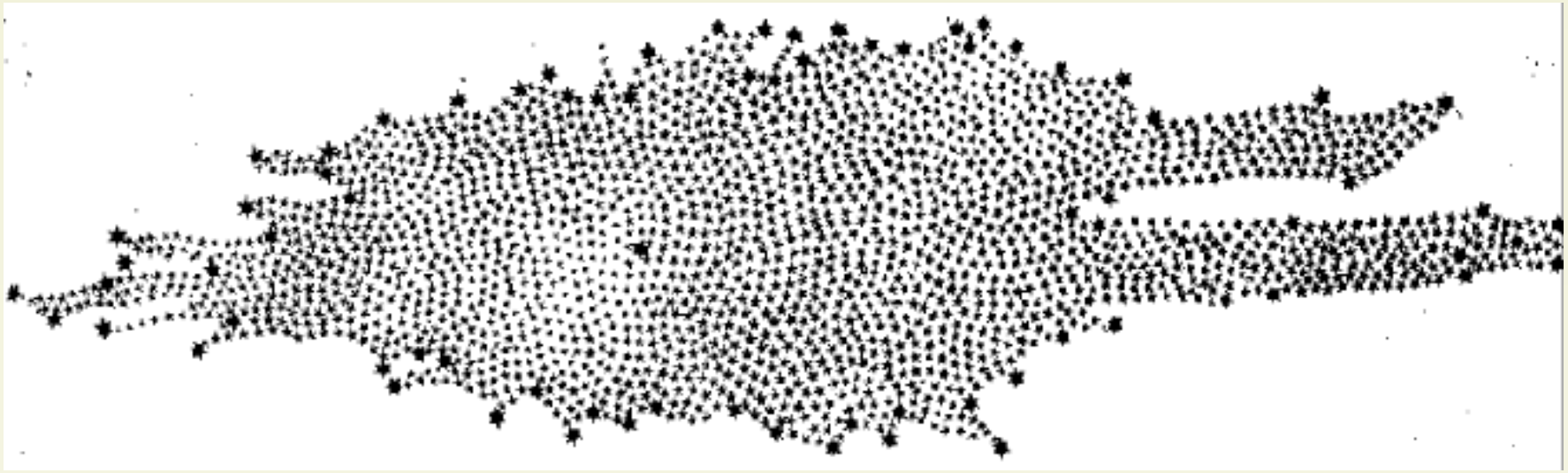


William Herschel

(1738-1822)

zeneszerző és csillagász

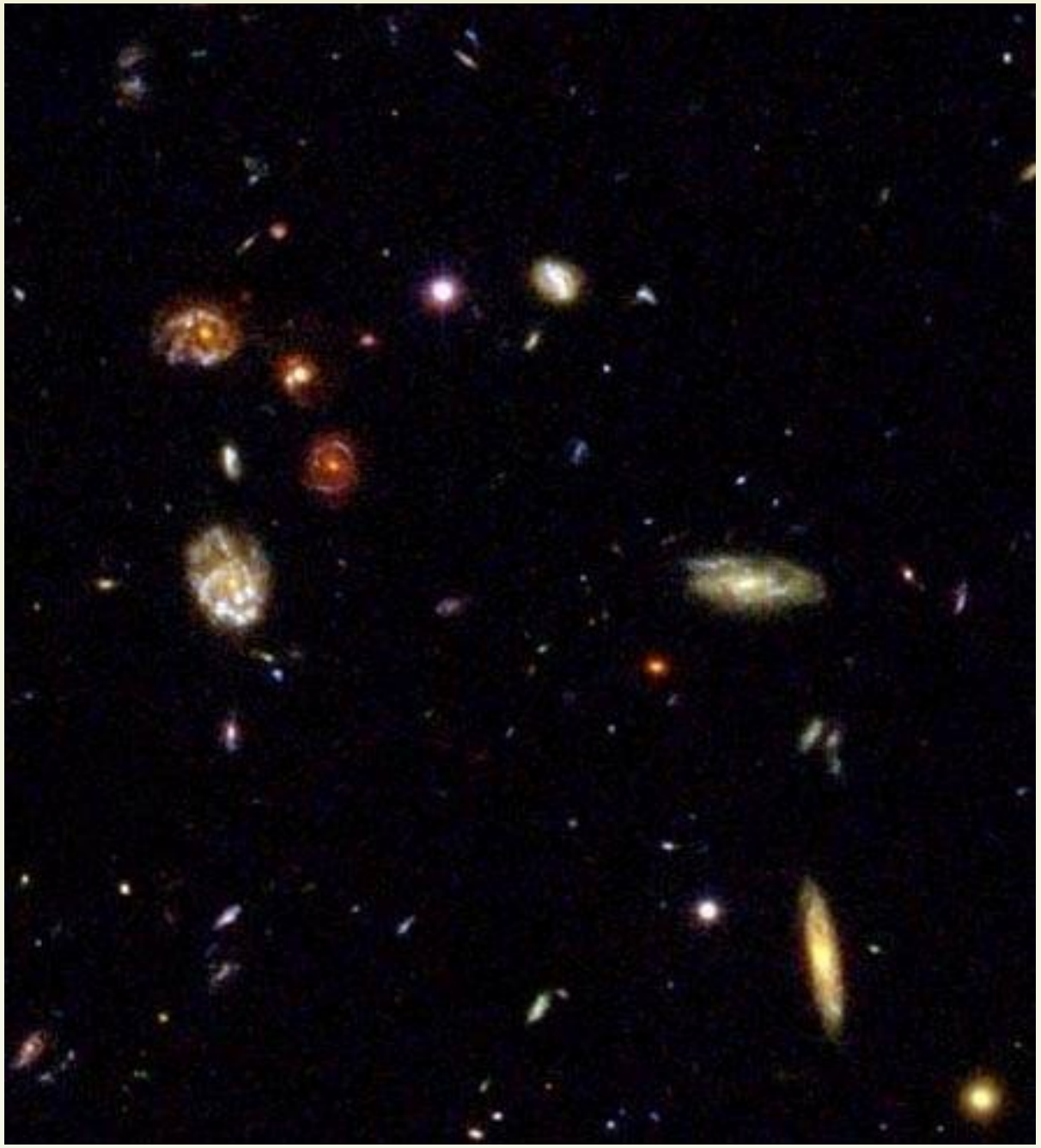
pl. infravörös csillag-számlálás



A csillagok eloszlása a térben Herschel csillagszámlálása szerint

Herschel, W. 1785, "On the Construction of the Heavens.” Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 75, 216-266.

Galaxisunk „rekonstruált” képe



Mik a spirál ködök? Még nincsenek fényképek!

Thomas Wright (1711-1786) angol földmérő mérnök több elméletet is gyártott a kozmoszról. Ezekről Kant egy újságcikkben olvasott.

1, Kant (1724-1804) úgy értette, hogy Wright csillagokból álló lapos korongnak gondolja a Tejútrendszert. 1755-ben A természet általános története és az égbolt elmélete című könyvében azt írja, hogy a spirális ködök nagyon távoli Tejutak. A könyv kiadója tönkre ment, a mű nagyrésze raktáron maradt.

2, Laplace, Pierre-Simon (1749-1827).

1796, Exposition du système du monde and the Mécanique céleste.

Anyagsűrűsödés, melyből bolygó és csillagok, pontosabban egy csillag keletkezik. Ez a nézet vált népszerűvé!

(Laplace csillagász (is) volt, Kant inkább filozófus)

Fényképezés:

Niépce (1765–1833) volt az első, de

1837 az első dagerrotípia, Daguerre (1787– 1851)

Az első csillagászati felvételt John William Draper (1811-1882) készítette a Holdról 1840-ben.

Spektroszkópia:

1802 Wollaston (1766-1828) a Nap fényében sötét vonalakat látott. A színek természetes határai!

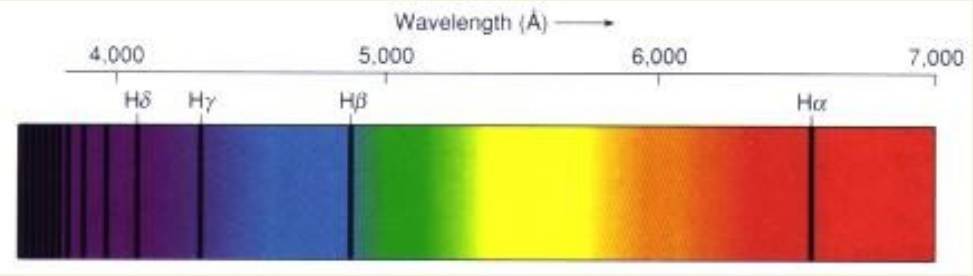
1815 Fraunhofer (1787-1826) ezt megcáfolta

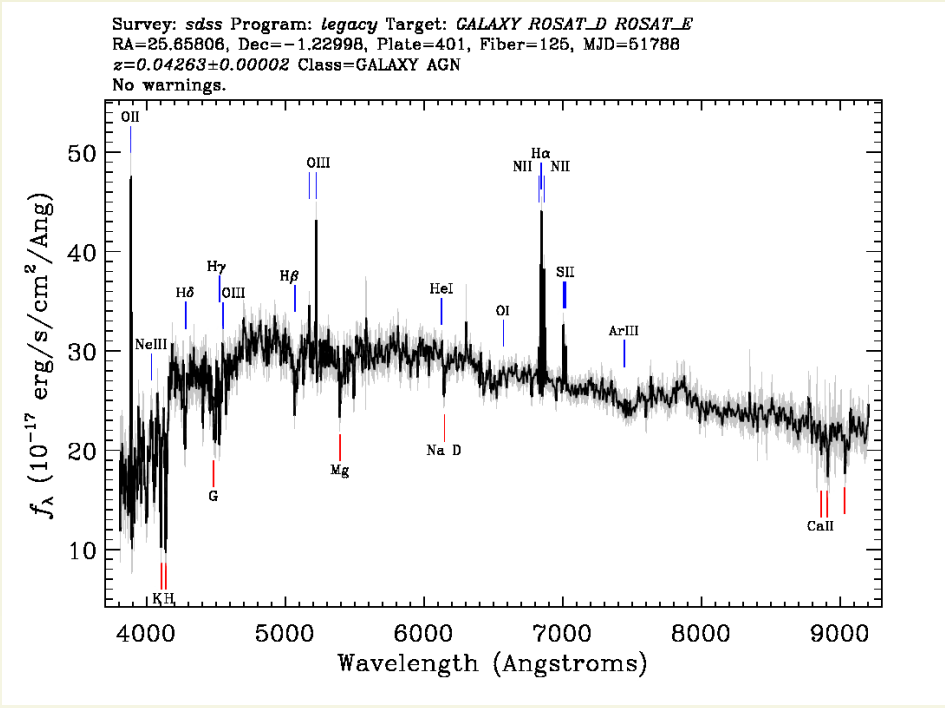
Fraunhofer prizma helyett diffrakciós rácsot használt a színkép tanulmányozásához (574 vonal)

Kirchhoff és Bunsen 1859-ben felfedezték a színképelemzést (gázok összetétele megállapítható)

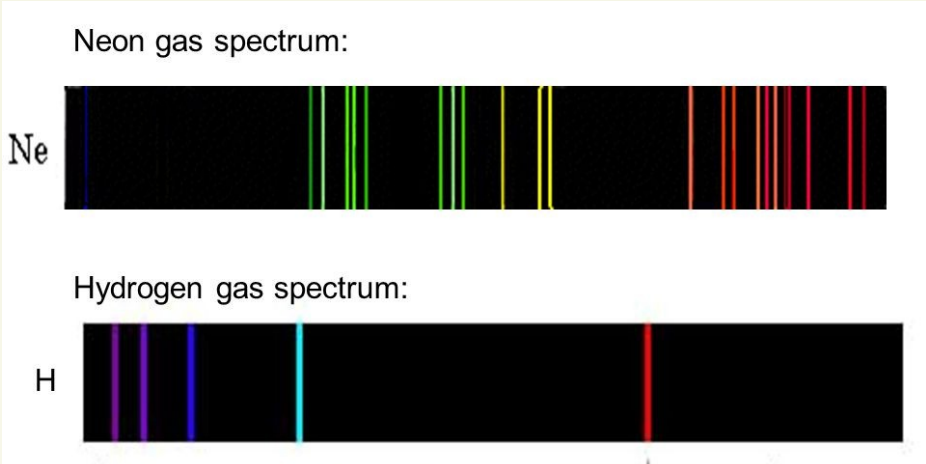
Spektrum

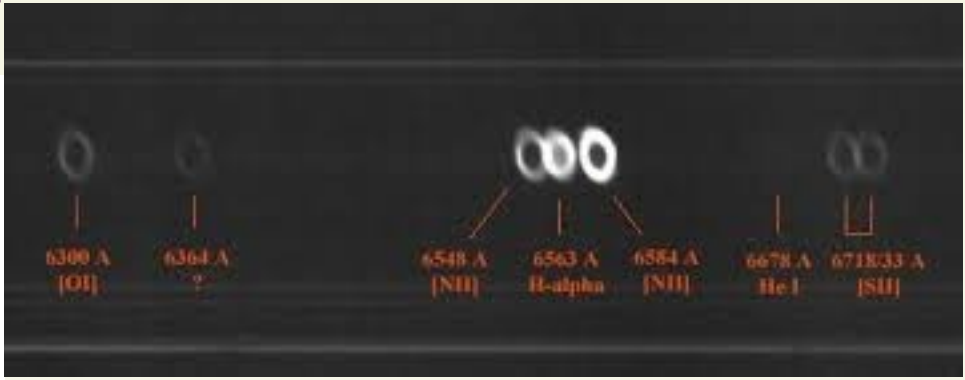
csillag, galaxis





gáz, gázköd





Kirchhoff megfigyeli a Nap színképvonalait.

Ezt tekintik az asztrofizika születésének.

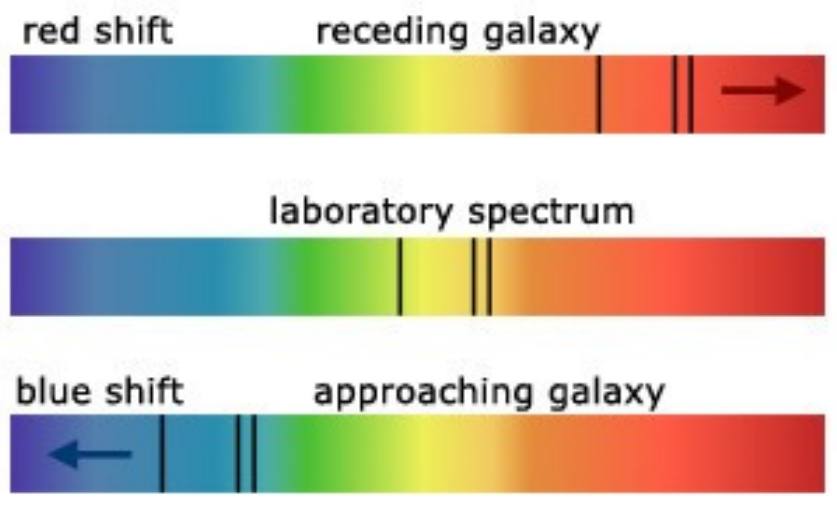
Az első felvételt csillag csillagszínképről (Szíriusz, Capella) **1863**-ban William Allen Miller (1817-1870) és William Huggins (1824-1910) készítette.

Az első mély-ég objektumról készített felvételt (Orion-köd) Henry Draper (1837-1882, John William fia) készítette **1880**-ban.

Eközben a laboratóriumi spektroszkópia is fejlődött. Megállapították, hogy hevített gázok színképében fényes vonalak vannak, azaz csak bizonyos frekvencián történik sugárzás.

Folytonos színképet gázon átengedve a folytonos színképből a gáz éppen a rá jellemző frekvenciákon elnyeli a sugárzást (sötét vonalak). A csillagok spektruma tipikusan ilyen.

Vöröseltolódás



- **1912 <u>Vesto Slipher</u>** felfedezi, hogy a fényes spirál „ködök” spektrumvonalai vöröseltolódnak, és extrém nagyok (6x-10x).

Égi objektumok fényességének a mérése: magnitúdó skála.

Görögök vezetik be: Hipparkhosz vagy Ptolemaiosz (vagy csak rájuk maradt hivatkozás). Leghalványabb csillag 6, legfényesebb 1.

Norman Pogson 1856-ban javasolta a logaritmikus skálát:
5 magnitúdó 100-as intenzitás faktor.
Tehát 1 mg különbség egyenlő 2,512-szeres intenzitás.

Leghalványabb szabadszemmel látható csillag 6,5-6,7 mg
Legfényesebb csillagok kb. 0 mg, de
a két legfényesebb: Canopus -0,7, Sziriusz -1,5
Szaturnusz kb. 1mg
Jupiter -2
Vénusz -4 -5
Hold -13
Nap -27

abszolút magnitúdó
10 parszekről a látszó
1 pc = 3,26 fényév

Tycho Brahe (1546-1601): *De nova stella. Új csillag.*

Röviden *nova*

1572 a Cassiopeia csillagképben - 4 mg
Publikálja, ettől lesz híres. (üstökös is)

Addig az eget, vagy legalábbis a csillagokat változatlannak gondolták.
Paradigmaváltás!

Utána több novát is felfedeznek, de szupernovát a XX. századig csak

1604 Kepler, Kígyótartó (Ophiuchus) csillagkép - 3 mg

1885 Hartwig (és mások) Andromeda-köd **+ 7 mg**
Gothard Jenő lefényképezte (egyedül a világon)

Cefeidák

1784 Edward Pigott felfedezi az Eta Aquilae fényváltozásait

1784 John Goodricke felfedezi a Delta Cephei változásait

Harvard, Pickering (1846-1919), számolók (computer)

1912 Henrietta S. Leavitt periódus-fényesség öfg.

- (1940-es évek Walter Baade 2 féle cefeida van.)

FONTOS tudni!

1920-ban ismert: $E=mc^2$, relativitáselmélet

Van: atommag (Rutherford, 1908), Bohr-modell (1913)

Nincs: kvantummechanika (1925-27), neutron (1932)

A XX. Század elején azt gondolták a csillagok és a Nap összetétele hasonló a Földéhez

1920 Saha egyenlet

e^- betöltöttségi arány

$$\frac{N_b}{N_a} = \frac{g_b e^{\frac{-E_b}{k_B T}}}{g_a e^{\frac{-E_a}{k_B T}}} = \frac{g_b}{g_a} e^{\frac{-(E_b - E_a)}{k_B T}}$$

1925 Cecilia Payne, később a legjobb PhD-nak mondják milliószor több a hidrogén a Napban mint gondoltuk

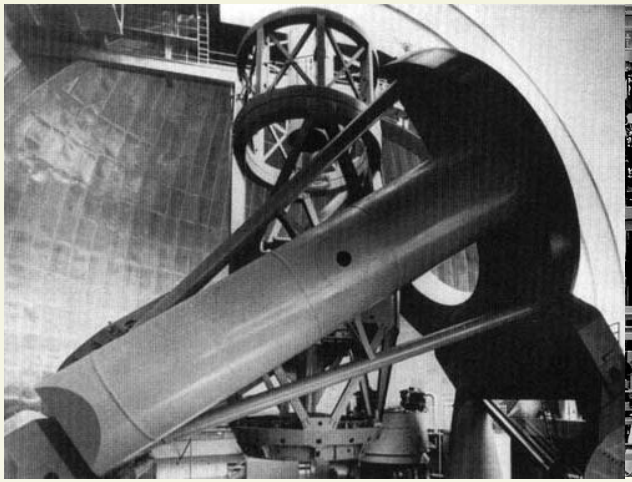
Russel tanácsára ezt az állítást kihagyja a téziseiből

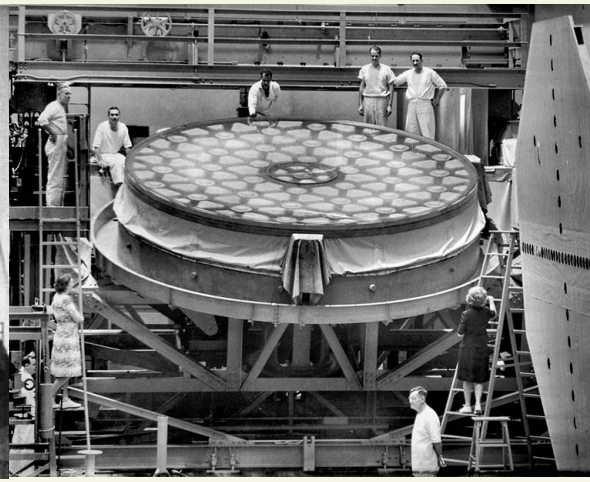
1929 Russell végre elhiszi és publikálja, bár a cikkben hivatkozik Payne-re, mindenki Russel cikkét idézi

George Ellery **Hale** (1868-1938) **a nagy távcsőépíttető**

a világ legnagyobb **lencsés** távcsöve (jelenleg is), Yerkes Obszervatórium 102 cm, 1897
a Wilson hegyi 1,5 méteres tükrös távcső (Hale távcső 60 inch) 1908
Wilson hegyi 2,5 méteres tükrös Hooker távcső (100 inch) 1917 (legnagyobb 1949-ig)
5 m tükrös (Hale távcső 200 inch) a Palomar hegyen 1949 (legnagyobb 1975/1993-ig)

Apja William Ellery Hale (aki felvonók gyártásából gazdagodott meg) tiszteletére felajánlást tett a Nemzeti Tudományos Akadémián tartandó előadásokra





Hale két témát javasolt: 1, a sziget csillagvilágok témája,
2, a relativitáselmélet. Charles Greeley Abbottal (1872-1973) az akadémia titkárjával (home secretary) történt egyeztetés után a cím:

A Világegyetem mérete The Scale of the Universe

Shapley, Curtis

két előadás (40 - 40 perc)

a National Academy of Sciences, Washington-i

1920. április 26-i

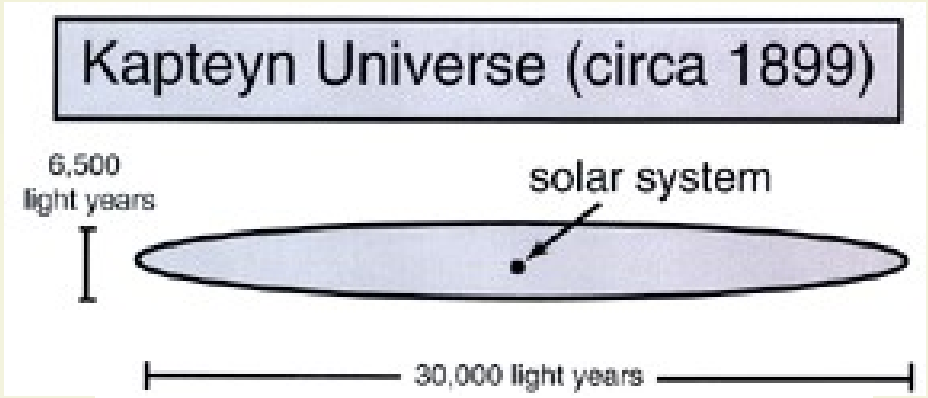
ülésén

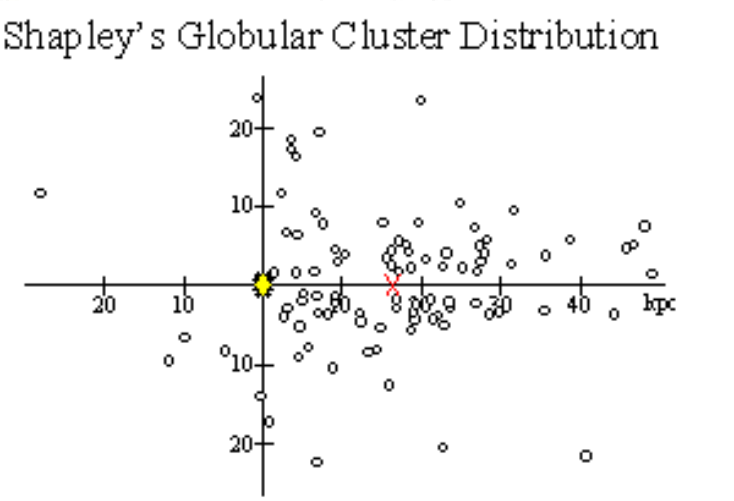
The Scale of the Universe

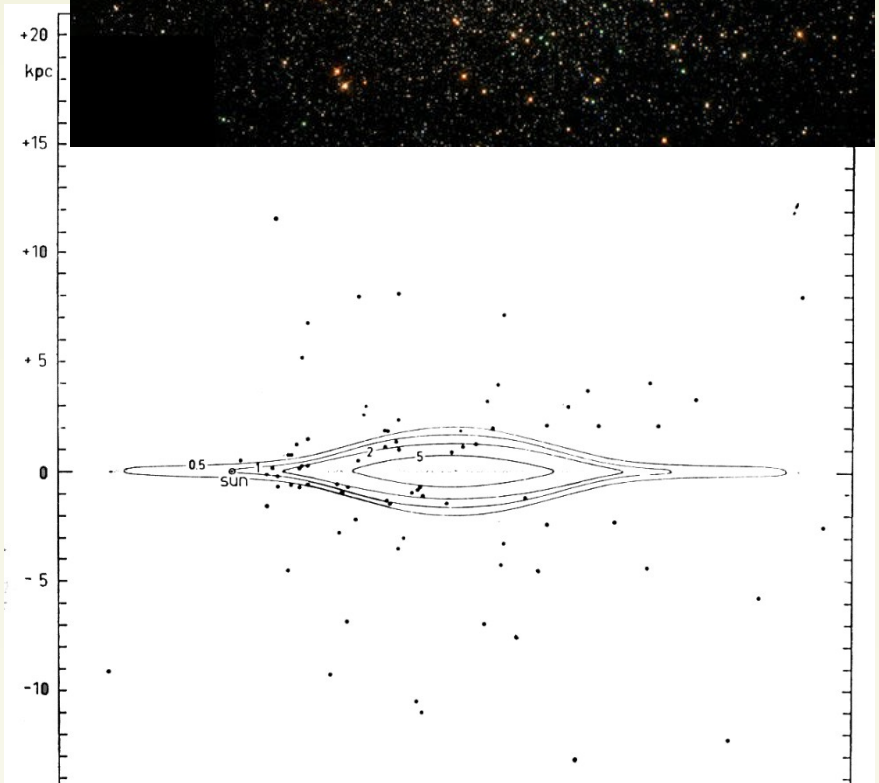
A Világegyetem mérete címmel

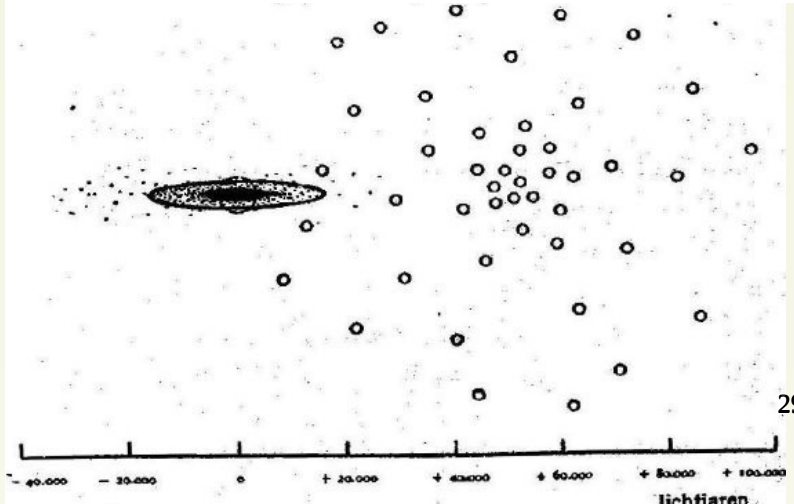
Világegyetem, akkor a Tejútat jelentette.

Gömbhalmazok









Shapley:

A gömbhalmazok B típusú csillagai abszolút magnitúdója 0 körüli.

hasonlóan a Nap közeli késői-B és korai-A csillagokhoz

Curtis:

valami probléma van az adatokkal, mert a Naprendszerhez közeli legfényesebb kék csillagok fényesebbek, mint a legfényesebb vörös csillagok, míg a gömbhalmazokban ez fordítva van.

A cefeidák jó távolságindikátorok (?)

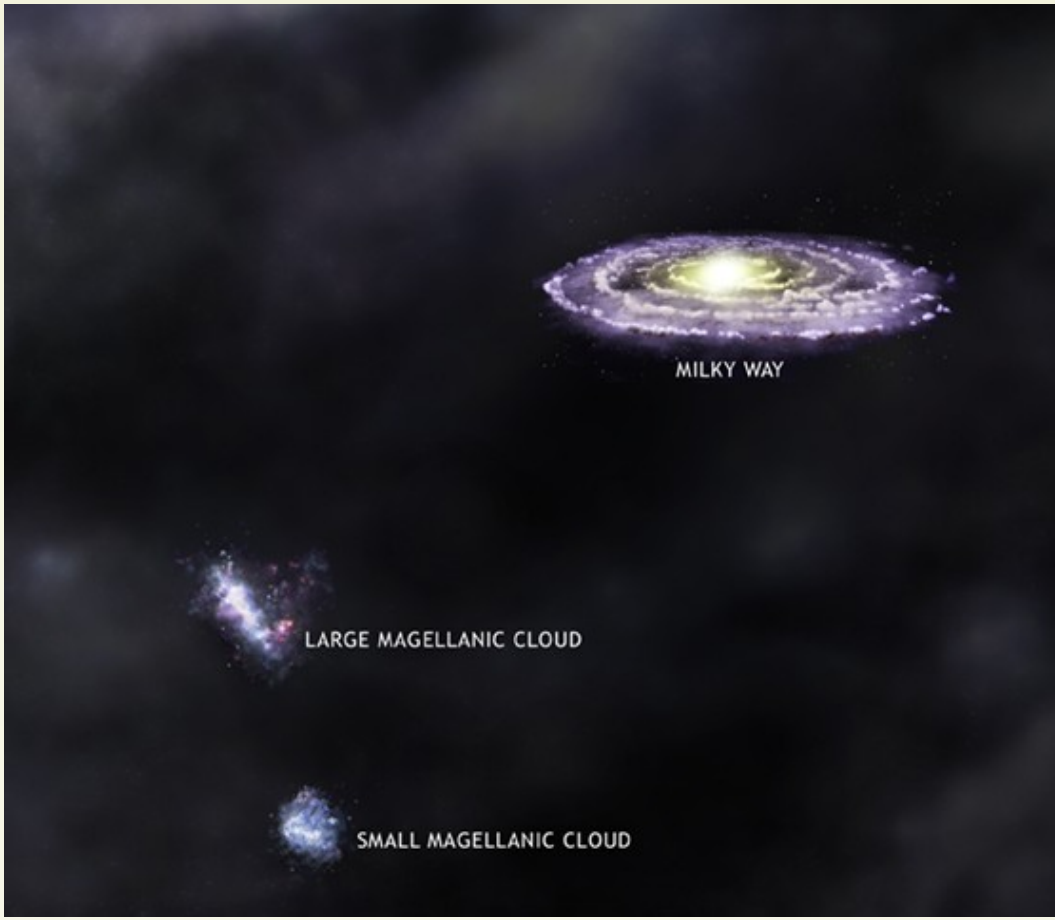
Shapley:

Szerint igen.

De kalibrálni kell!

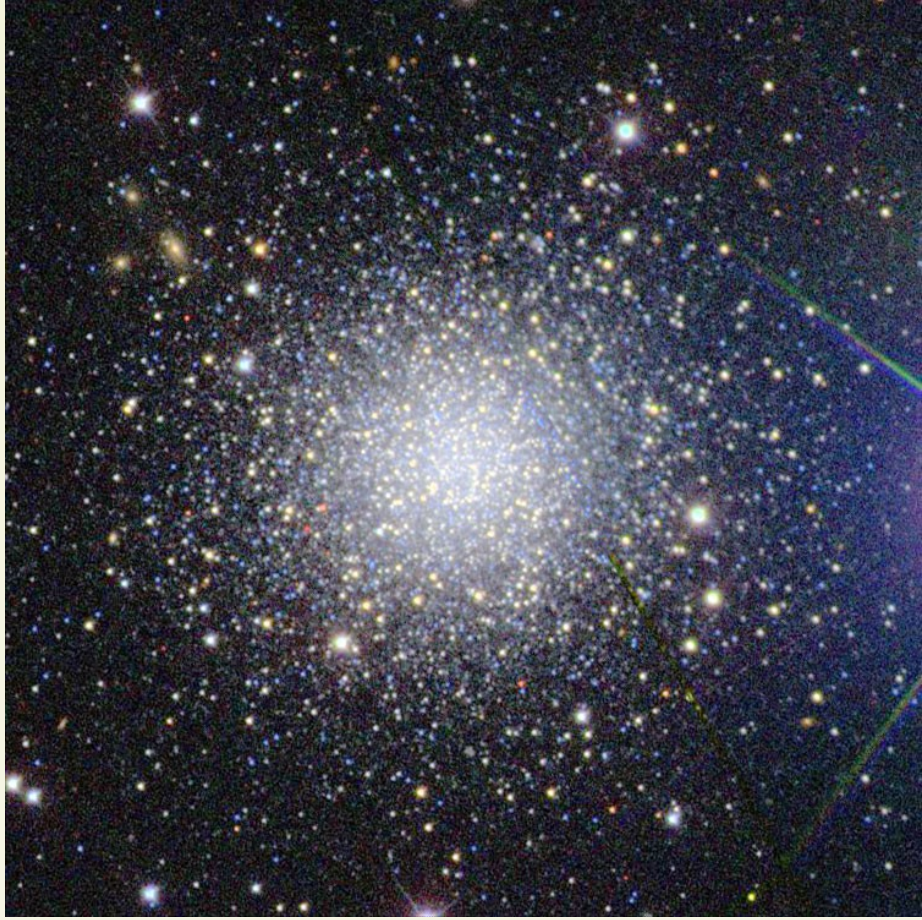
Curtis:

a galaktikus cefeidáknál nem bizonyított a periódus-luminozitás reláció. Több adat kell!



A spektrális jegyek segítségével meg lehet különböztetni az ugyanolyan színképosztályba tartozó, de más abszolút fényességű csillagokat.

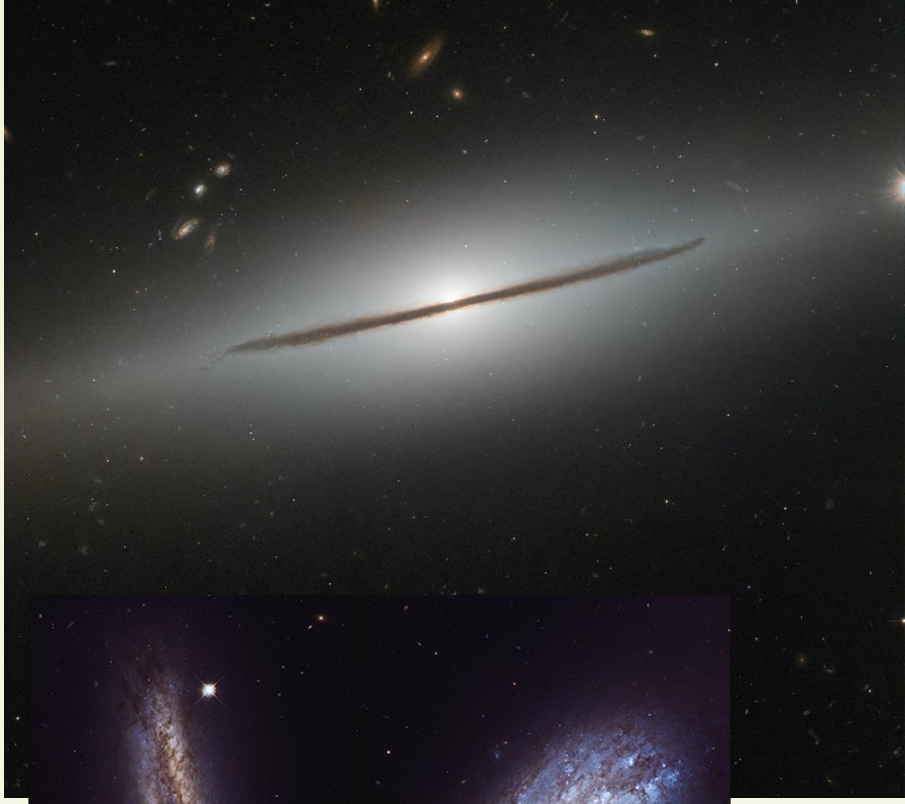
Halmazoknál sokat segít a **statisztika**



Shapleynek ebben is igaza volt.

Curtis a csillagszámlálásokra hivatkozva állította, hogy a Tejútrendszer (relatíve) kicsi. Curtis szerint a spirál-ködökben megfigyelt por csak *a csillagkorongon kívül* található, ezért a csillagok között nincs jelentős por.

Shapley erről a témáról nem beszélt, talán azért, mert ő gömbhalmazokkal kapcsolatos elemzései során szintén elhanyagolta a csillagközi elnyelést.



Ebben mind a ketten tévedtek.

Trumpler méréseiből később kiderült

(Trumpler, 1930)

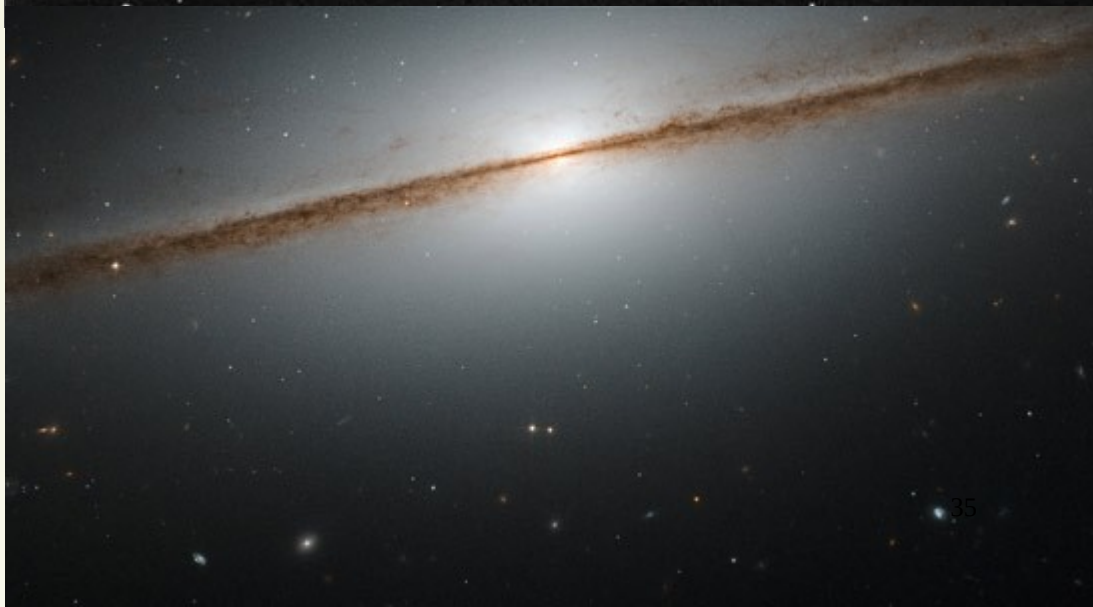
a galaktikus síkban a por és ez által az elnyelés jelentős, és így fontos tényező.

A spirál-ködök égi eloszlása.

Mint köztudott a Tejút síkjában alig-alig látunk spirál-ködöket, míg a galaktikus pólusok környezetében hemzsegnek.

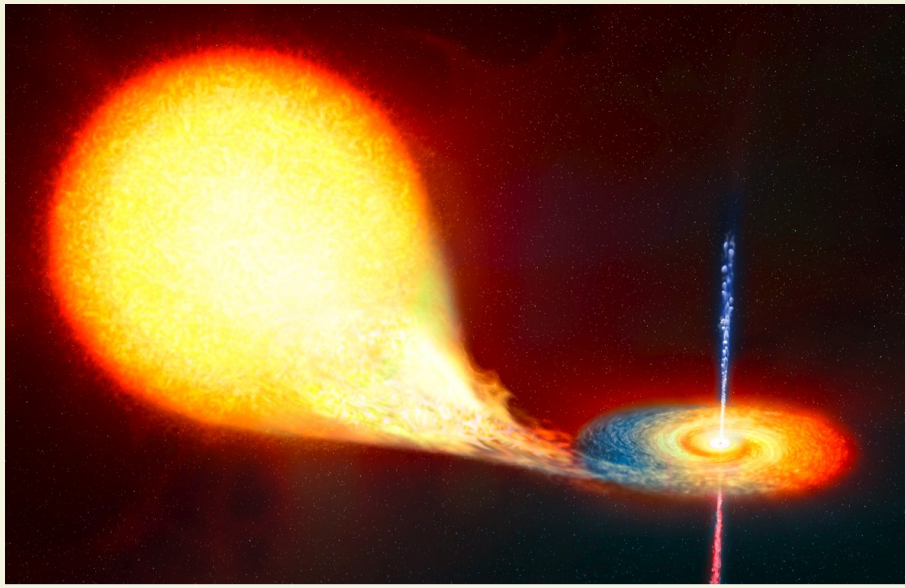
Simon Singh állításával ellentétben Shapley nem beszélt erről a témáról (Singh: A nagy BUMM).

Curtis szerint semmi nem zárja ki, hogy úgy, mint más spirál-ködök esetében a galaktikus lemezen kívül egy porgyűrű legyen, ami megakadályozza a távoli halvány ködök megfigyelését.



Curtis nem járt nagyon messze a valóságtól, de elvétette a lényeget, hogy a porködök a csillagokkal *összekeveredve* a Tejútrendszer részei.

Nóvák. Mit tudunk most.



klasszikus nóvák

1000-1millió év két kitörés között fényességnövekedésük 9-19 mg

ismétlődő nóvák

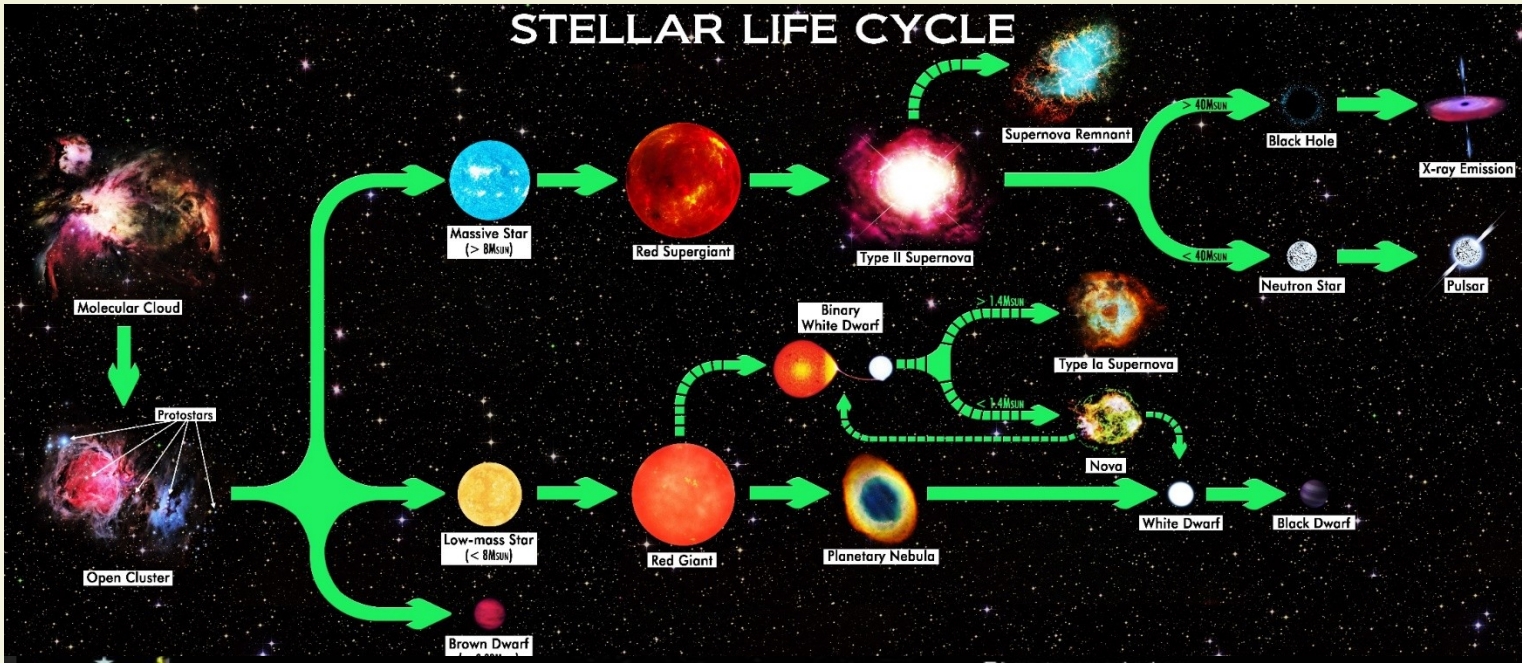
10-100 év telik el két kitörés között, fényességnövekedésük 7-9 mg

törpe nóvák

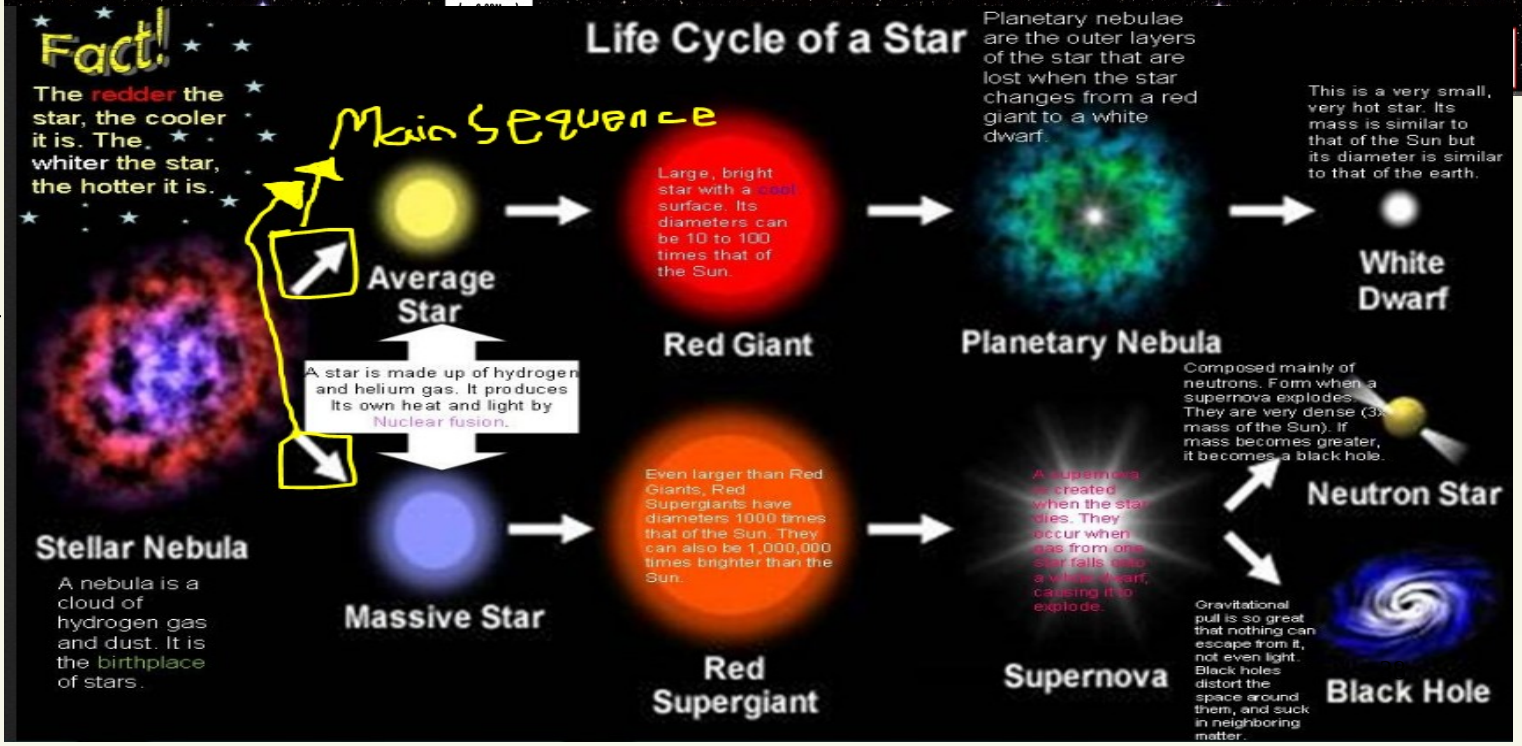
10-200 nap a kitörések között, fényességnövekedésük 6 mag

Szupernóvák. Csillagok végső fellángolása.

Csillag-fejlődés



Csillagok élete



szupernóvák

utólagos azonosítás:

SN 185, -4 mg

SN 386, 1,5 mg

SN 393, 0 mg

SN 1006, -7 mg

SN 1054, -6 mg

SN 1181, 0 mg

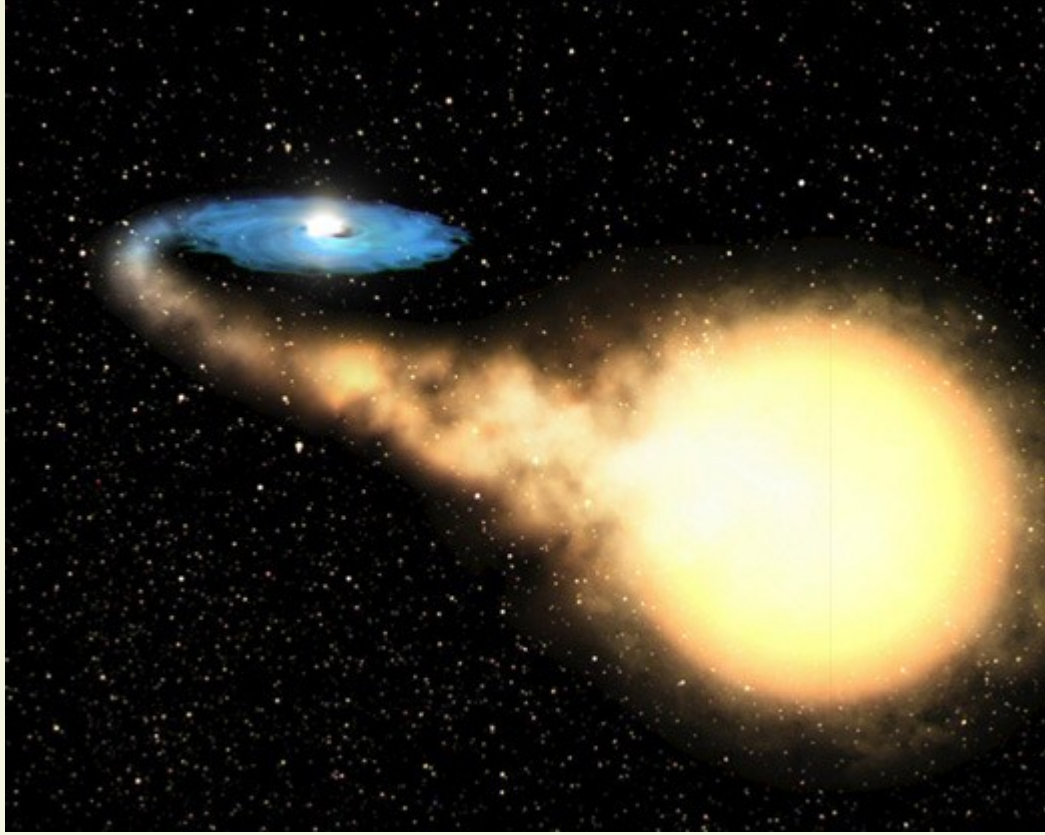
Felfedezés:

SN 1572, Tycho, -4mg, 3kpc

SN 1604, Kepler, -3mg, 6kpc

A Tejútrendszerben nincs azóta

SN 1885A, Andromeda, +7mg



nóvák

1612	1673	1783	1853
1670	1678	1848	1854

1854	1876	1901	1919	1927
1860	1877	1903	1919	1927
1860	1887	1905	1920	1933
1862	1891	1910	1920	
1863	1898	1912	1923HubbleM31	
1866	1899	1918	1925	

Mindkét előadó egyetértett azzal, hogy nóva, figyelhető meg a Tejútban és a spirál-ködökben.

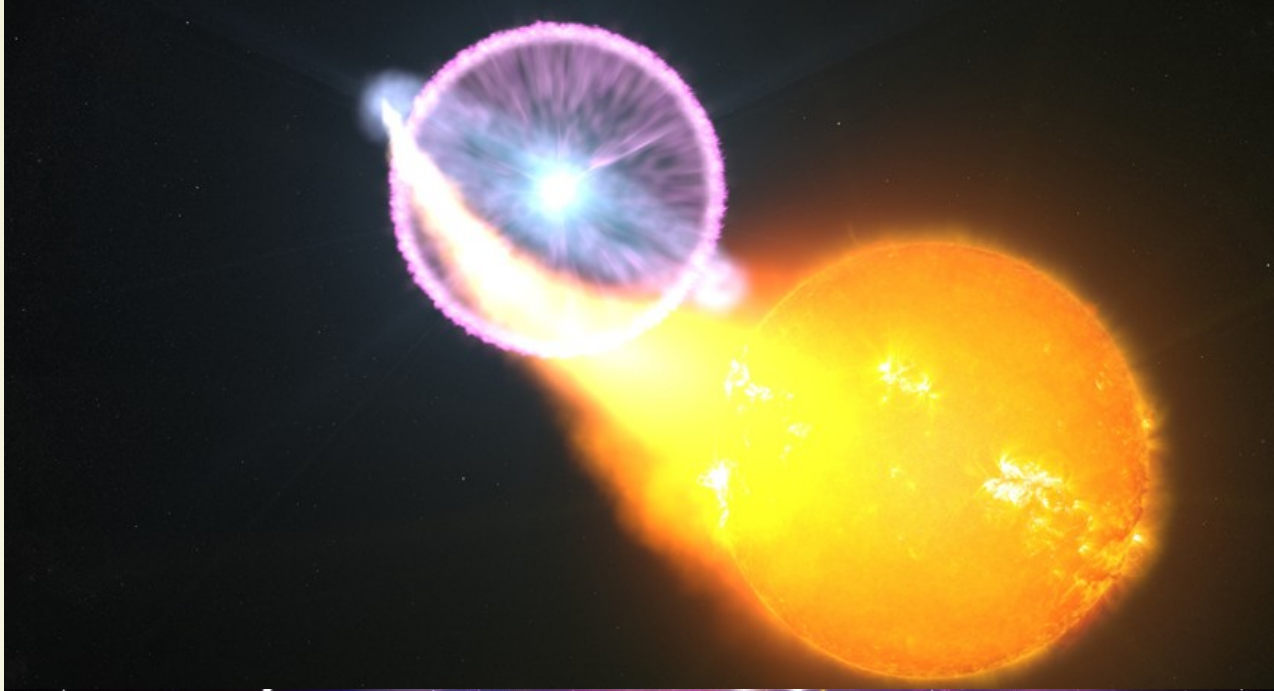
Shapley: a feltételezés, hogy a spirálisok galaxisok, elfogadhatatlanul nagy fényességet eredményezne e csillagoknak.

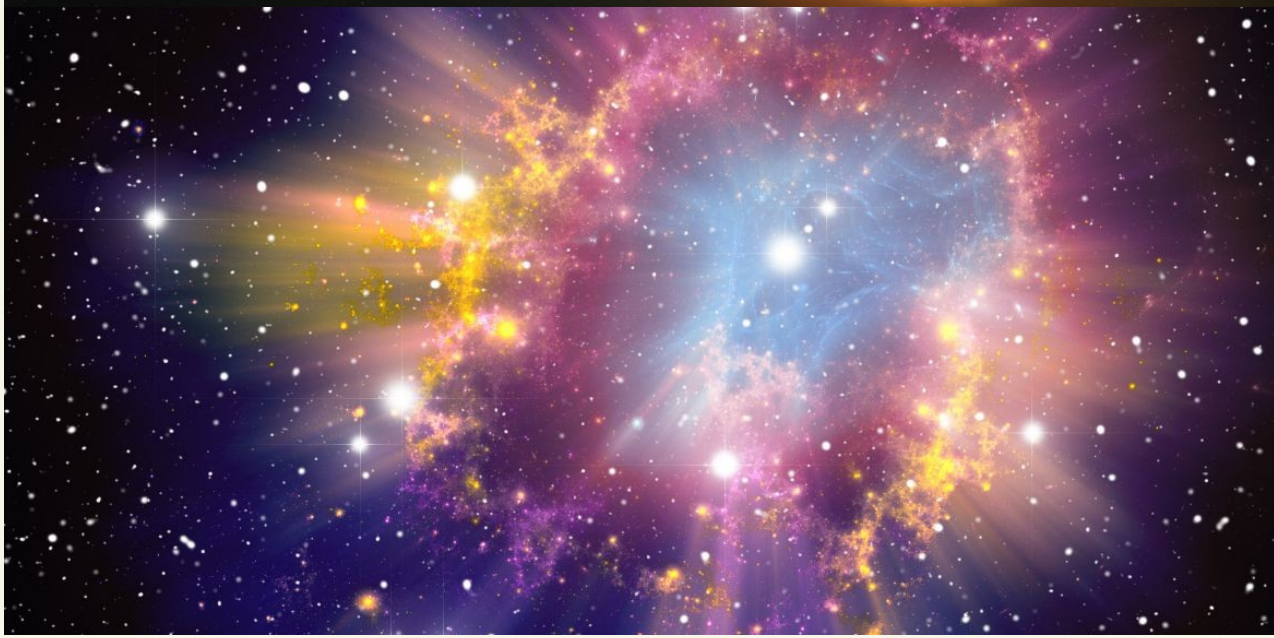
Curtis: a Tejútrendszer azonban sokkal kisebb, így a spirál-ködök is, vagyis nincs gond a közelebbi, de Tejúton kívüli hasonló méretű galaxisokkal és a nóvákkal.

Elismerte, hogy az 1885-ben megfigyelt S Andromedae csillag fényesebb, mint az átlag nóva, illetve a Tycho féle 1572-ben megfigyelt is hasonló lehetett. Szerinte nem kizárt, hogy kétféle nóva típus létezzen. Helytelen feltételezésből (a Tejút kis mérete) helyes sejtésre jutott.

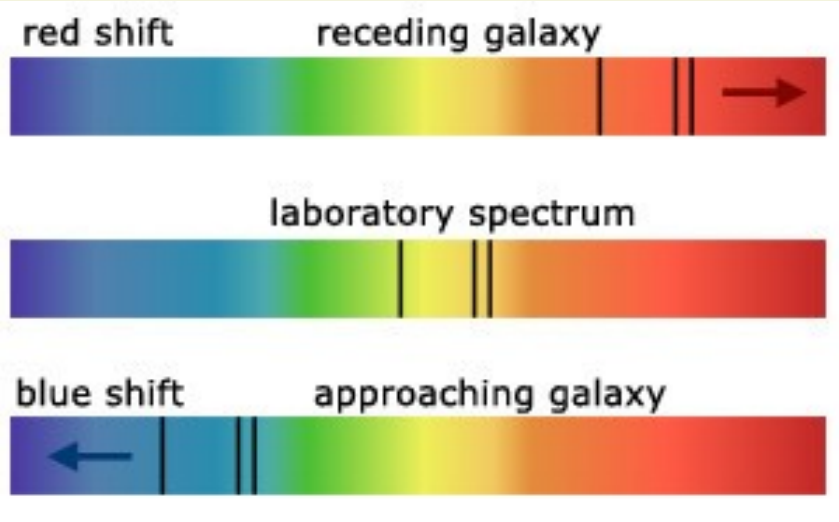
Megjegyzés: a nóvák kalibrációjánál négy megfigyelt esemény volt. Ezt a kalibrálást Curtis hajlandó volt elfogadni, míg hasonló kalibrálást a galaktikus cefeidák esetében nem.

1933-ban Baade és Zwicky alkotta meg a szupernóva szót és egy új osztályát a nóváknak



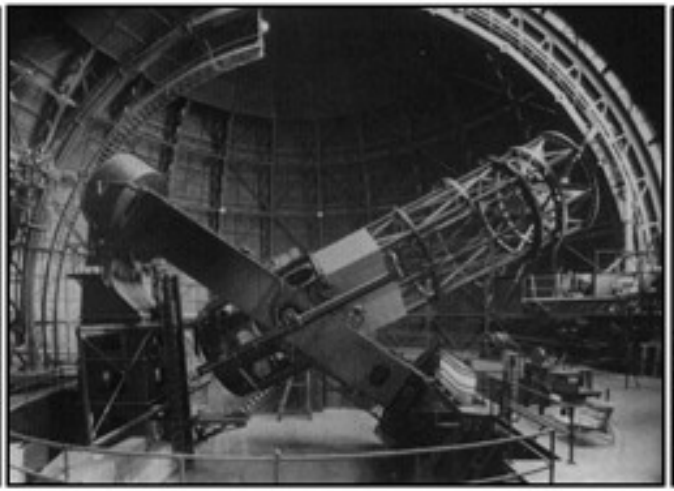


Doppler-jelenség



1912 Vesto Slipher felfedezi, hogy a fényes spirál „ködök” spektrumvonalai vöröseltolódnak, és extrém nagyok. 1912 és 1917 között 25 spirális ködnek mérte meg a radiális sebességét. 1925-re ez a szám már 45-re növekedett. Átlagos radiális sebességnek a megszokott többszörösét kapta, nagyjából 650 km/s-ot. De mért 1600 km/s értéket is.

Edwin Hubble
1889 – 1953



100 inch Mt Wilson Telescope

Milton Humason
1891 – 1972

Egyikük se tudott helyes magyarázatot adni.

Hubble és Humason megfigyelései adják meg a választ az 1920-as évek végén.

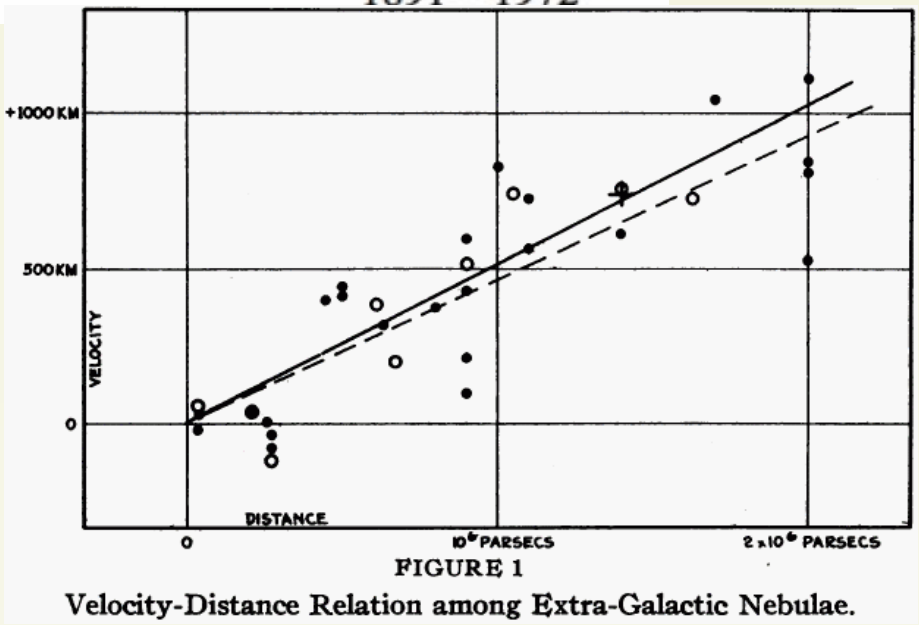


FIGURE 1
Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

táguló Világegyetem

Shapley: a spirál-ködök központjának a fényessége sokkal fényesebb, mint azt a Tejútban mérjük.

Curtis nem szól

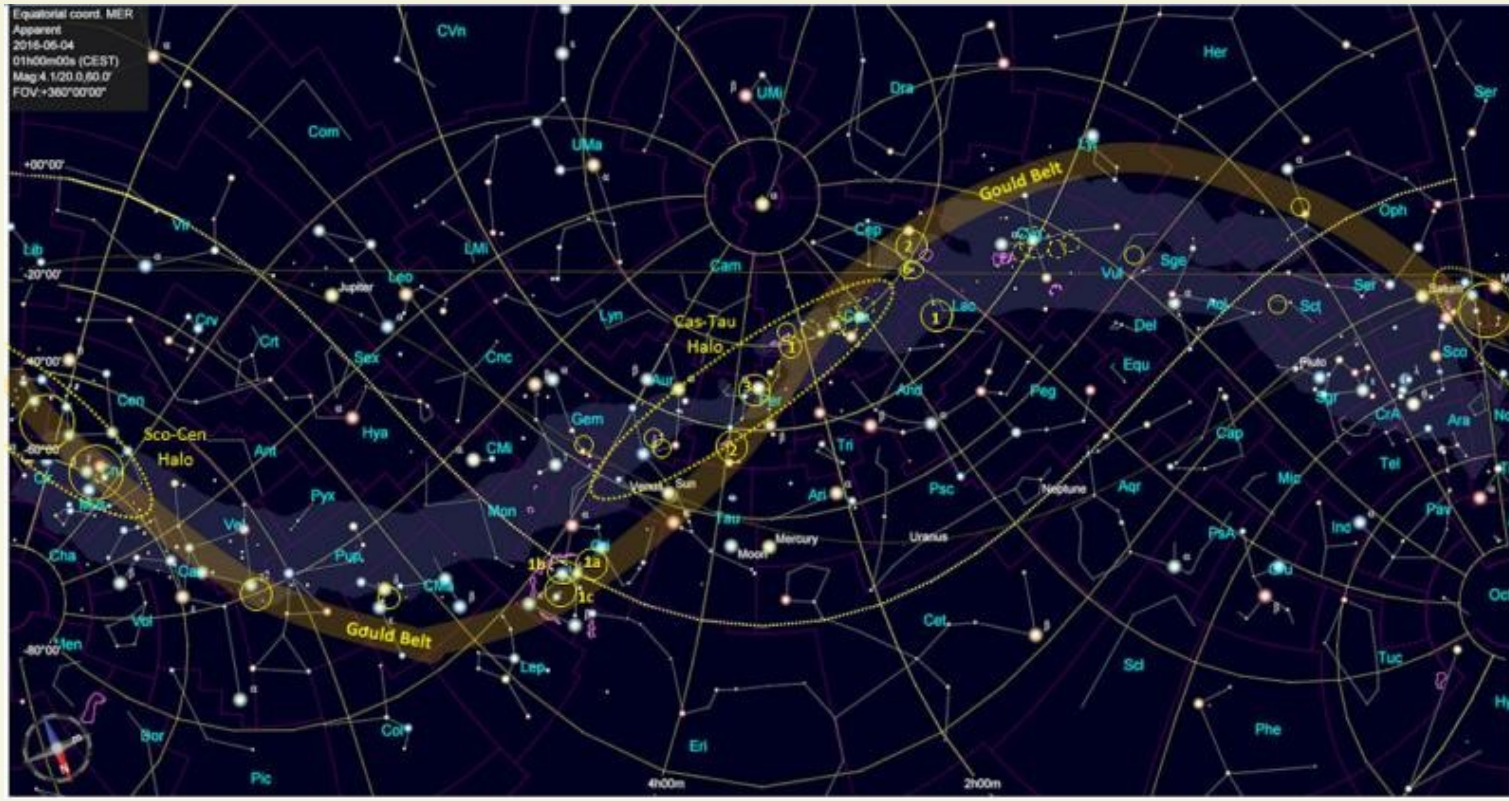
Shapleynek igaza volt a mért adatokban, de a magyarázata helytelen volt.

A magyarázat itt is a **csillagközi anyag elnyelése**.

A Napunk a galaxis centrumában van?

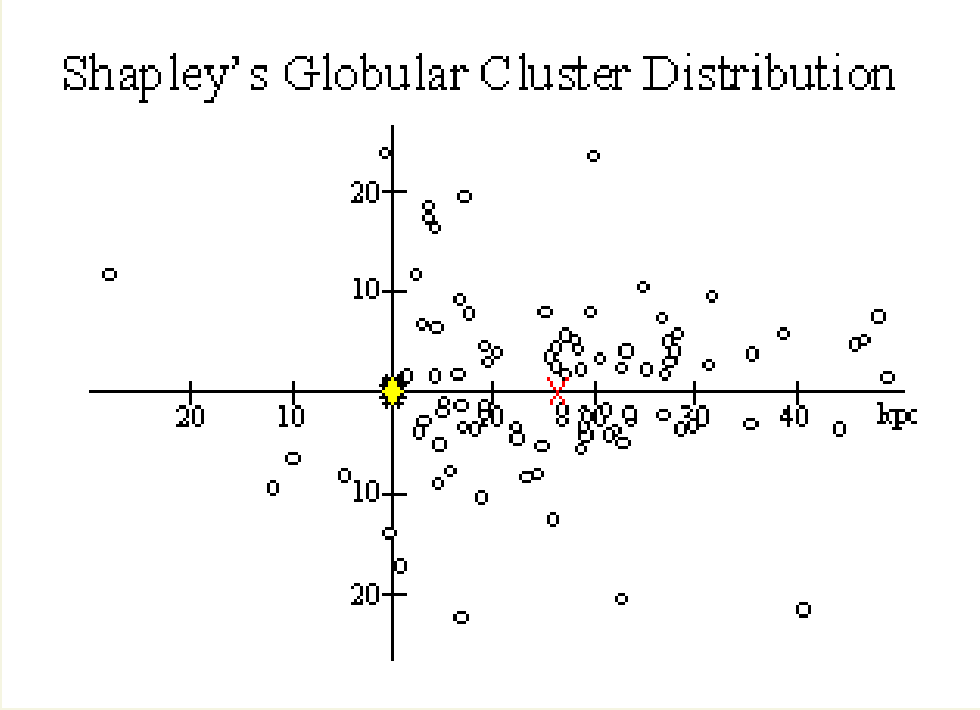
Nem csak Curtis, hanem sokak szerint:

igen

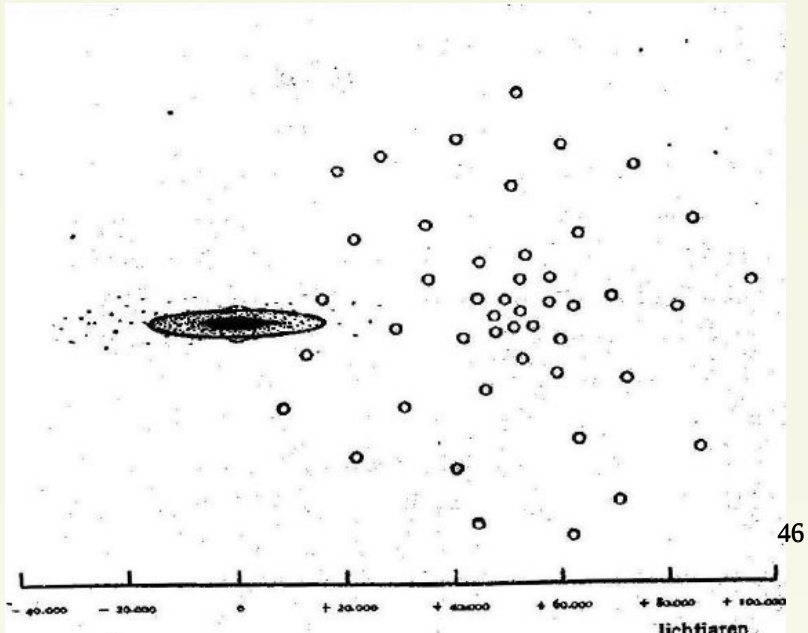


Shapley szerint nem. Szerinte a ma Gould-övnek nevezett csillagcsoportosulás becsapta a többieket.

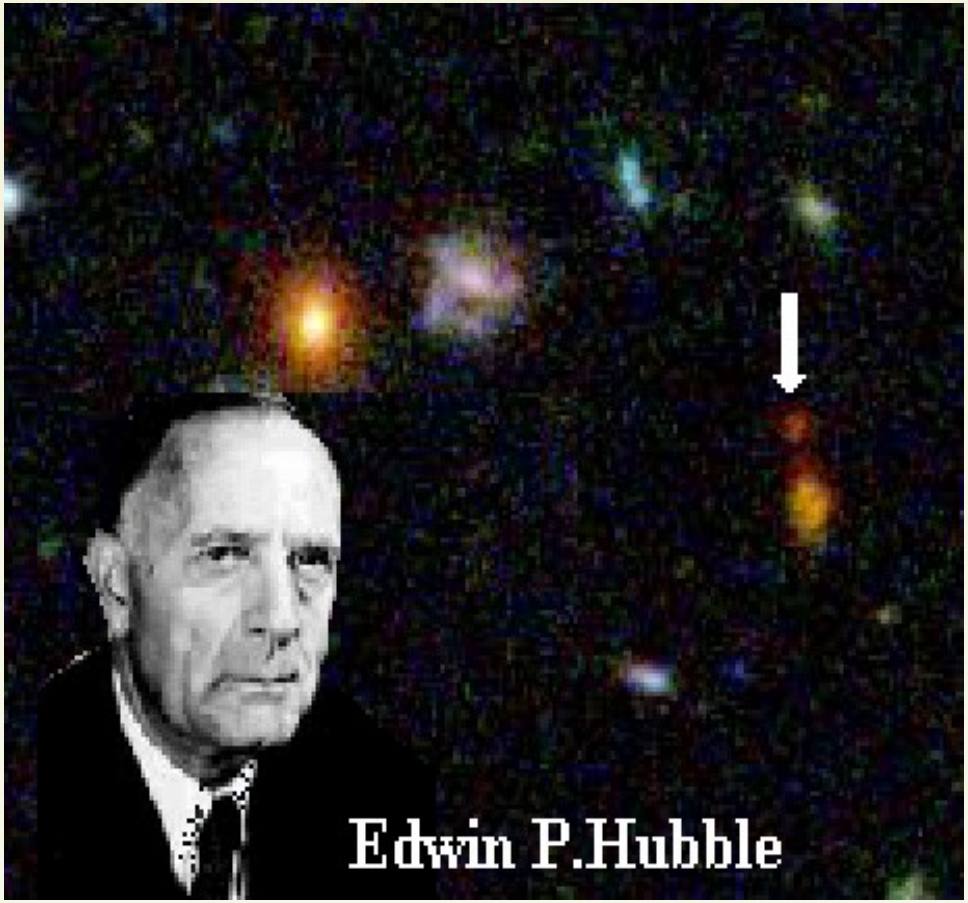
Gömbhalmazok



Shapley



Köszönöm a figyelmet

Andromeda galaxis

Hubble 1923-ban kimutatja, hogy az Androméda köd minden kétséget kizáróan Tejútrendszeren kívüli objektum