
Határtalan
(?)
Világegyetem



Határtalan (?) Világegyetem

Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2019. 01. 17.



Határtalan (?) Világegyetem

Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2019. 01. 17.

Ősi kérdések

Vajon mekkora a világ?

Véges vagy végtelen?

Ha nincs vége,
hogyan lehet ezt elképzelni?

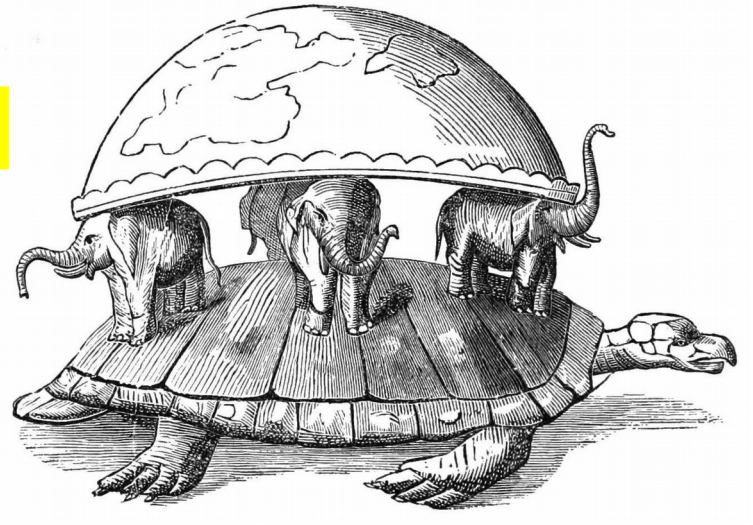
Ha vége van,
mi lehet azon túl?

Véges vagy végtelen térben és/vagy időben?



Én fölnéztem az est alól
az egek fogaskerekére
(J.A:)

Ősi válaszok









Unortodox válaszok



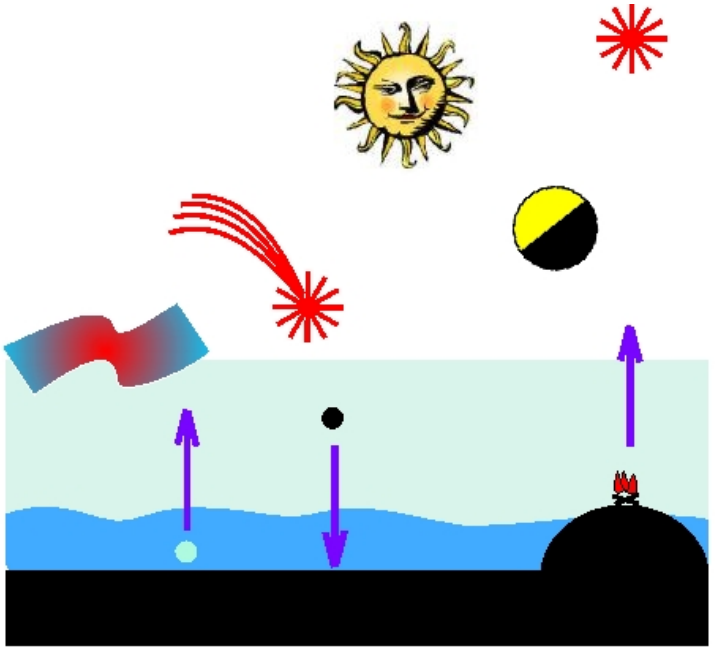
Az első komoly tudományos elmélet

Az ókori görögök „fizikája” és kémiája

és kozmogóniája



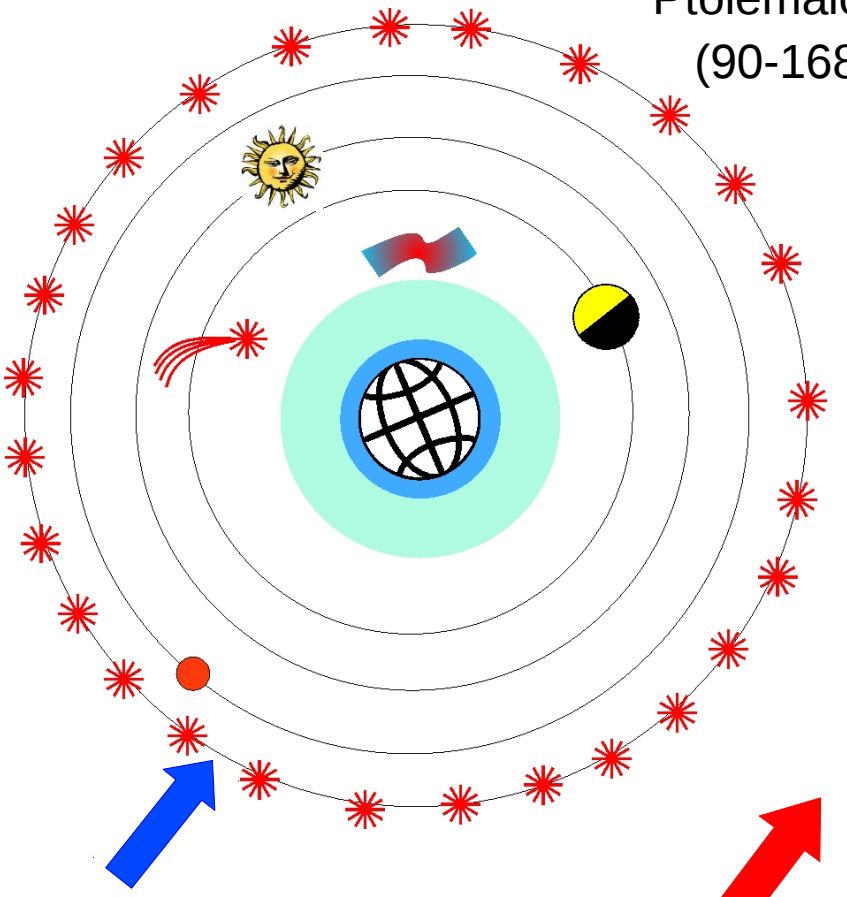
Ptolemaiosz
(90-168)



a testek természetes állapota

a Földön
a NYUGALOM

az égen
az egyenletes
körmozgás



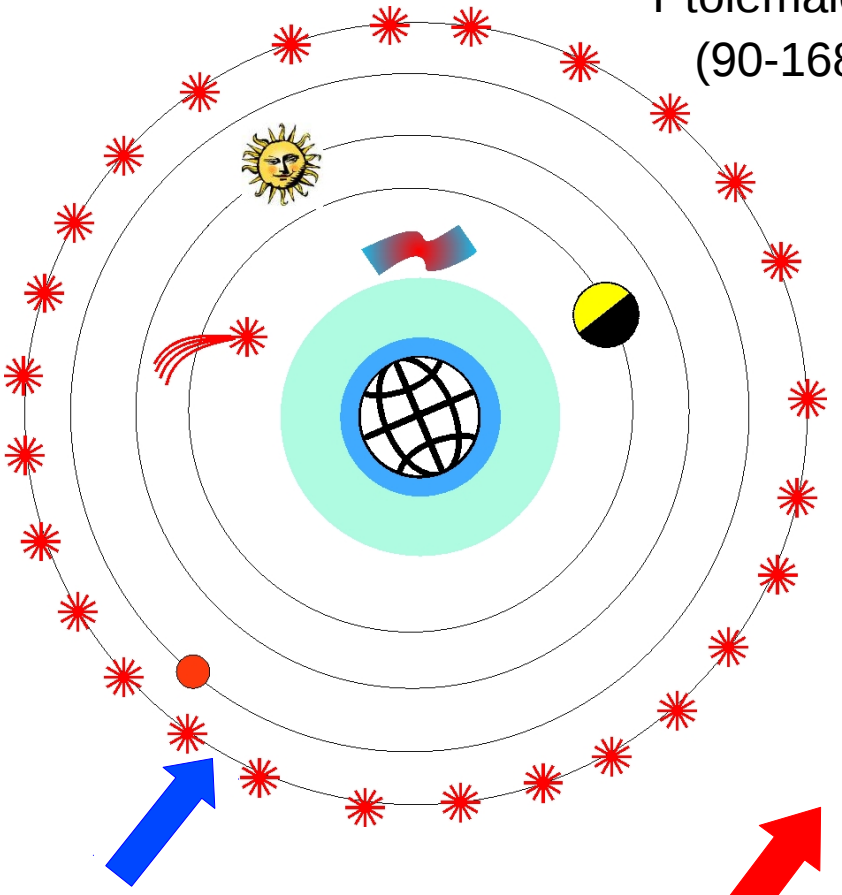
a csillagok szférája
(a Világ vége)

(sugara kb. 10 CsE)

ITT NINCS SEMMI



Ptolemaiosz
(90-168)



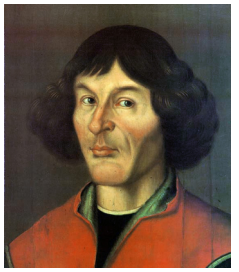
a csillagok szférája
(a Világ vége)

(sugara kb. 10 CsE)

ITT NINCS SEMMI

A kopernikuszi fordulat

a Föld többé
nem a világ közepe!

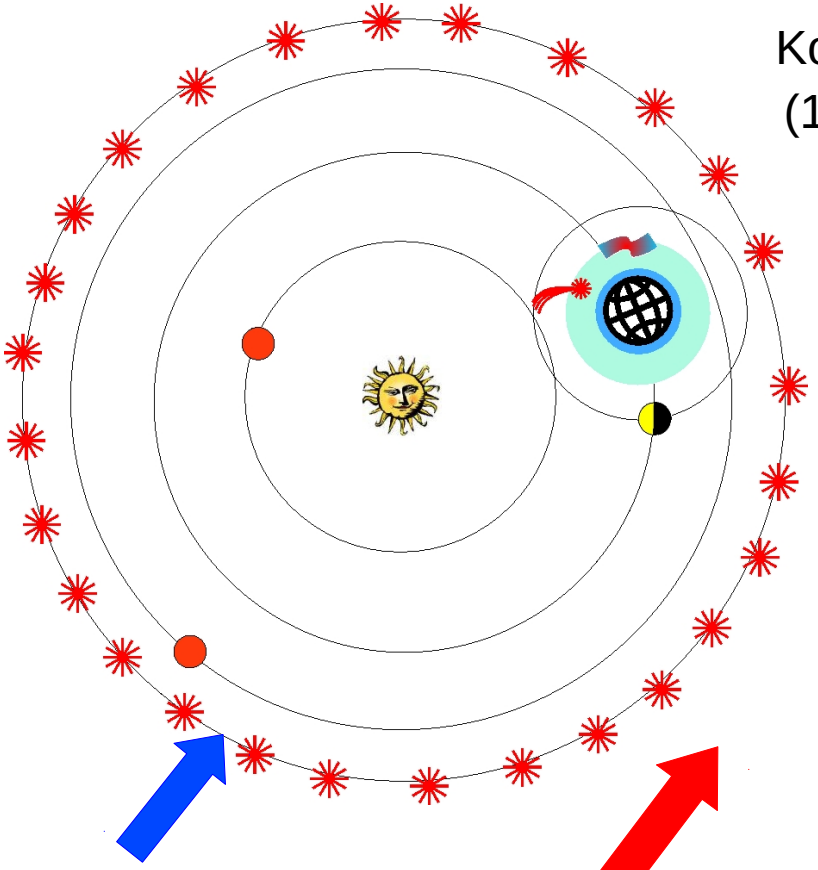




Kopernikusz
(1473-1543)

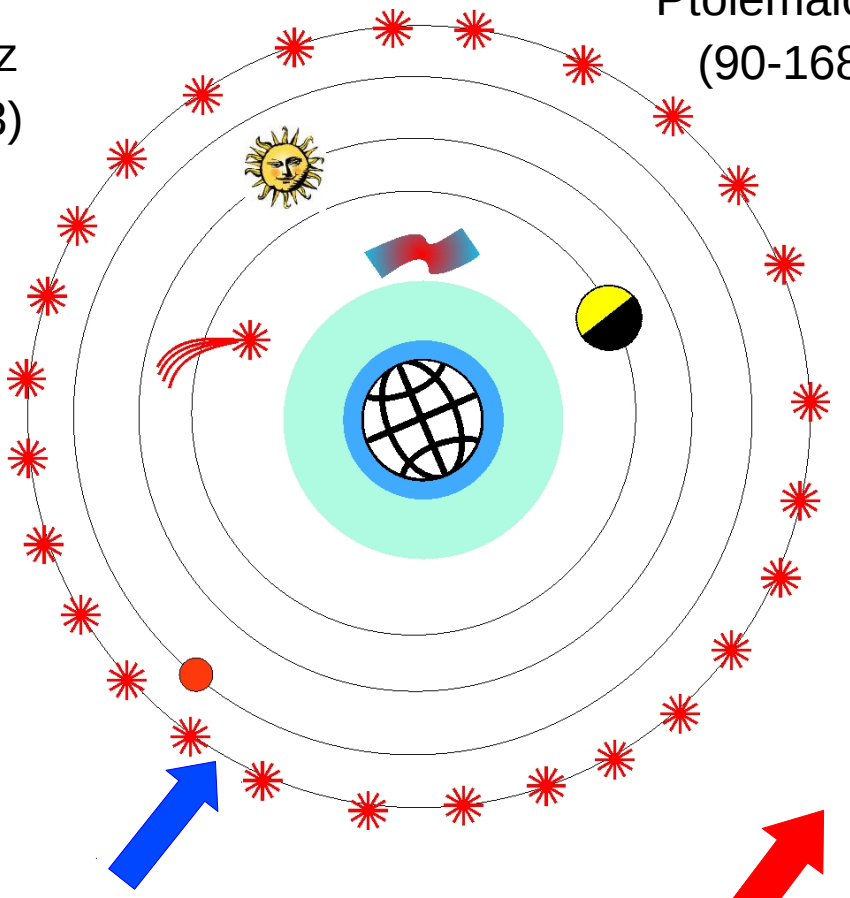


Ptolemaiosz
(90-168)



a csillagok szférája
(a Világ vége)
(sugara kb. 50 CsE)

ITT MÉG MINDIG
NINCS SEMMI

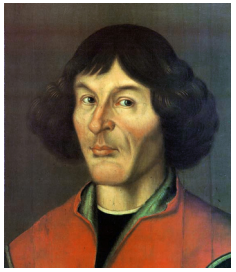


a csillagok szférája
(a Világ vége)
(sugara kb. 10 CsE)

ITT NINCS SEMMI

Az Újkor határán...

Bruno felfedezi a végtelent

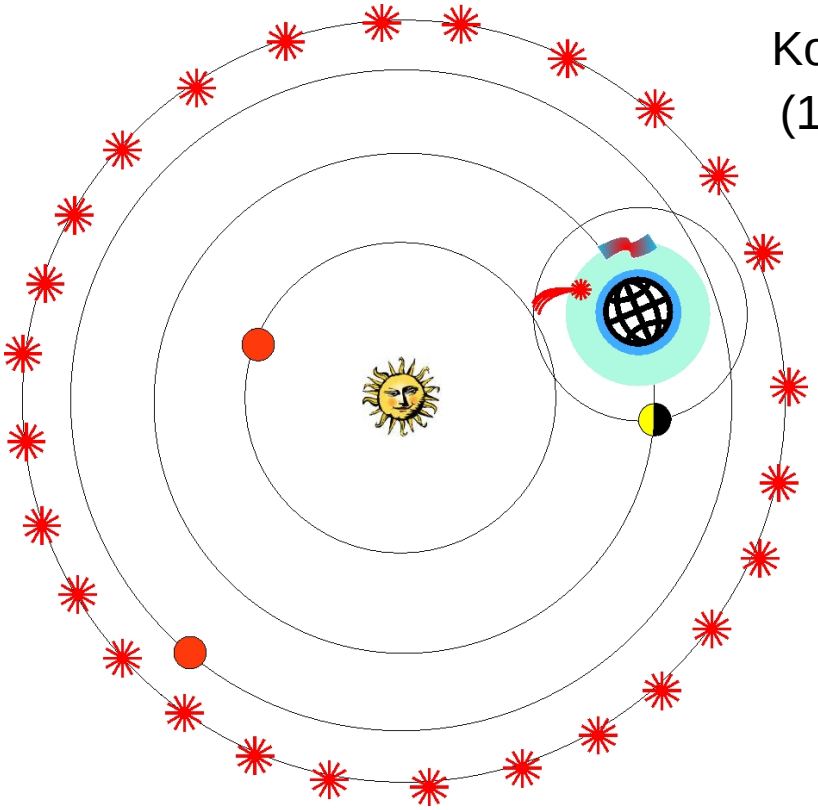




Kopernikusz
(1473-1543)



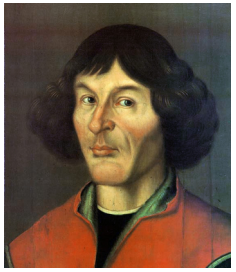
Giordano Bruno
(1548-1600)



Ki más érdemelné ki a központi helyet,
mint a Mindenség Uralkodója,
a fényességes Nap?
(NC)

Az Újkor határán...

Bruno felfedezi a végtelent

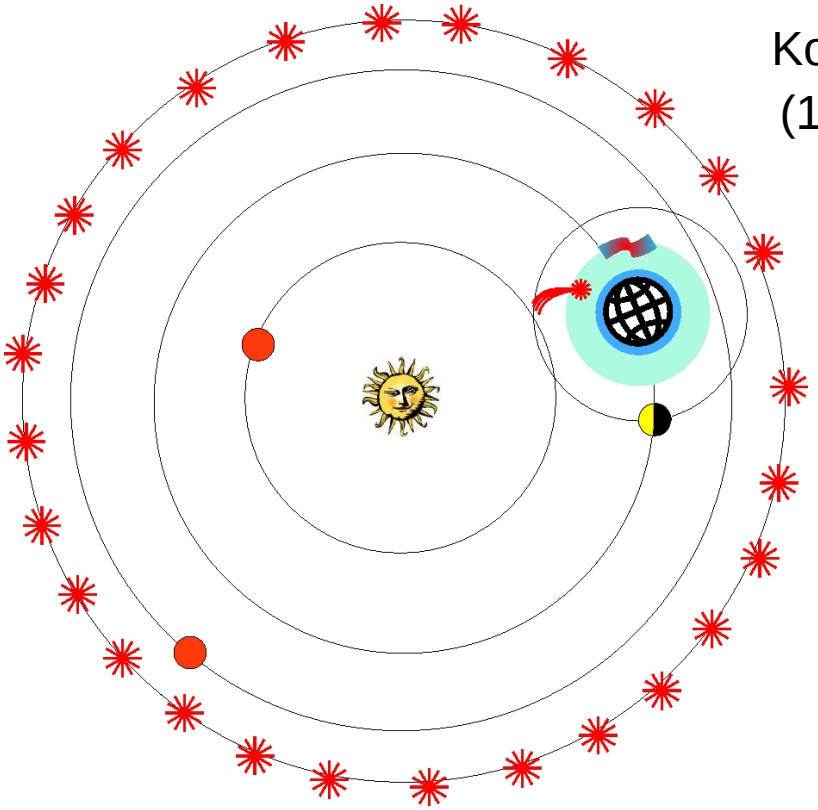




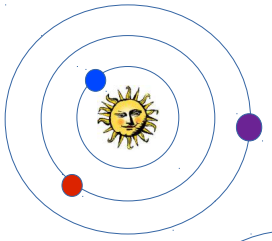
Kopernikusz
(1473-1543)

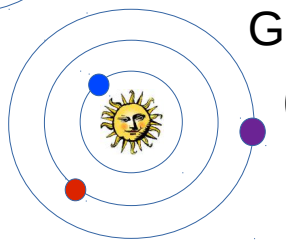


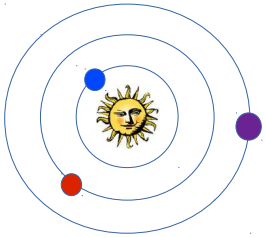
Giordano Bruno
(1548-1600)

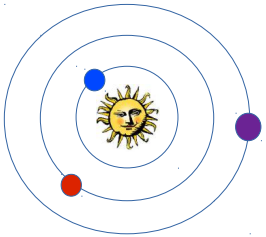


Ki más érdemelné ki a központi helyet,
mint a Mindenség Uralkodója,
a fényességes Nap?
(NC)



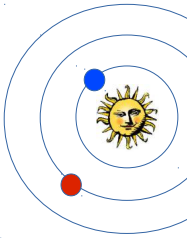


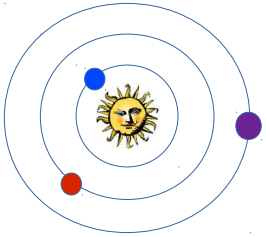


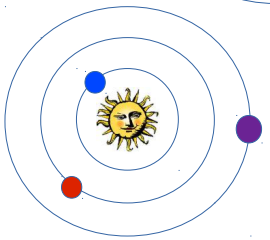


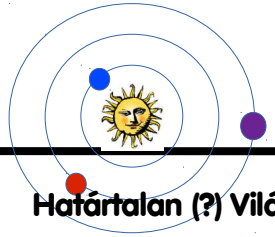
**Az állócsillagok
távoli Napok
a végtelen világban**

Az égben szárnyaimmal büszkén járok
Kristályégbolt nem szab nekem határt...
(GB)









Az Újkor határán...

Bruno felfedezi a végtelent



Giordano Bruno
(1548-1600)

Kozmikus demokrácia:

a Világnak nincs közepe,
végtelen,
és bárhol nézel körül,
ugyanolyannak látod!

Ezt Bruno találta ki,
ezért hívják
kopernikuszi elvnek...

Az Újkor határán...

Bruno felfedezi a végtelent



Giordano Bruno
(1548-1600)

Kozmikus demokrácia:

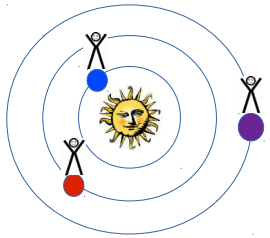
a Világnak nincs közepe,
végtelen,
és bárhol nézel körül,
ugyanolyannak látod!

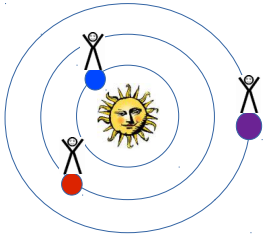
Ezt Bruno találta ki,
ezért hívják
kopernikuszi elvnek...

A túlzásba vitt kozmikus demokrácia:
Bruno szerint minden bolygón élnek emberek

Az Újkor határán...

Bruno felfedezi a végtelent







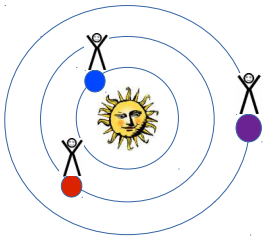


Giordano Bruno
(1548-1600)

Kozmikus demokrácia:

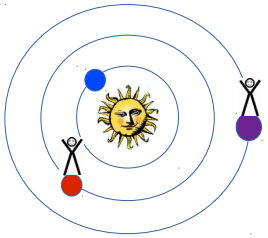
a Világnak nincs közepe,
végtelen,
és bárhol nézel körül,
ugyanolyannak látod!

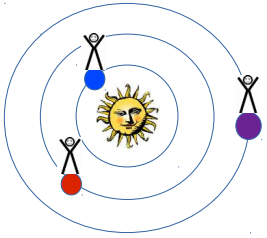
Ezt Bruno találta ki,
ezért hívják
kopernikuszi elvnek...



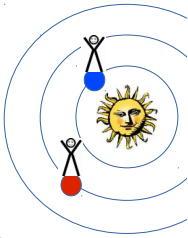
Brunot 1600. február 12-én
elégették nézeteiért

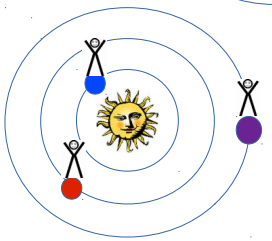
Az égben szárnyaimmal büszkén járok
Kristályégbolt nem szab nekem határt...
(GB)

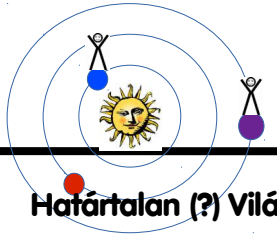












A túlzásba vitt kozmikus demokrácia:
Bruno szerint minden bolygón élnek emberek

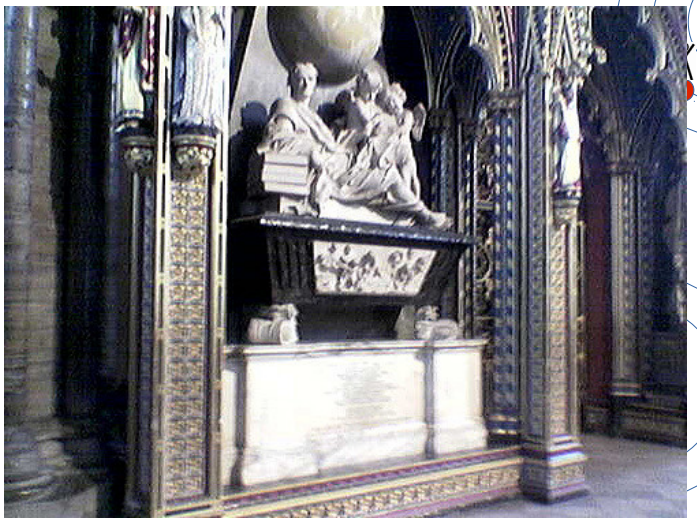
Az Újkor határán...



Galileo Galilei
(1564-1642)



Isaac Newton
(1642-1727)



Newton sírja a Westminster Apátságban



Brunot 1600. február 12-én elégették nézeteiért

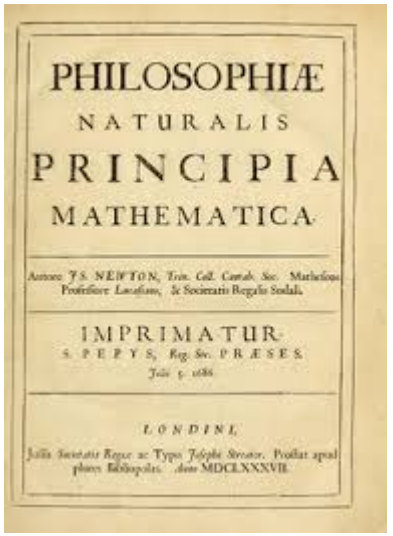


Giordano Bruno
(1548-1600)



Isaac Newton
(1642-1727)

Főműve:



1686

- a mozgások leírásához szükséges matematika (differenciál- és integrálszámítás)

- a mozgások alaptörvényei $m\,\mathbf{a} = \mathbf{F}$

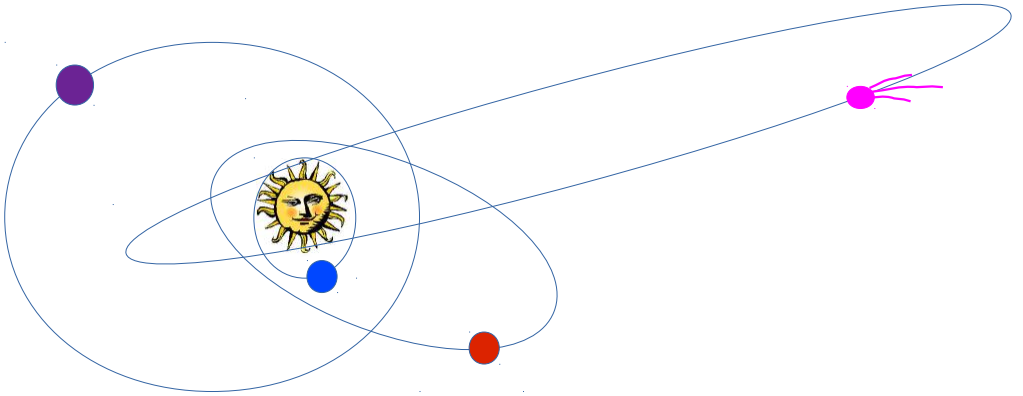
- egyetemes tömegvonzás $\mathbf{F} = Gmm/r^2$

Megszületett a newtoni mechanika és matematikailag megmagyarázta a Naprendszert!

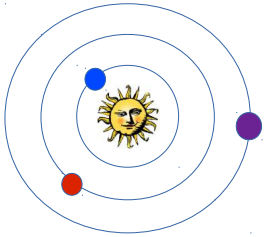


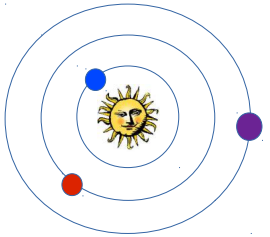
Johannes Kepler
(1571-1630)

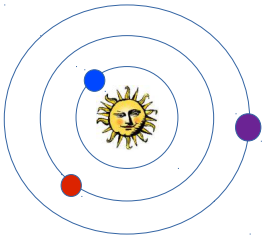
az ellipszispályák felfedezője



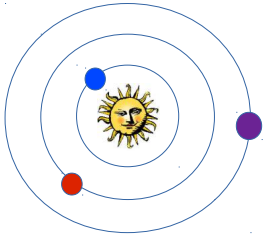
Elkészült a Nagy Mű, igen,
A gép forog, az Alkotó pihen.
MI

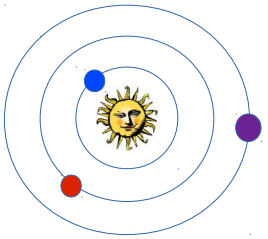


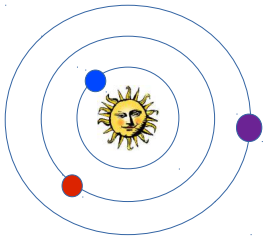


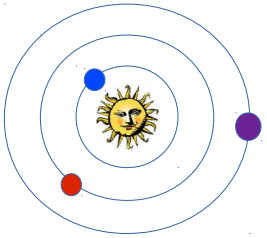


állócsillagok







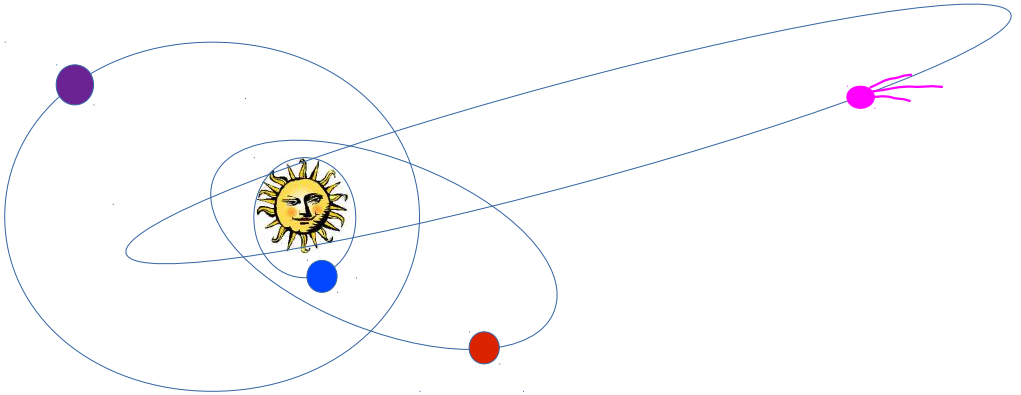


- a mozgások leírásához szükséges matematika (differenciál- és integrálszámítás)

- a mozgások alaptörvényei $m\,\mathbf{a} = \mathbf{F}$

- egyetemes tömegvonzás $\mathbf{F} = Gmm/r^2$

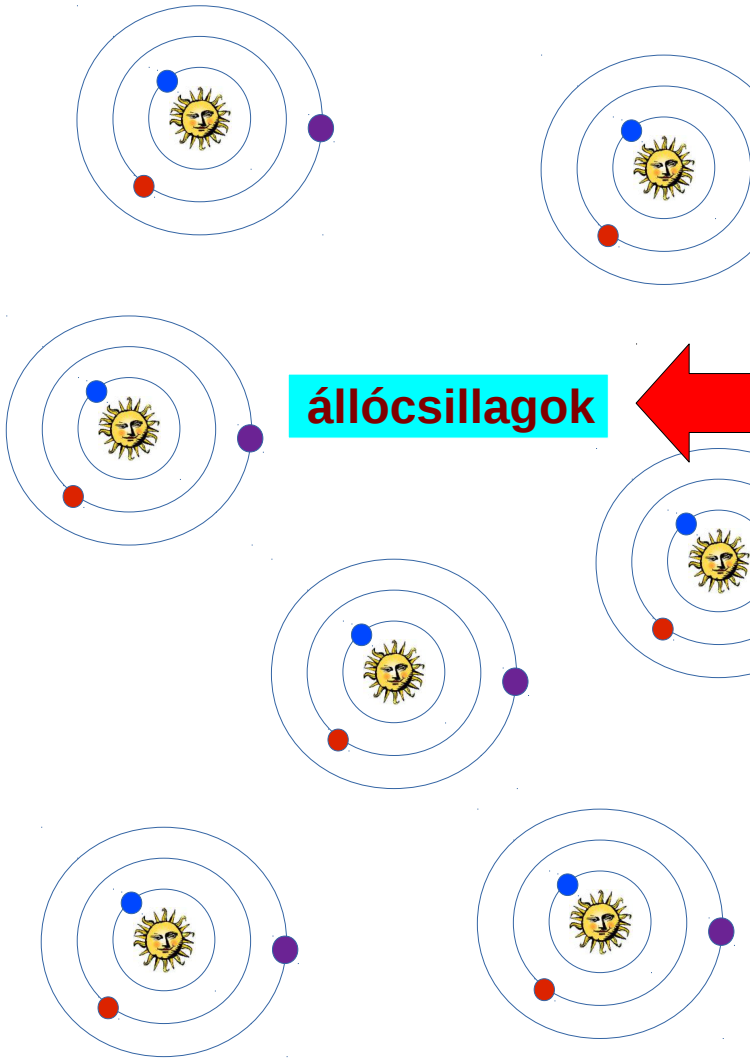
Megszületett a newtoni mechanika és matematikailag megmagyarázta a Naprendszert!



Eközben a csillagászok lassan elfogadták Bruno végtelen világát

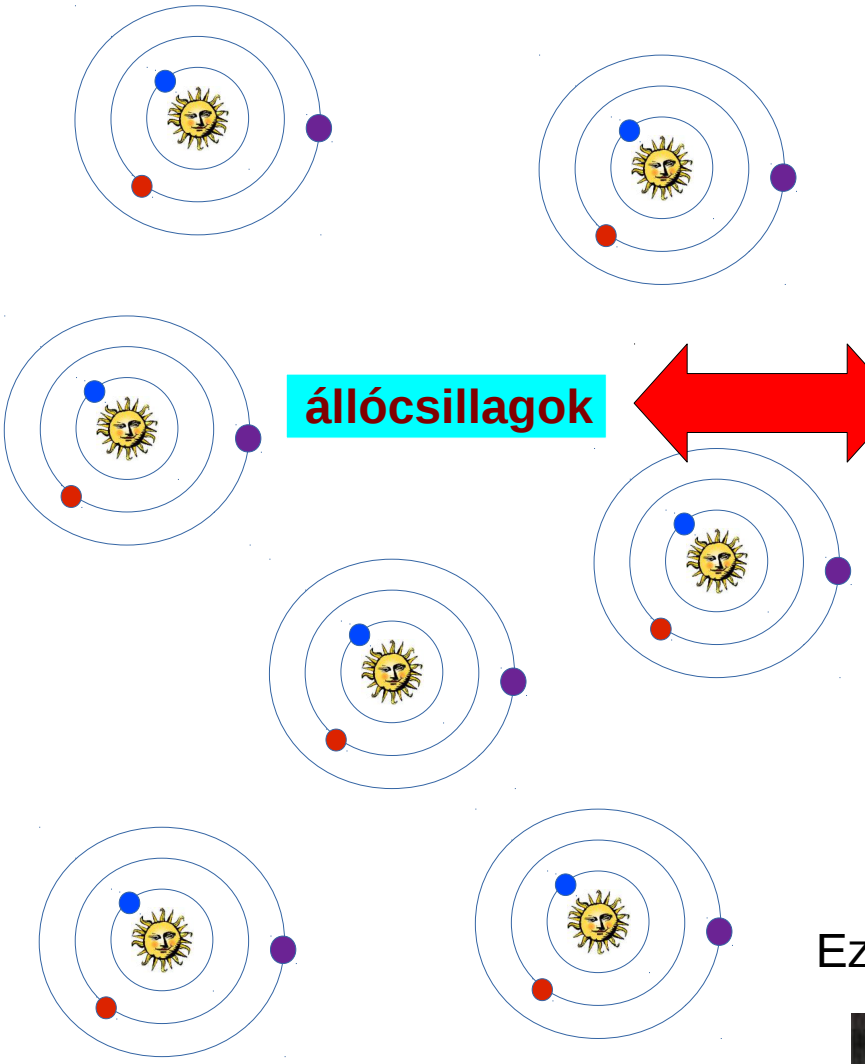
Elkészült a Nagy Mű, igen,
A gép forog, az Alkotó pihen.

MI



állócsillagok - egyetemes tömegvonzás $\mathbf{F} = Gmm/r^2$

Eközben a csillagászok lassan elfogadták Bruno végtelen világát



ELLENTMONDÁS

az új newtoni fizika

és a brunói világkép között

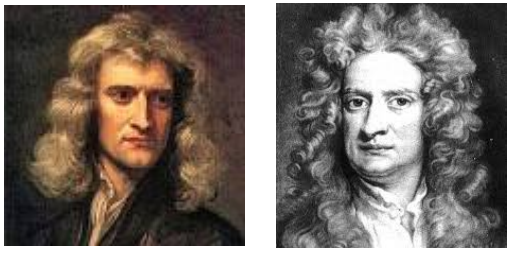
állócsillagok ⟷ - egyetemes tömegvonzás $\mathbf{F} = Gmm/r^2$

Miért állnak az állócsillagok?

Miért nem vonzotta őket össze egy kupacba az általános tömegvonzás?

(főleg ha a világ már végtelen ideje létezik...)

Ez az ellentmondás egyetlen tudóst zavart:



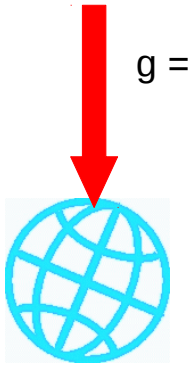
Sir Isaac Newton

A többiek örültek a Naprendszer megmagyarázásának

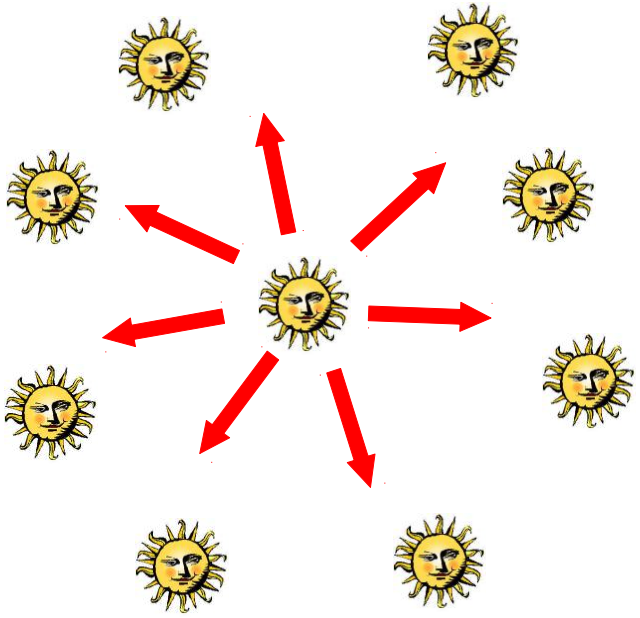
Eközben a csillagászok lassan elfogadták Bruno végtelen világát

További paradoxonok a végtelen és állandó világegyetemmel kapcsolatban:

gravitációs

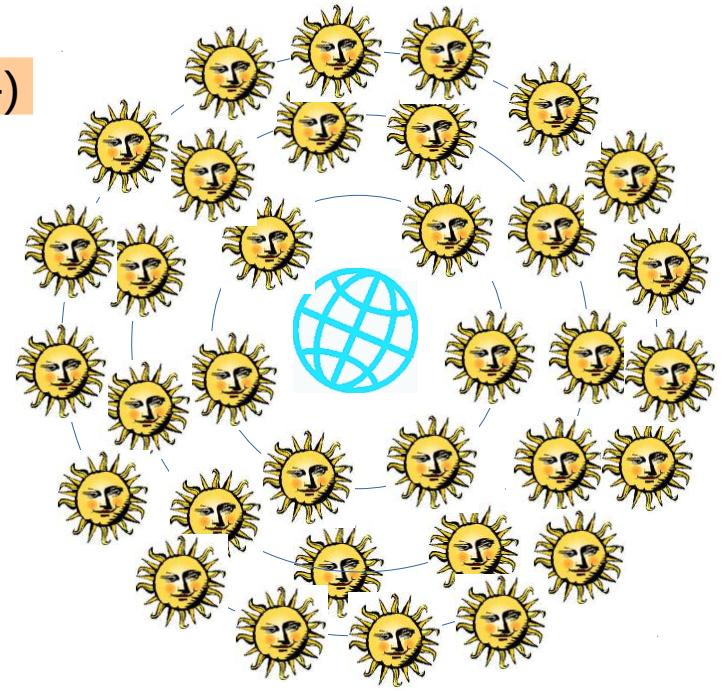


Merre mutat a gravitációs vonzás egy végtelen és homogén világban?



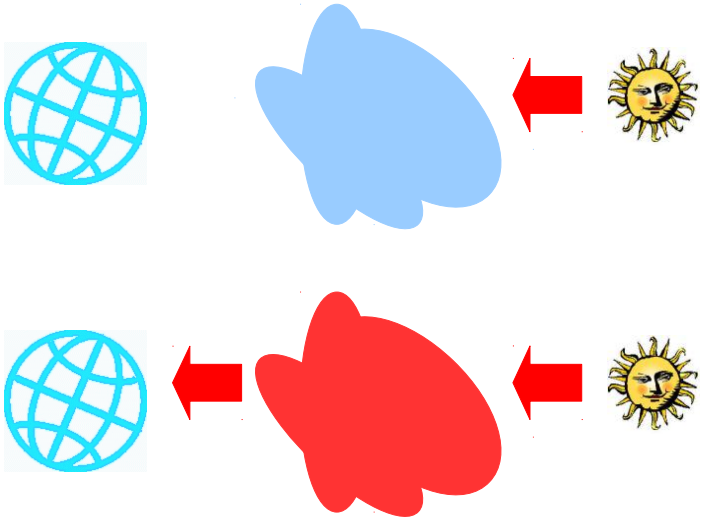
fényességi (Olbers-)

Végtelen világban végtelen sok fény éri a Földet. De akkor miért van éjszaka sötét?

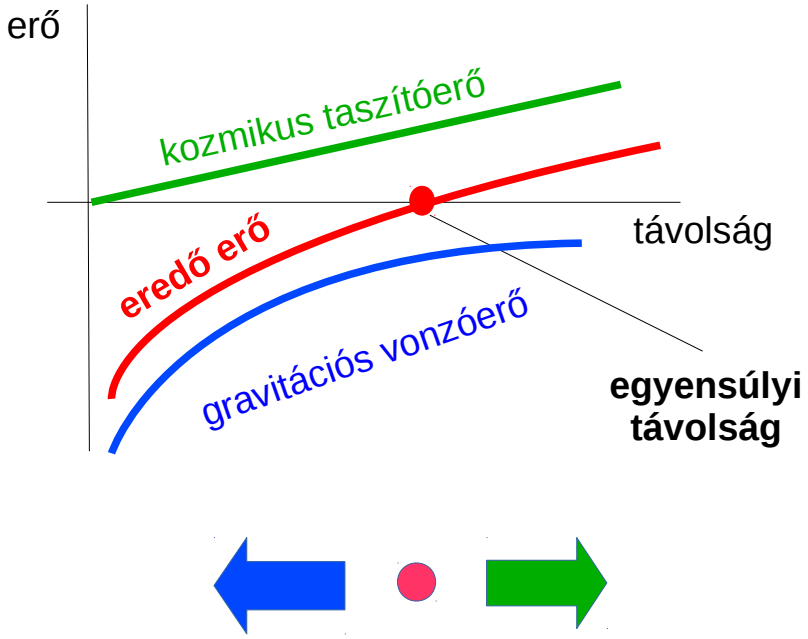


termodinamikai

Miért vannak a végtelen ideje létező világban még mindig hideg és meleg dolgok?



Kísérlet az állócsillag-paradoxon megoldására (1840)



A gravitációs vonzás és a (feltételezett) kozmikus taszítás bizonyos távolságon kiegyensúlyozza egymást.

Az ekkora távolságban levő állócsillagokra nem hat erő, „lebeghetnek”.

Csakhogy ez a világ instabil lenne!

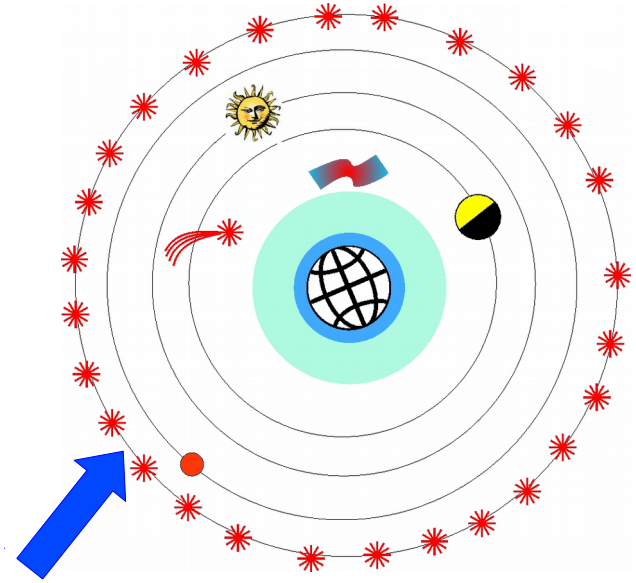
Kis erőhatásra is felbomlana....



De mekkora is a távcsővel látott világ?

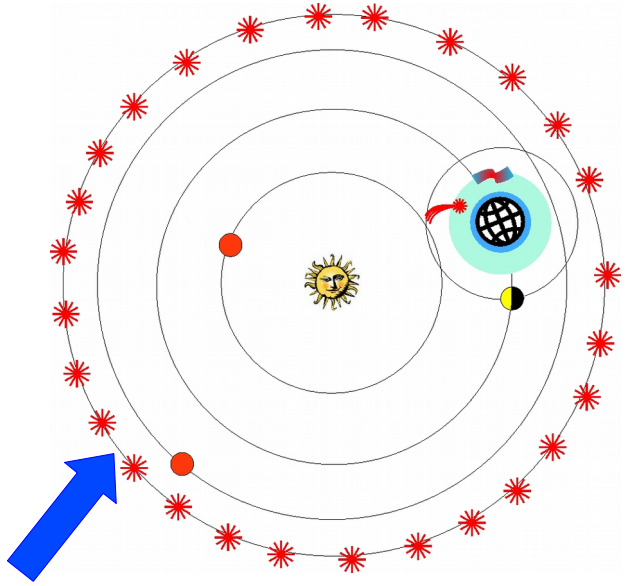
Milyen messze vannak a csillagok?

És hogyan lehet ezt megmérni?



a csillagok szférája
(a Világ vége)

(sugara kb. 10 CsE)



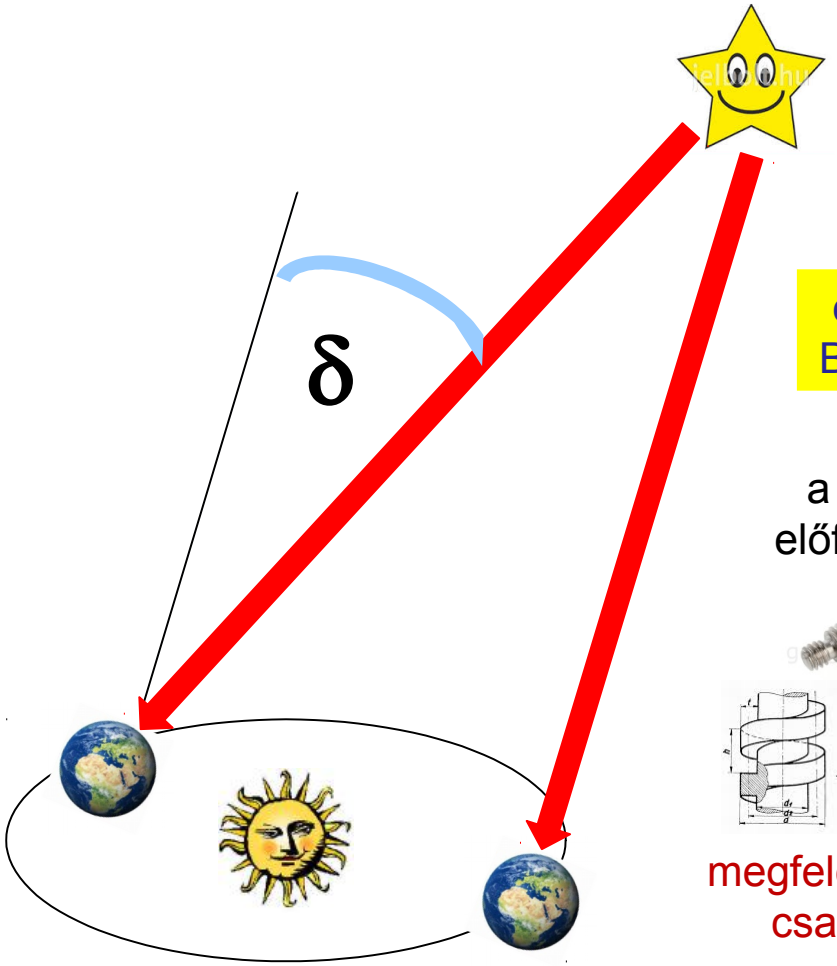
a csillagok szférája
(a Világ vége)

(sugara kb. 50 CsE)

CsE: csillagászati egység: a Föld-nap távolság (150 millió km)

PARALLAXIS

hajdani érv Kopernikusz elmélete ellen:

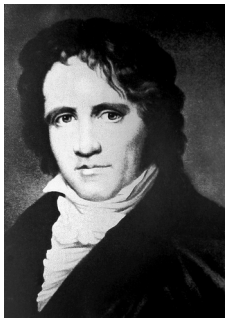


ha a Föld mozogna a Nap körül,
akkor a csillagokat mindig
más irányban kellene látnunk!

A frappáns válasz:

ez így is van,
csak a δ szög roppant kicsi!

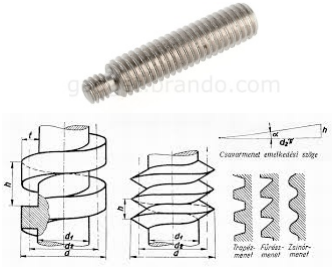
első mérés:
Bessel, 1838



= Hattyú 61:
δ = 0,72 "

ezért távolsága
11 fényév

a mérés
előfeltétele:



megfelelően pontos
csavarmenet

hogy ne lötyögjön
a távcső!

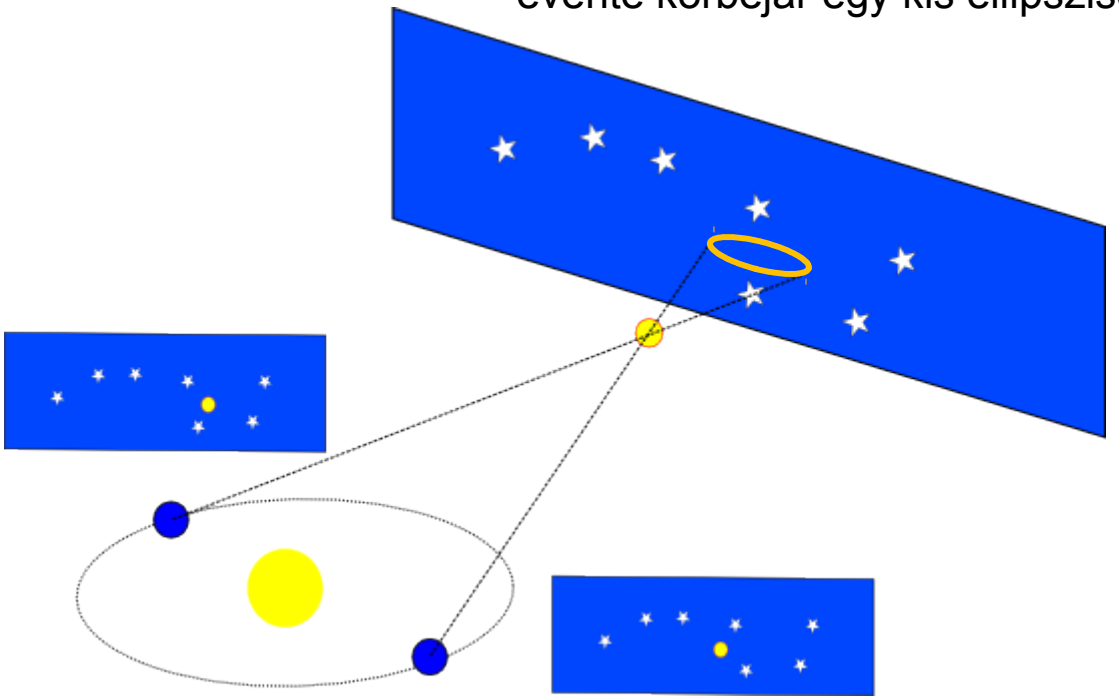
**A világ hirtelen kitágult,
„csillagászati” távolságokra!**

A legközelebbi csillag
negyedmillió CsE-re van tőlünk!

PARALLAXIS

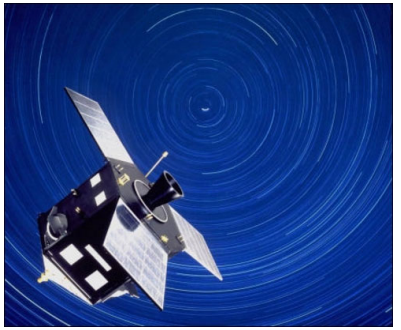
Mit látunk?

A vizsgált (közeli) csillag a háttércsillagokhoz képest elmozdul, évente körbejár egy kis ellipszisen

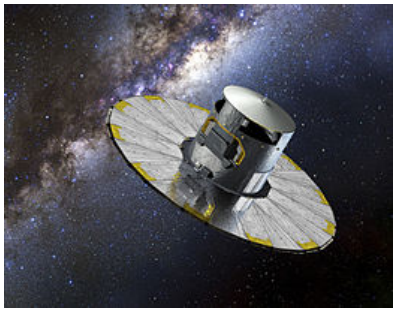


A Földről legfeljebb 300 fényévig tudunk parallaxist mérni

A Hipparcos szondát nem zavarta a légkör: 1 millió csillag parallaxisát mérte meg, kb. 3000 fényévig

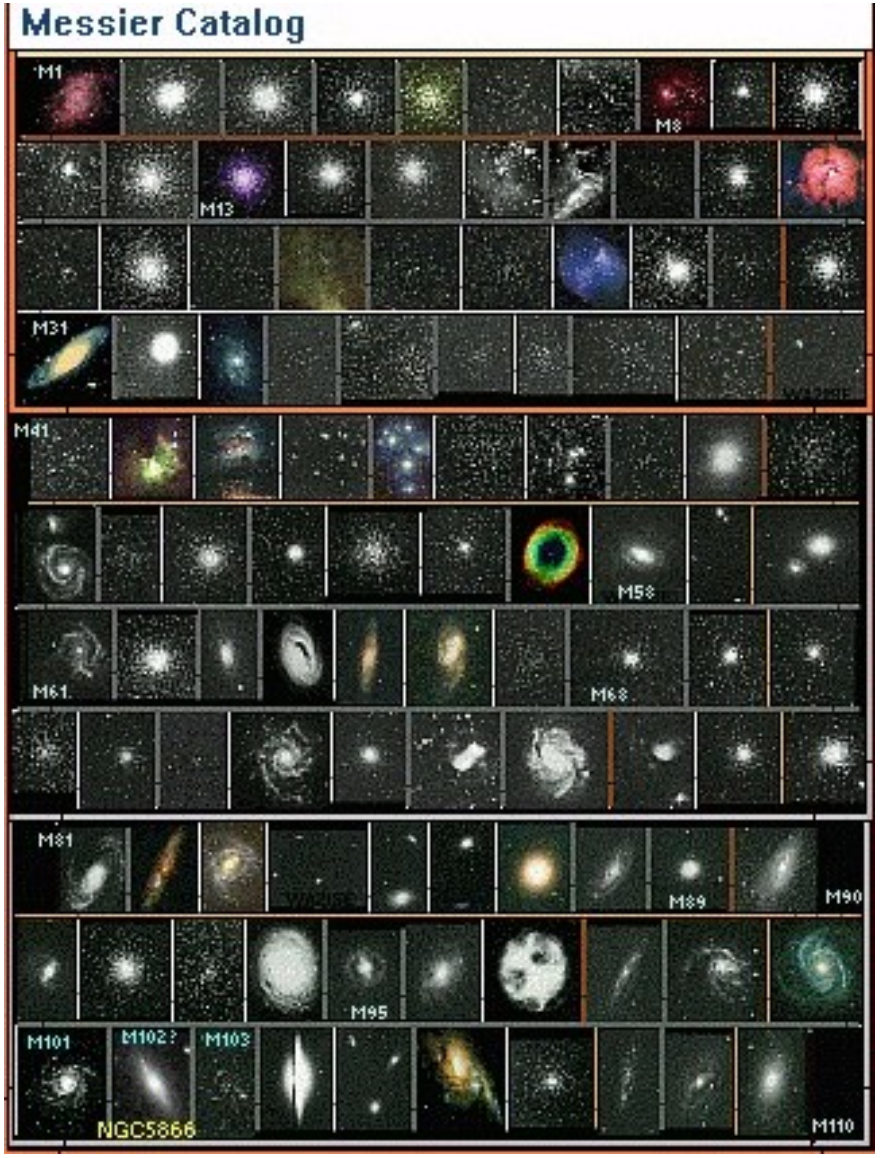


A Gaia szonda kb. 1 milliárd csillag parallaxisát méri (most is!), kb 30 000 fényévig



De miért csak a **CSILLAGOK** távolságát mérjük?

Van még más is az égen?



mindenféle
homályos foltok,
KÖDÖK

Messier:
103 köd katalógusa
(1758–1782)



Charles Messier
(1730–1817)

Ma már tudjuk:

ezek egy része

– csillaghalmaz

– planetáris köd
(csillag által kifújt gázfelhő)

– szupernóva-maradvány

– porfelhő

– gázfelhő

a mi Tejútunkon belüli objektum

a többi: **extragalaxis**

GALAXISOK

pacák az égen: felbontás 1900 körül

az első távolságmeghatározás (Hubble 1925):

cefeidák az Androméda-ködben

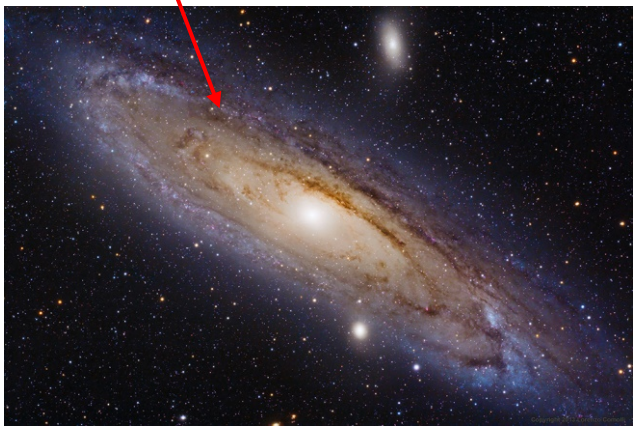


Hubble 1925:
az Androméda-galaxis
félmillió fényévre
van tőlünk

(a mai adat 2,2 millió fényév)



Edwin Hubble
(1889-1953)



A világ a 20. század elején ismét sokmilliószorosára nőtt!







GALAXISOK

nézzünk messzebb!

felvételek onnan, ahol semmi sincs: a Hubble Deep Field



GALAXISOK

nézzünk messzebb!

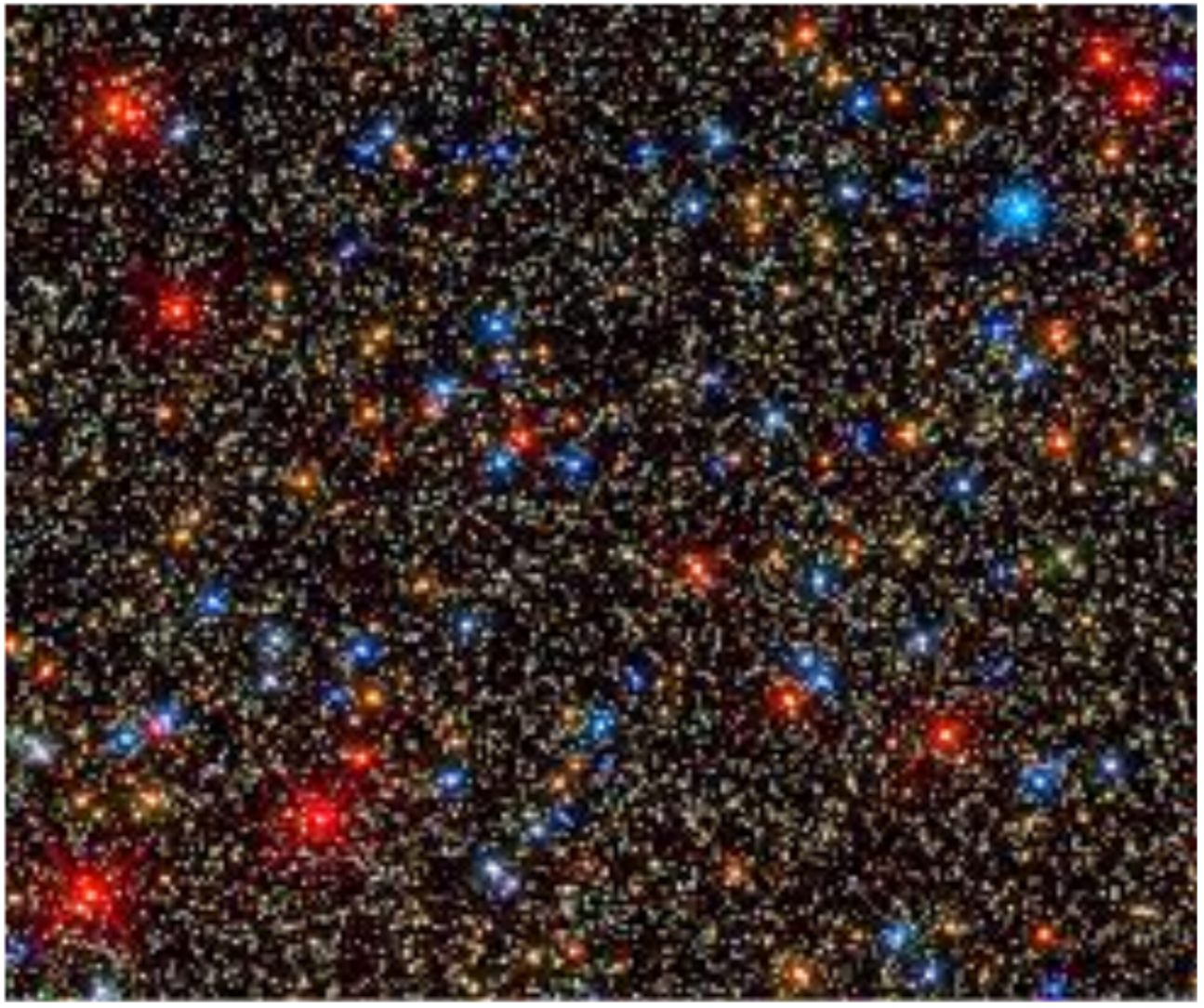
felvételek onnan, ahol semmi sincs: a Hubble Deep Field



GALAXISOK

nézzünk messszebb!

felvételek onnan, ahol semmi sincs: a Hubble Deep Field

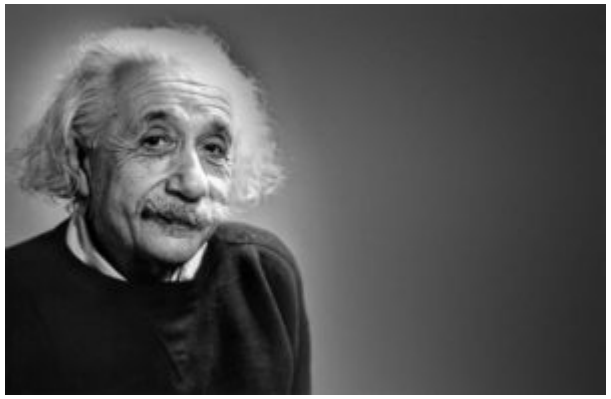


galaxisok milliárdjai mindenütt

Ma már 12 milliárd fényévre is ellátunk!

De a végtelen világ paradoxonjai továbbra is fennálltak:

Állhatnak-e az „állógalaxisok?



Albert Einstein
(1879-1955)

Új fizika a 20. század elején



speciális relativitáselmélet: 1905

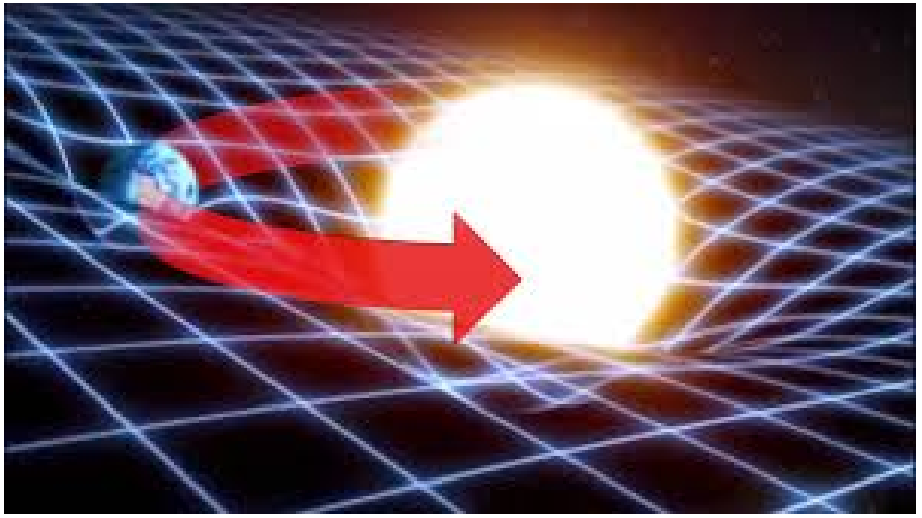
általános relativitáselmélet: 1915

a gravitáció új, pontosabb elmélete

a gravitációs jelenségeket a téridő görbülete magyarázza

Vajon ez az új elmélet megoldja-e a végtelen világegyetemmel kapcsolatos paradoxonokat?

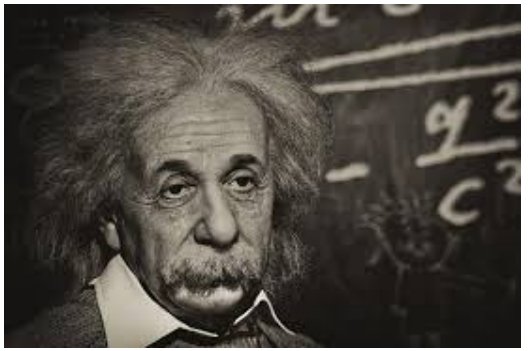
Kijön-e a Bruno-féle végtelen világ, benne a gravitáció ellenére „lebegő” állógalaxisokkal?



Vajon ez az új elmélet megoldja-e a végtelen világegyetemmel kapcsolatos paradoxonokat?

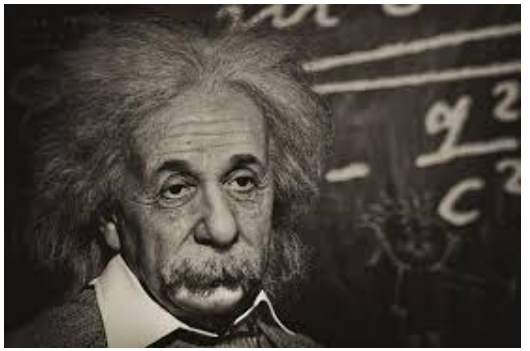
Kijön-e a Bruno-féle végtelen világ, benne a gravitáció ellenére „lebegő” állógalaxisokkal?

Nem jött ki...



Vajon ez az új elmélet megoldja-e a végtelen világegyetemmel kapcsolatos paradoxonokat?

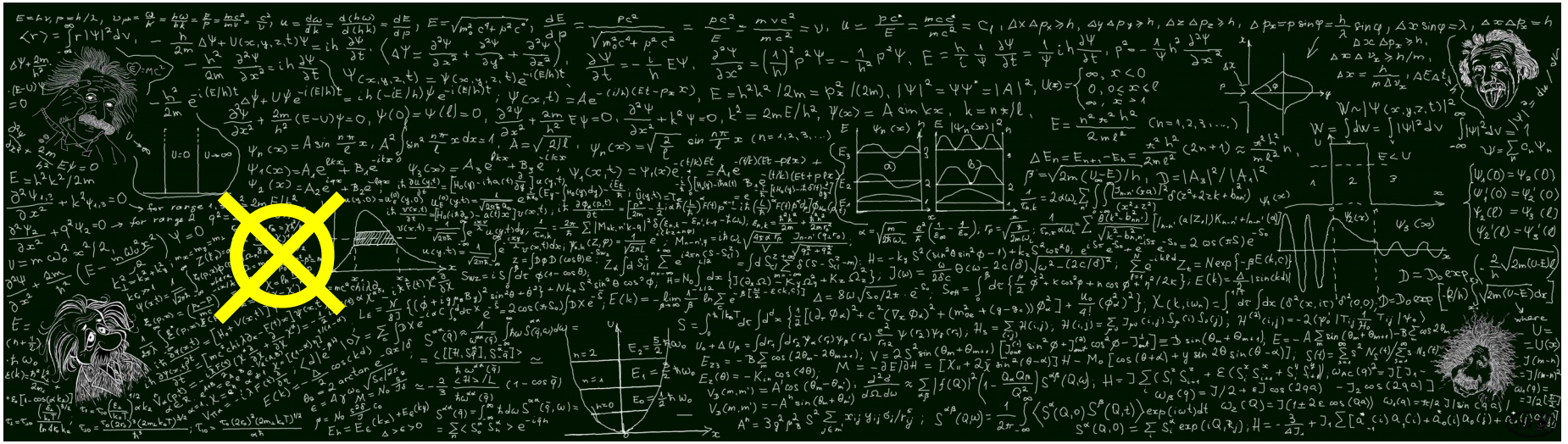
Kijön-e a Bruno-féle végtelen világ, benne a gravitáció ellenére „lebegő” állógalaxisokkal?



Nem jött ki...

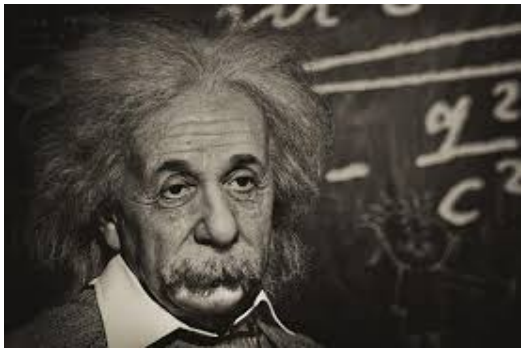
Einstein ezért módosította a frissen elkészült egyenleteit (1917):

beleírt az egyenletekbe egy „kozmológiai állandót”.



Vajon ez az új elmélet megoldja-e a végtelen világegyetemmel kapcsolatos paradoxonokat?

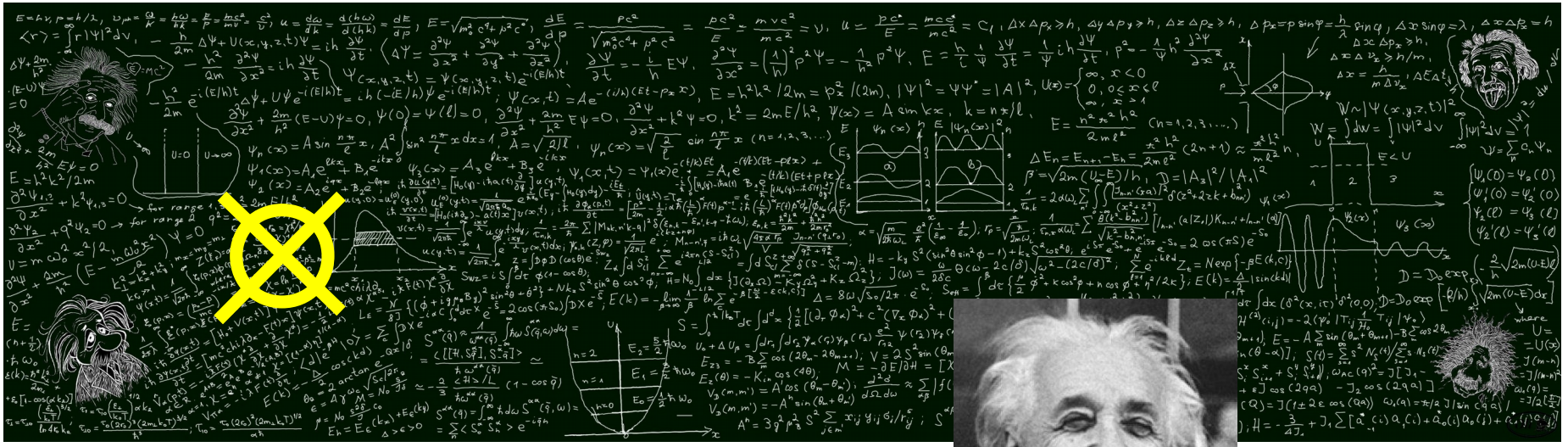
Kijön-e a Bruno-féle végtelen világ, benne a gravitáció ellenére „lebegő” állógalaxisokkal?

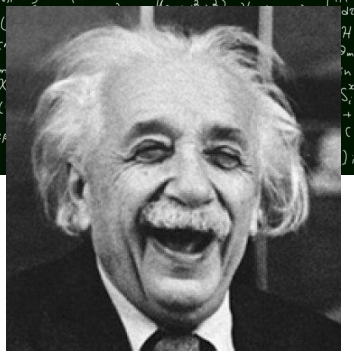


Nem jött ki...

Einstein ezért módosította a frissen elkészült egyenleteit (1917):

beleírt az egyenletekbe egy „kozmológiai állandót”.





A módosított egyenletek már leírták
az állandó, sztatikus világot, az állógalaxisokkal

Ez az Einstein-féle sztatikus világ

VÉGES, de HATÁRTALAN!

Olyan, mint a Föld felszíne:

a felszín területe véges,
de sehol sincs pereme, határa:

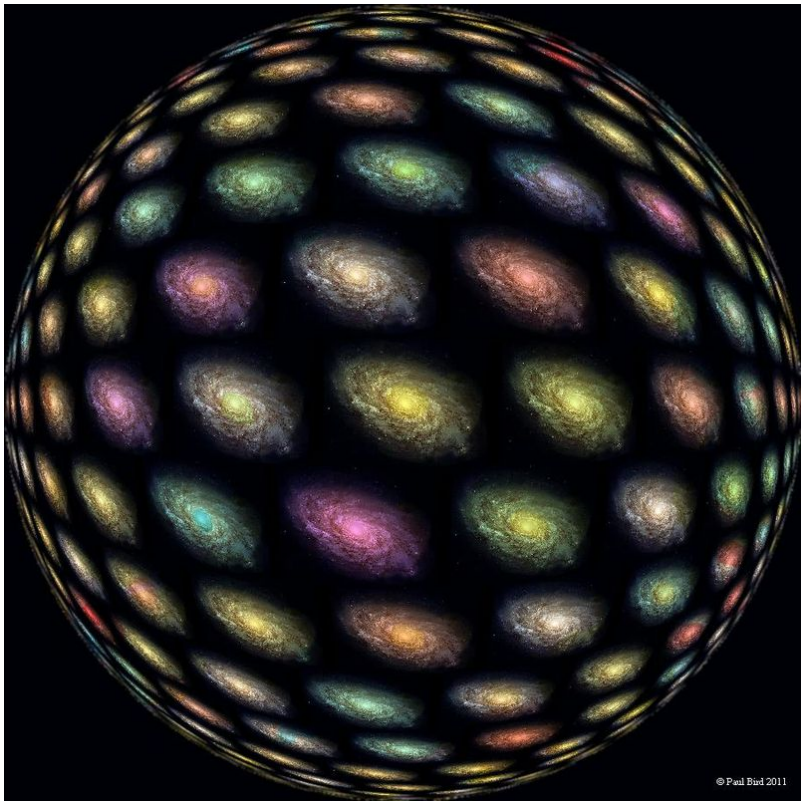
bármerre indulsz, körbeérsz!

Az Einstein-univerzum

térfogata véges,

de sehol sincs
széle, felülete, pereme:

a tér bármelyik irányába indulsz,
körbeérsz!



Ez az Einstein-féle sztatikus világ

VÉGES, de HATÁRTALAN!

Olyan, mint a Föld felszíne:

a felszín területe véges,
de sehol sincs pereme, határa:

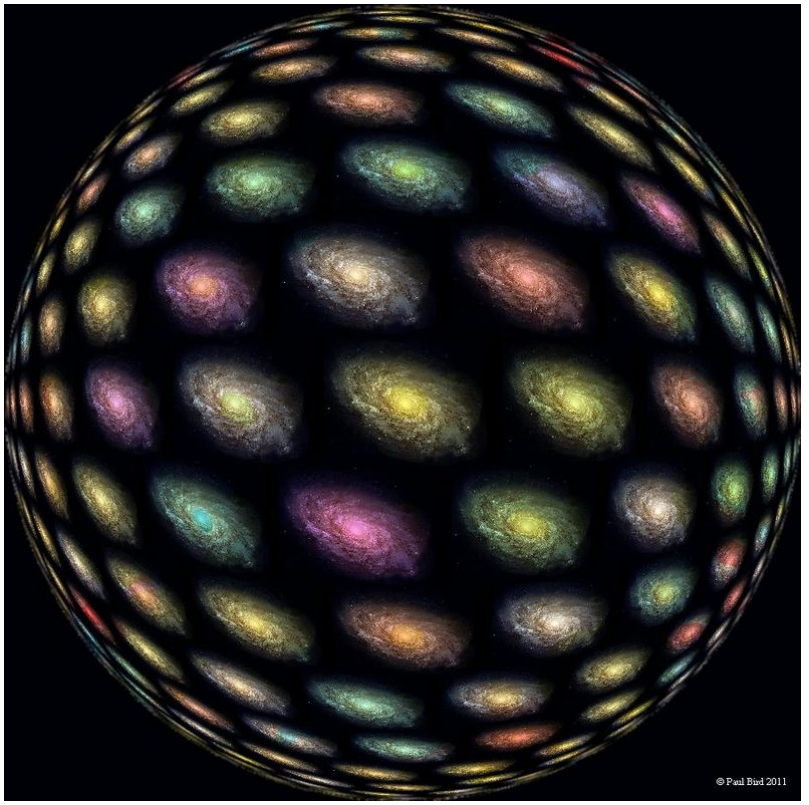
bármerre indulsz, körbeérsz!

Az Einstein-univerzum

térfogata véges,

de sehol sincs
széle, felülete, pereme:

a tér bármelyik irányába indulsz,
körbeérsz!



Egy hibája van: éppen olyan **instabil**,
mint az 1840-es elmélet
a kozmikus taszítással.

Nem csoda: Einstein módosítása
épp a kozmikus taszítást vezette be
a relativitáselméletbe...

De miért is keresünk Bruno-féle állandó univerzumot?

Fridman 1921-ben megoldotta Einstein eredeti egyenleteit, és rájött, hogy az Univerzum nem állandó, hanem **TÁGUL**.

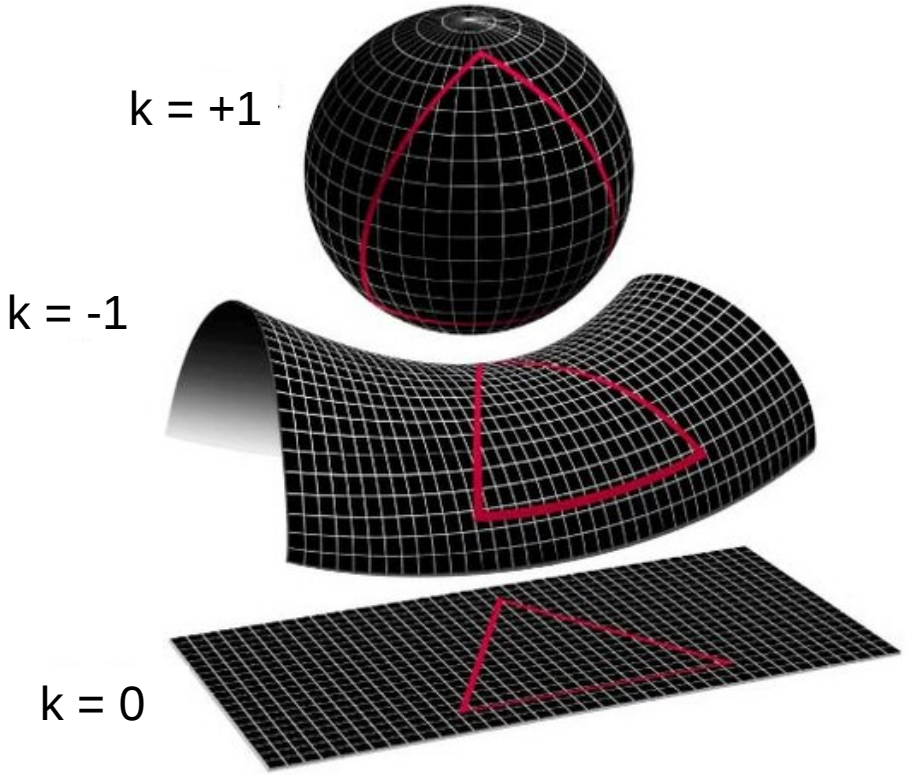


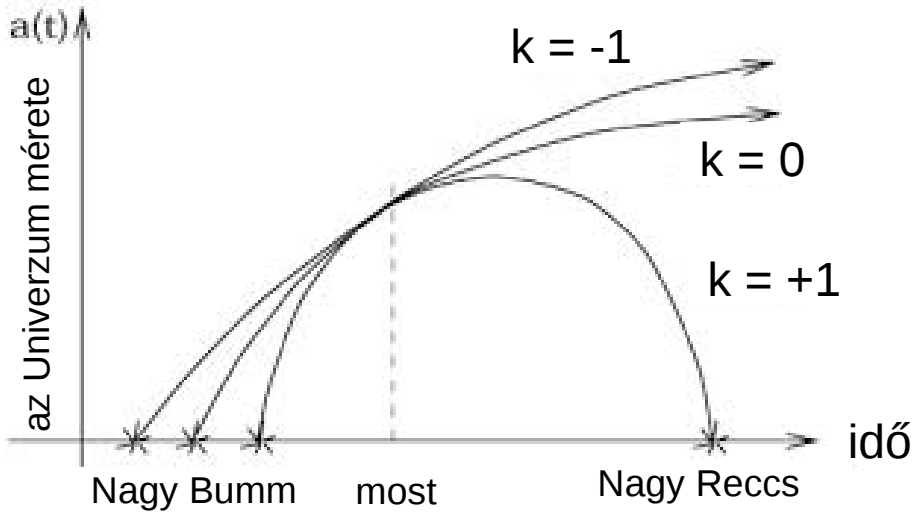
Alekszandr Fridman
(1888-1925)



Georges Lemaître
(1894-1966)

Lemaître 1927-ben ismét felfedezte ugyanezt.





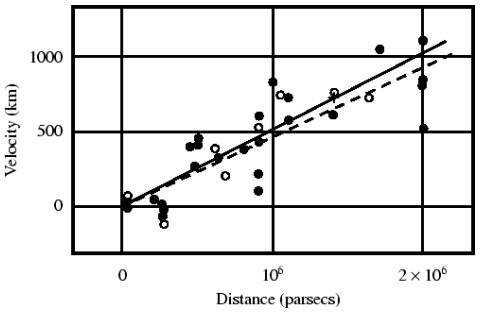
A térben véges Fridman-modell időben is véges, a térben végtelen időben is végtelen.



Edwin Hubble
(1889-1953)

Hubble 1929-ben felfedezte, hogy a galaxisok távolodnak.

azaz az Univerzum tágul

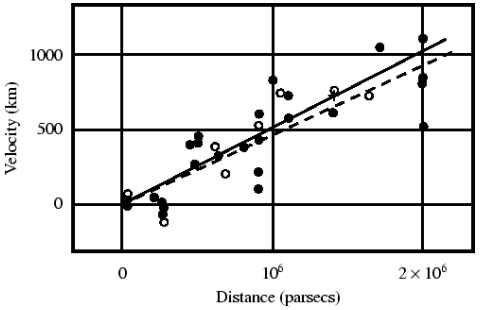




Edwin Hubble
(1889-1953)

Hubble 1929-ben felfedezte, hogy a galaxisok távolodnak.

azaz az Univerzum tágul



A Bruno-féle sztatikus világmodellnek vége!

Einstein elismerte, hogy Fridmannak volt igaza.

„Az egyenletek módosítása életem legnagyobb tévedése volt.”
(Ebben tévedett.)



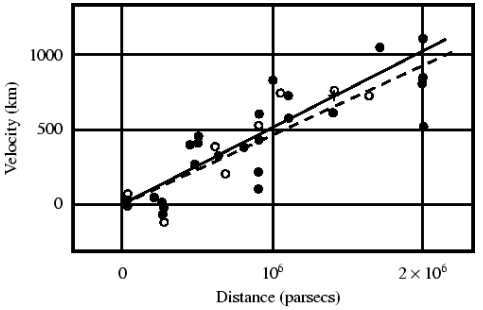
Einstein, Hubble és a távcső, 1929



Edwin Hubble
(1889-1953)

Hubble 1929-ben felfedezte, hogy a galaxisok távolodnak.

azaz az Univerzum tágul



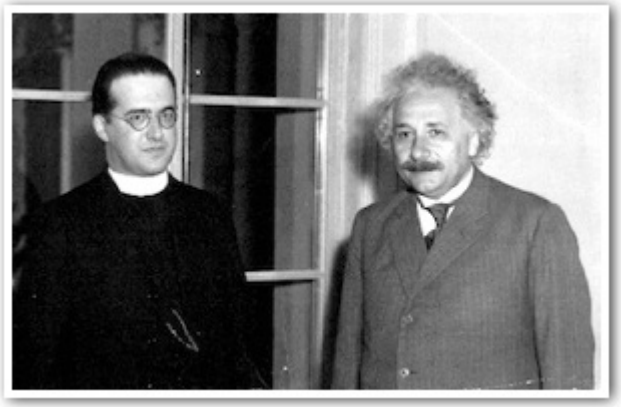
A Bruno-féle sztatikus világmodellnek vége!

Einstein elismerte, hogy Fridmannak volt igaza.

„Az egyenletek módosítása életem legnagyobb tévedése volt.”
(Ebben tévedett.)

No de akkor most véges vagy végtelen az Univerzum?

Attól függ, melyik Fridman-görbén vagyunk!



Einstein és Lemaître

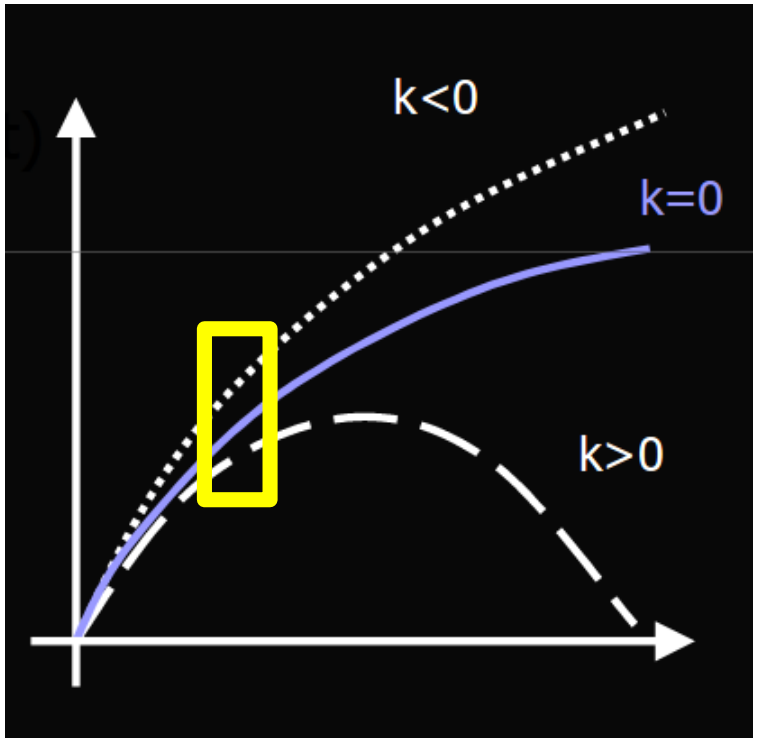
Hogyan lehet eldönteni?

Nagyon pontosan meg kell mérni
a galaxisok távolságát és sebességét!

Ezzel telt el a következő 70 év.



Einstein, Hubble és a távcső, 1929

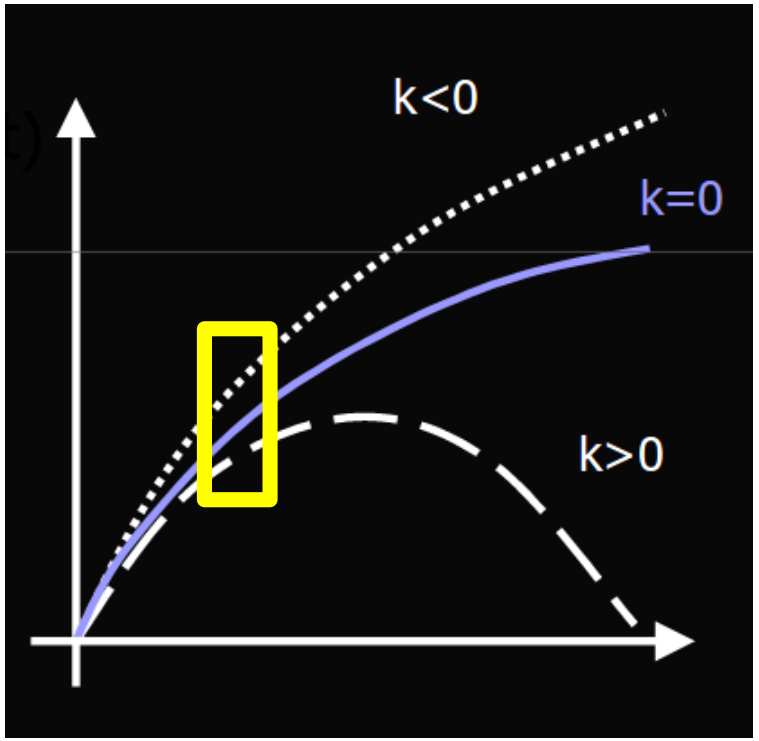


Hogyan lehet eldönteni, hogy
melyik Fridman-görbén vagyunk?

Nagyon pontosan meg kell mérni
a galaxisok távolságát és sebességét!

De a galaxisok távolságát
nagyon nehéz pontosan mérni.

Ezért sokáig nem lehetett eldönteni,
hogy véges vagy végtelen-e a világ.



Hogyan lehet eldönteni, hogy
melyik Fridman-görbén vagyunk?

Nagyon pontosan meg kell mérni
a galaxisok távolságát és sebességét!

De a galaxisok távolságát
nagyon nehéz pontosan mérni.

Ezért sokáig nem lehetett eldönteni,
hogy véges vagy végtelen-e a világ.

Váratlan fejlemény az 1990-es években:

Einstein tévedett, amikor 1929-ben azt gondolta, hogy tévedett.

A „kozmológiai állandót” igenis bele kell írni az egyenletekbe!

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

sztatikus (állandó) Univerzum

nincs ilyen megoldás

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

sztatikus (állandó) Univerzum

~~nincs ilyen megoldás~~

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

sztatikus (állandó) Univerzum



Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

sztatikus (állandó) Univerzum

~~nincs ilyen megoldás~~

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

nincs kozmológiai állandó

$\Lambda = 0$

sztatikus (állandó) Univerzum

~~nincs ilyen megoldás~~

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó	van kozmológiai állandó
	$\Lambda = 0$	$\Lambda \neq 0$
sztatikus (állandó) Univerzum	~~nincs ilyen megoldás~~	

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó	van kozmológiai állandó
	$\Lambda = 0$	$\Lambda \neq 0$
sztatikus (állandó) Univerzum	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
sztatikus (állandó) Univerzum	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
sztatikus (állandó) Univerzum	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
	Fridman és Lemaître táguló világa	

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
sztatikus (állandó) Univerzum	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Fridman és Lemaître táguló világa	

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
sztatikus (állandó) Univerzum	nincs ilyen megoldás	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Friedmann és Lemaître táguló világa	

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
sztatikus (állandó) Univerzum	nincs ilyen megoldás	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Friedmann és Lemaître tágulás világa	

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
sztatikus (állandó) Univerzum	nincs ilyen megoldás	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Friedmann–Lemaître táguló világa	

1929-ben kiderült, hogy az Univerzum nem sztatikus, hanem tágul

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
~~sztatikus (állandó) Univerzum~~	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Fridman és Lemaître táguló világa	

1929-ben kiderült, hogy az Univerzum nem sztatikus, hanem tágul

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
~~sztatikus (állandó) Univerzum~~	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Fridman és Lemaître táguló világa	

1929-ben kiderült, hogy az Univerzum nem sztatikus, hanem tágul

Einstein eldobta a kozmológiai állandót

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
~~sztatikus (állandó) Univerzum~~	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Fridman és Lemaître táguló világa	

1929-ben kiderült, hogy az Univerzum nem sztatikus, hanem tágul

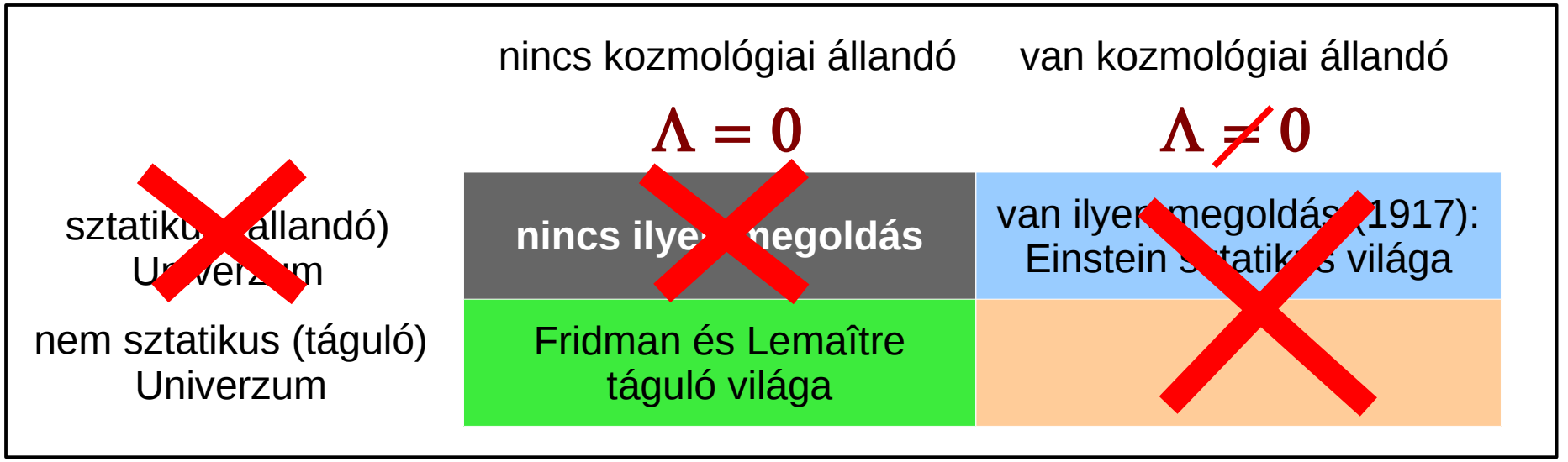
Einstein eldobta a kozmológiai állandót

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.



1929-ben kiderült, hogy az Univerzum nem sztatikus, hanem tágul

Einstein eldobta a kozmológiai állandót

1990 után kiderült, hogy nem kellett volna eldobnia:

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
~~sztatikus (állandó) Univerzum~~	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Fridman és Lemaître táguló világa	??????????????

1929-ben kiderült, hogy az Univerzum nem sztatikus, hanem tágul

Einstein eldobta a kozmológiai állandót

1990 után kiderült, hogy nem kellett volna eldobnia:

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
~~sztatikus (állandó) Univerzum~~	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Fridman és Lemaître táguló világa	??????????????

1929-ben kiderült, hogy az Univerzum nem sztatikus, hanem tágul

Einstein eldobta a kozmológiai állandót

1990 után kiderült, hogy nem kellett volna eldobnia:

Az igazság a negyedik kockában van!

Einstein legnagyobb tévedése

Az események logikája:

Einstein 1917-ben módosította a frissen elkészült egyenleteit:

beleírt az egyenletekbe egy Λ (lambda) „kozmológiai állandót”.

	nincs kozmológiai állandó $\Lambda = 0$	van kozmológiai állandó $\Lambda \neq 0$
~~sztatikus (állandó) Univerzum~~	~~nincs ilyen megoldás~~	van ilyen megoldás (1917): Einstein sztatikus világa
nem sztatikus (táguló) Univerzum	Fridman és Lemaître táguló világa	**Az igazság a negyedik kockában van!**

1929-ben kiderült, hogy az Univerzum nem sztatikus, hanem tágul

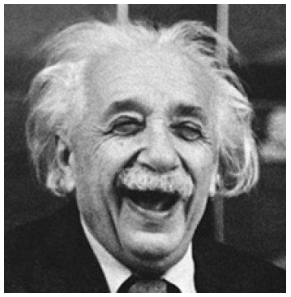
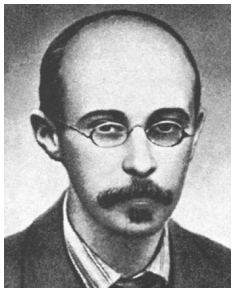
Einstein eldobta a kozmológiai állandót

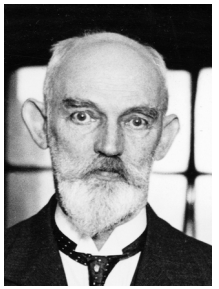
1990 után kiderült, hogy nem kellett volna eldobnia:

Az igazság a negyedik kockában van!

A modern kozmológia modellcsaládja

Einstein – Fridman – Lemaitre – de Sitter – Robertson – Walker





Az Univerzum tágul, ennek **jelenlegi** sebességét a H Hubble-állandó jellemzi (ez pozitív).

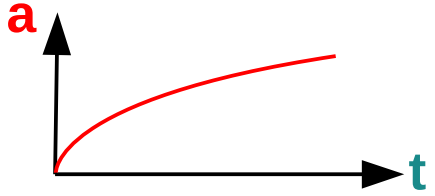
A másik jellemző paraméter a Λ kozmológiai állandó, ez lehet pozitív, negatív vagy 0.

(A harmadik adat az anyag sűrűsége, ezt adott állandónak tekintjük)

A két paraméter minden értékéhez tartozik Einstein gravitációs egyenleteinek egy megoldása:

az Univerzum tágulásának egy lehetséges forgatókönyve:

az Univerzum a mérete a t idő függvényében:



Az egyenletek megoldása és a lehetséges görbék felrajzolása **matematikai feladat**.

A lehetséges görbék közti választás **fizikai meggondolások** és **csillagászati megfigyelések** alapján lehetséges.

Fridman-modellek

Fridman egyenlete PONTOSAN megegyezik a Földről feldobott kő mozgását leíró egyenlettel.
Ezért a mozgás időbeli lefutását leíró görbék is azonosak.

Az általános relativitáselmélet emellett a tér görbületét is megadja.

A modell különböző verzióit
megkülönböztető paraméter
a tágulás jelenlegi sebességét jellemző
Hubble-állandó **H**

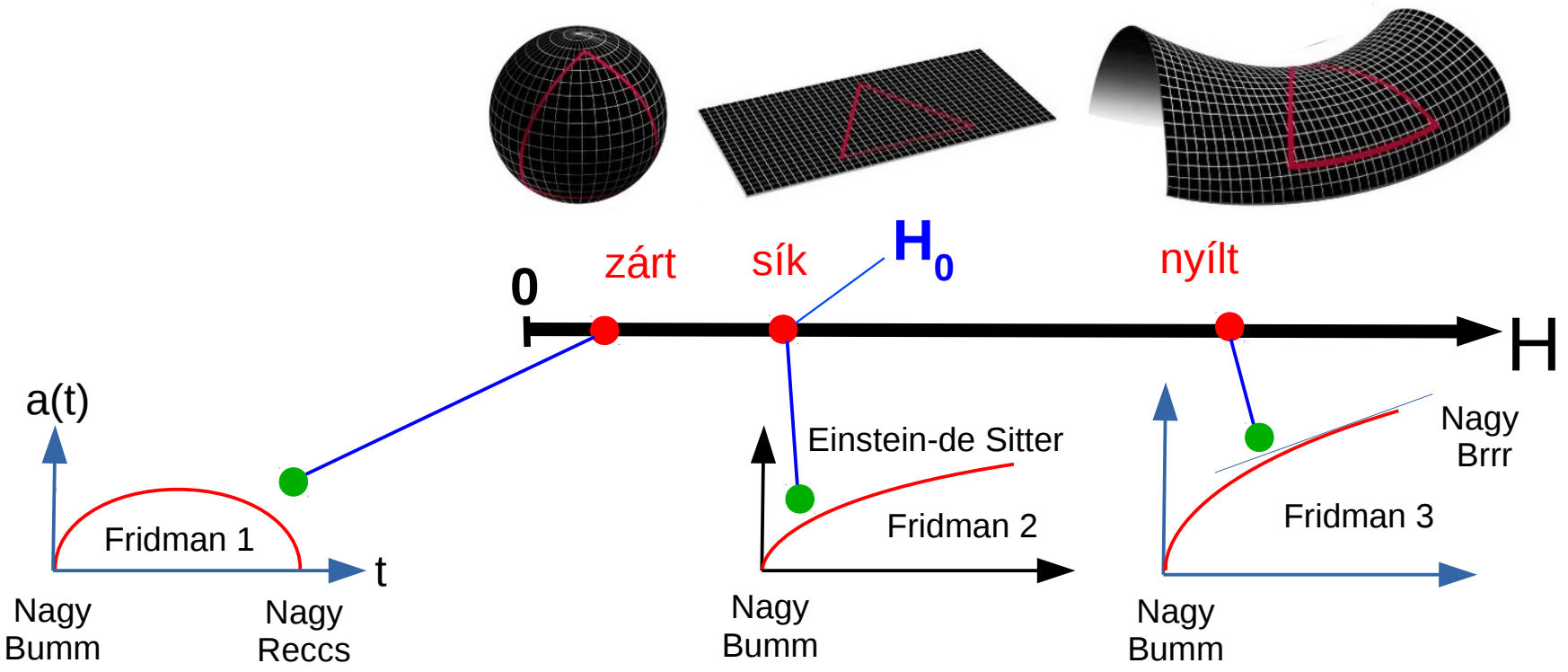
Fridman-modellek

Fridman egyenlete PONTOSAN megegyezik a Földről feldobott kő mozgását leíró egyenlettel.
Ezért a mozgás időbeli lefutását leíró görbék is azonosak.

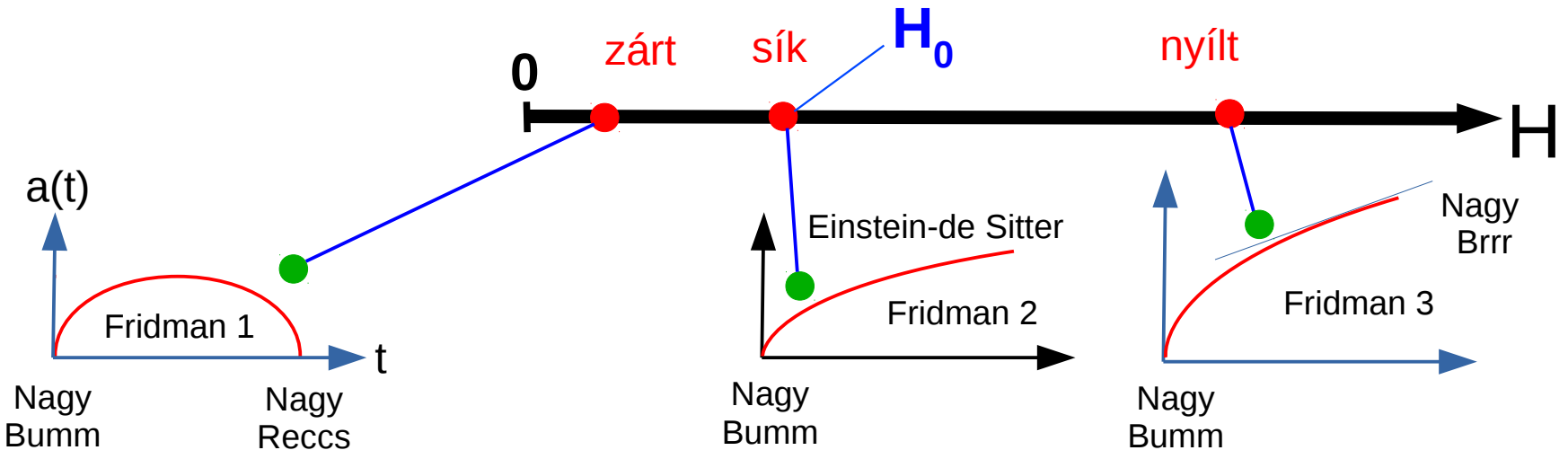
Az általános relativitáselmélet emellett a tér görbületét is megadja.

A modell különböző verzióit
megkülönböztető paraméter
a tágulás jelenlegi sebességét jellemző
Hubble-állandó **H**

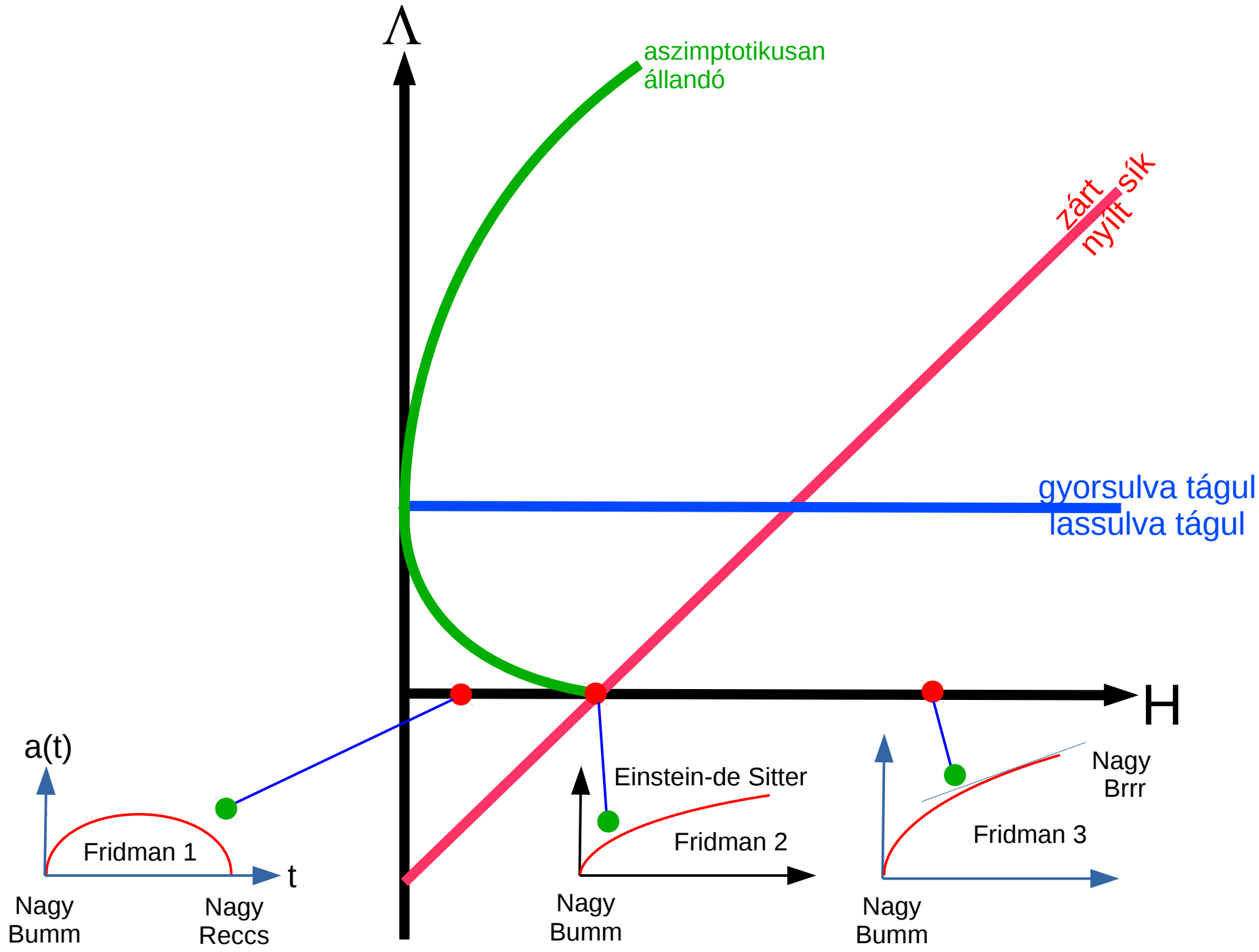
A térben véges Fridman-modell időben is véges,
a térben végtelen időben is végtelen.



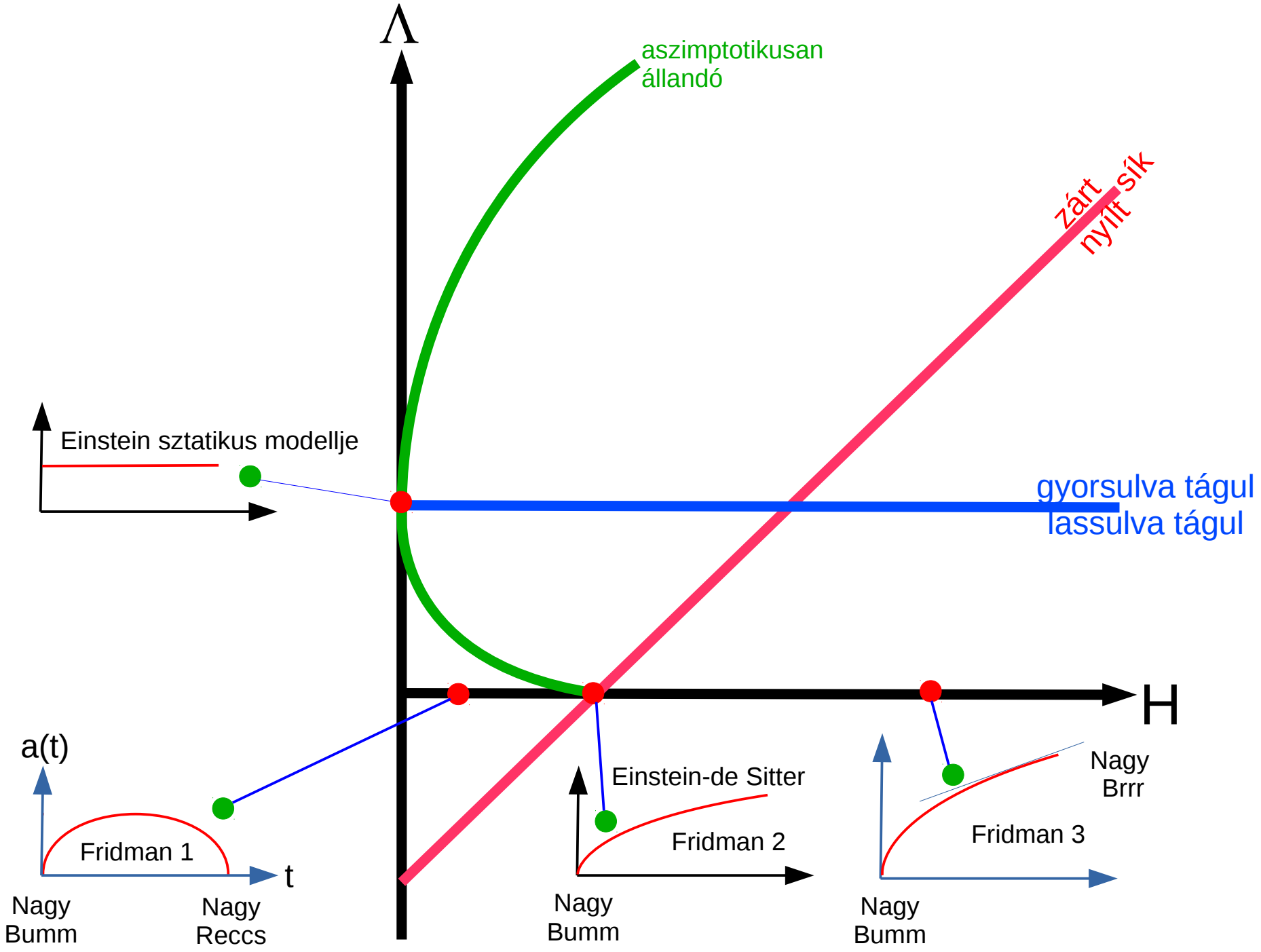
Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



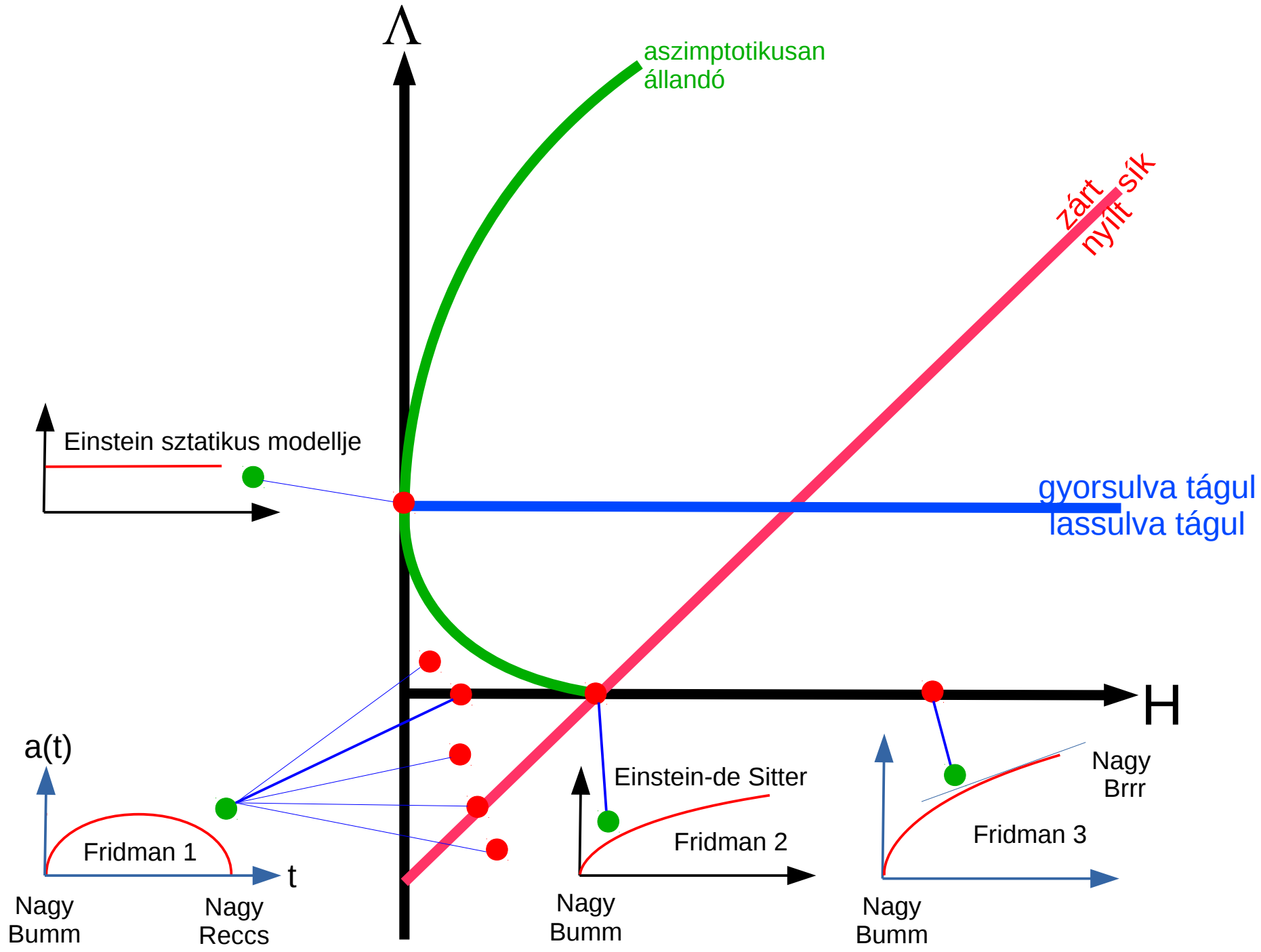
Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



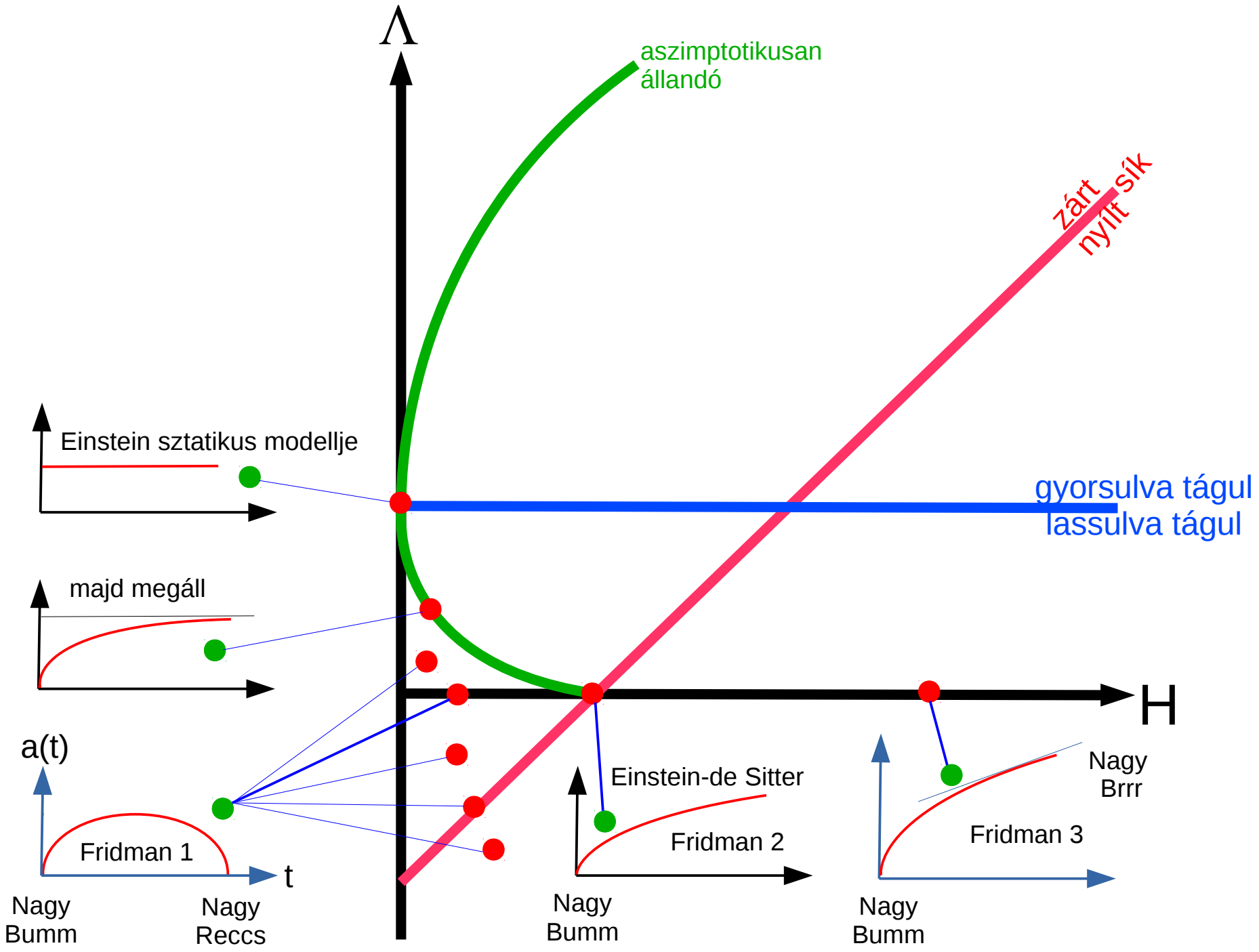
Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



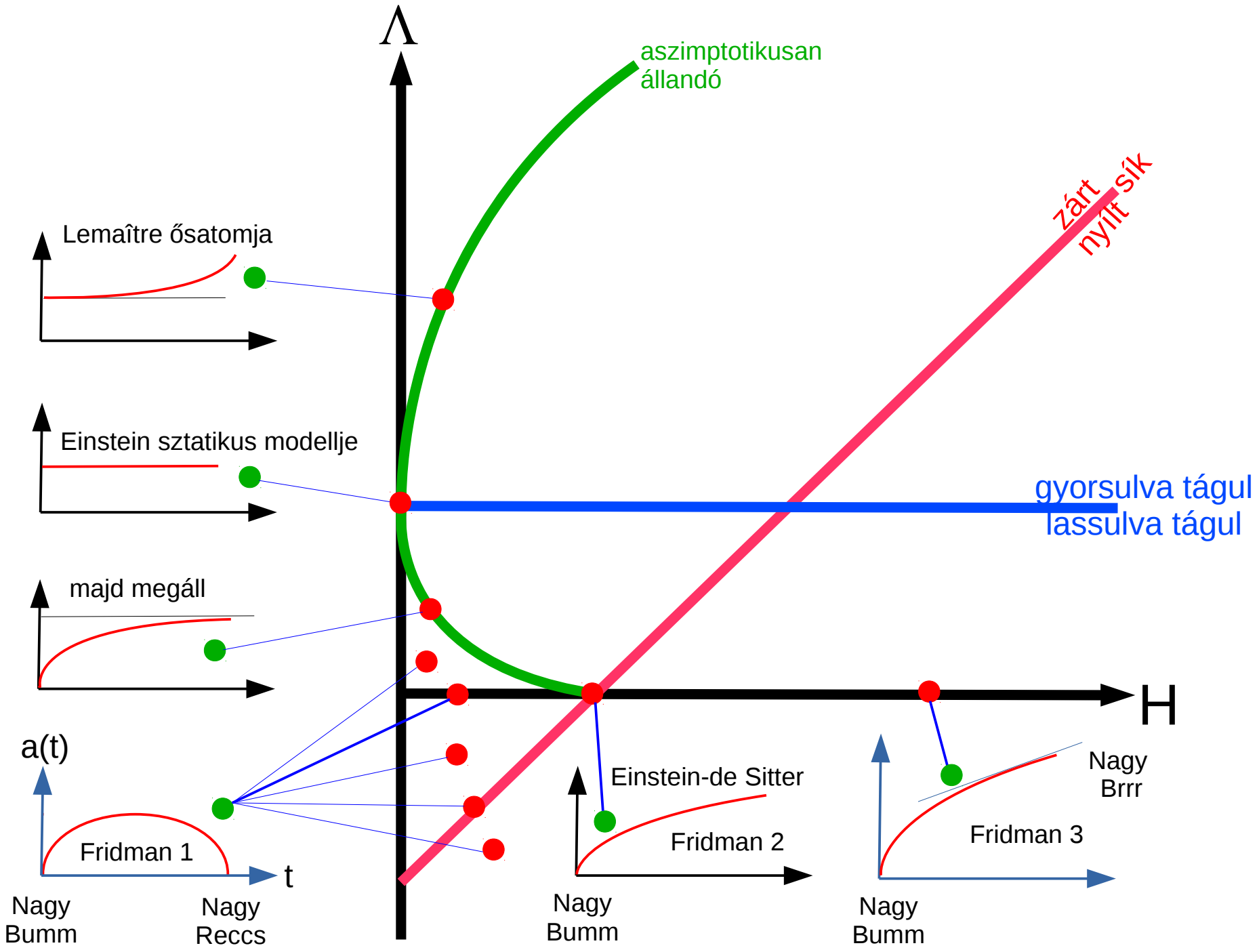
Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



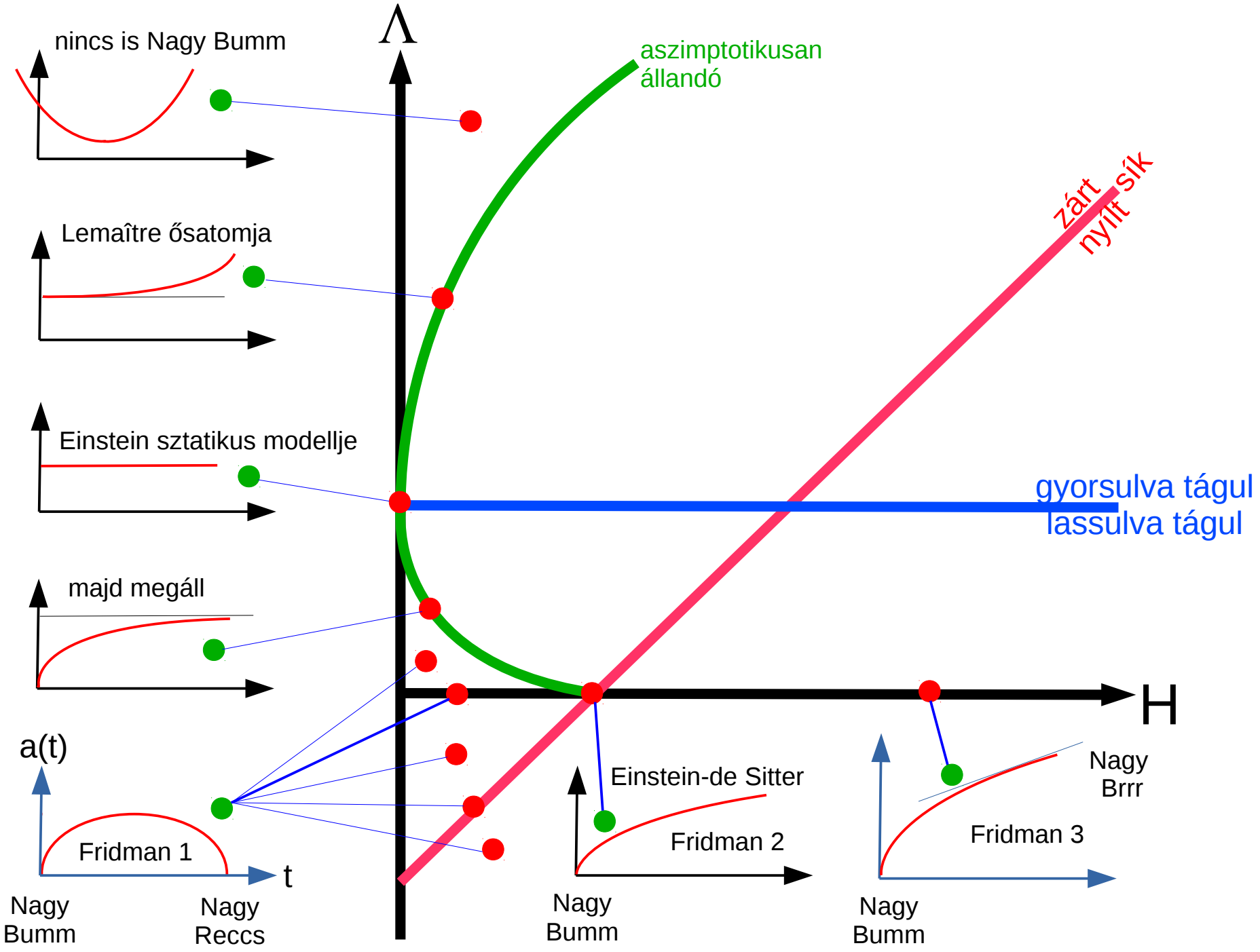
Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



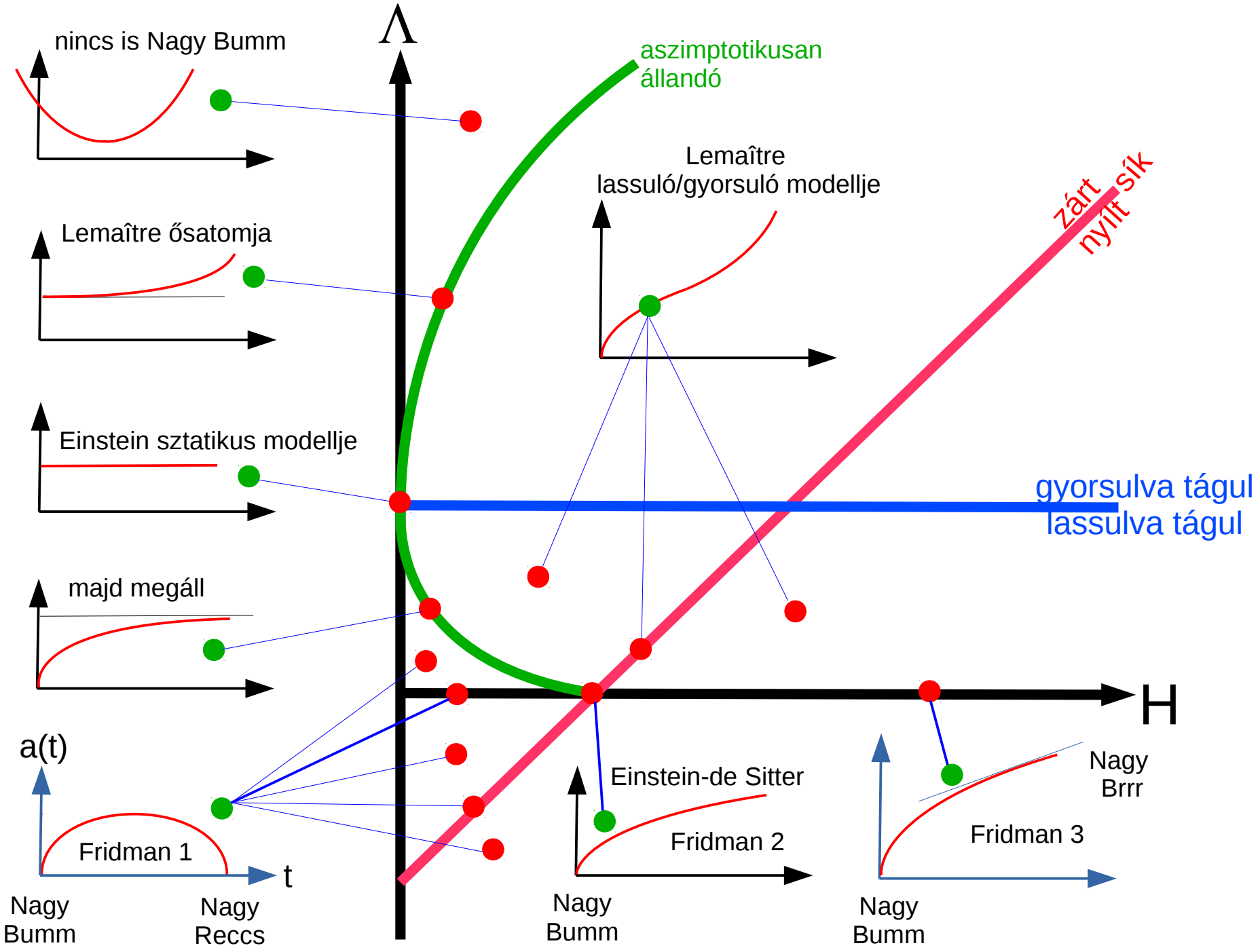
Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



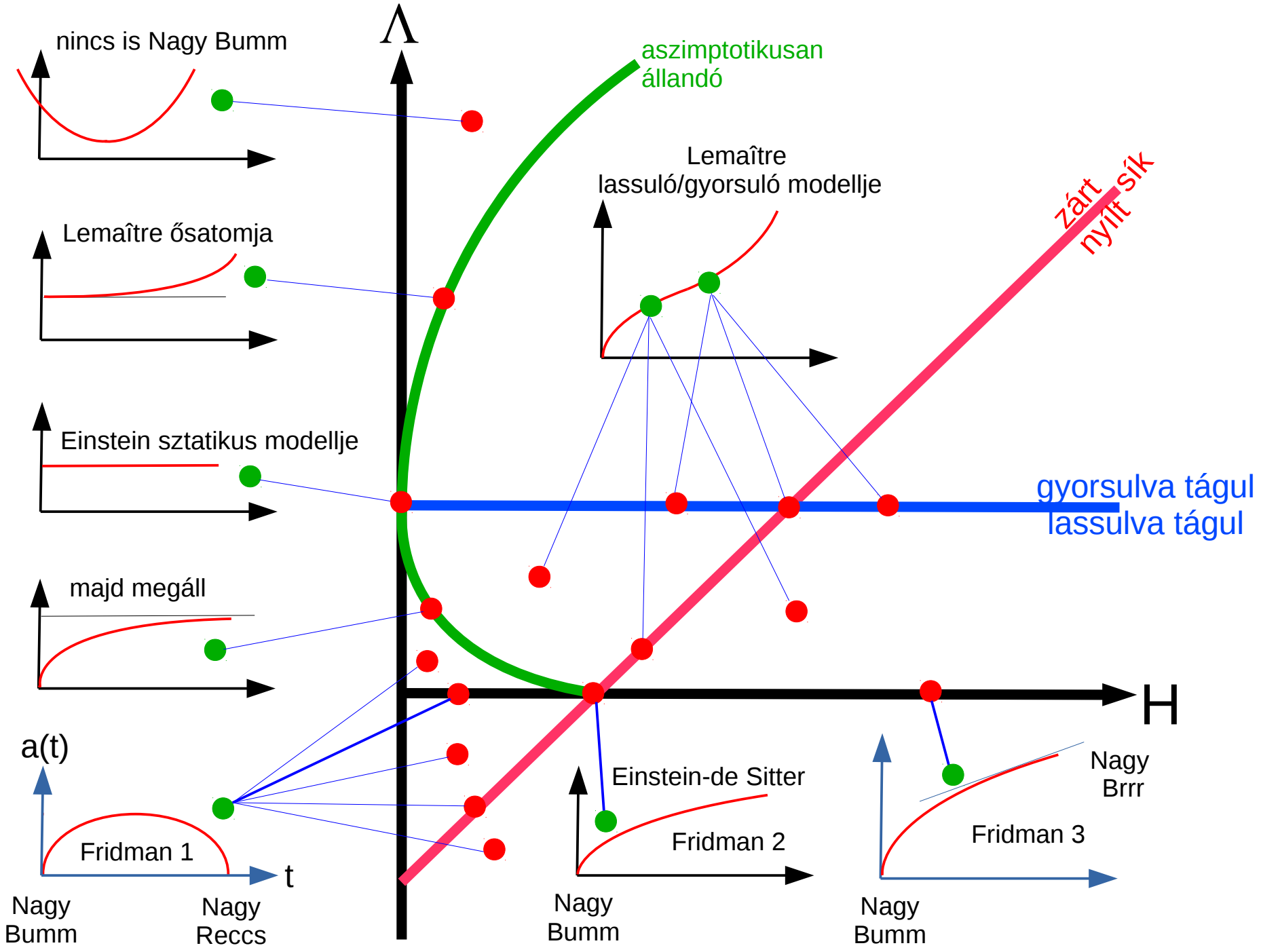
Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



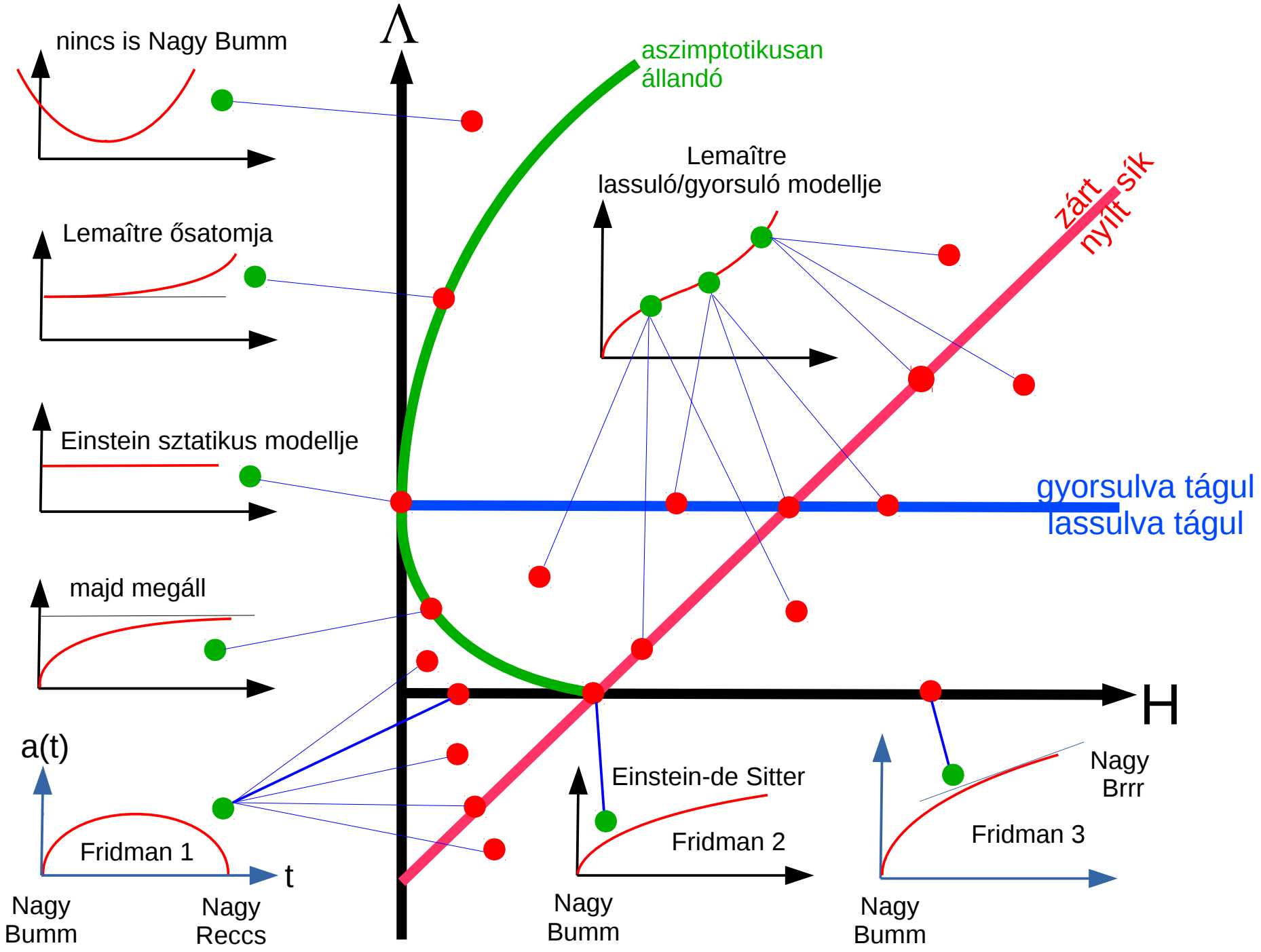
Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



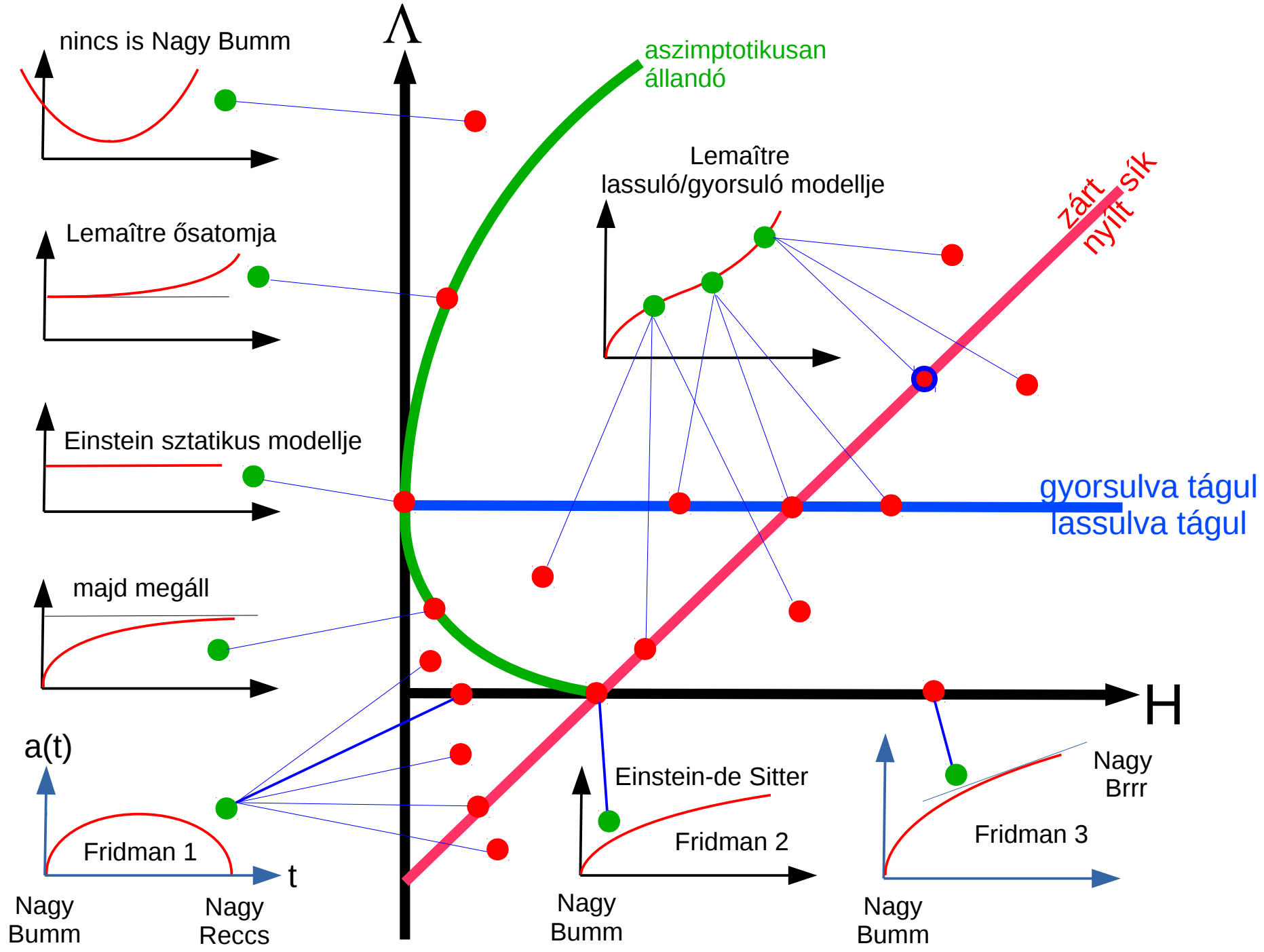
Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



Einstein–Fridman–Lemaître–de Sitter–Robertson–Walker kozmológiai modellcsalád



Hogyan tudunk választani a sokféle kozmológiai forgatókönyv közül?

Csillagászati megfigyelésekkel!

A tágulás emberi léptékkel túl lassú, ráadásul csak egy pillanatát látjuk.

Ezért az anyag kozmikus méretű eloszlását kell vizsgálni.

Az Univerzum nem egy üres, táguló tartály:

a tágulás üteme és a tér görbülete befolyásolja
a Világegyetemet kitöltő anyag mozgását és eloszlását

- a galaxisok eloszlásának struktúráját
- a háttérsugárzás parányi ingadozásait (fluktuációit)
- a térben terjedő fény irányát, szétszóródását és gyengülését

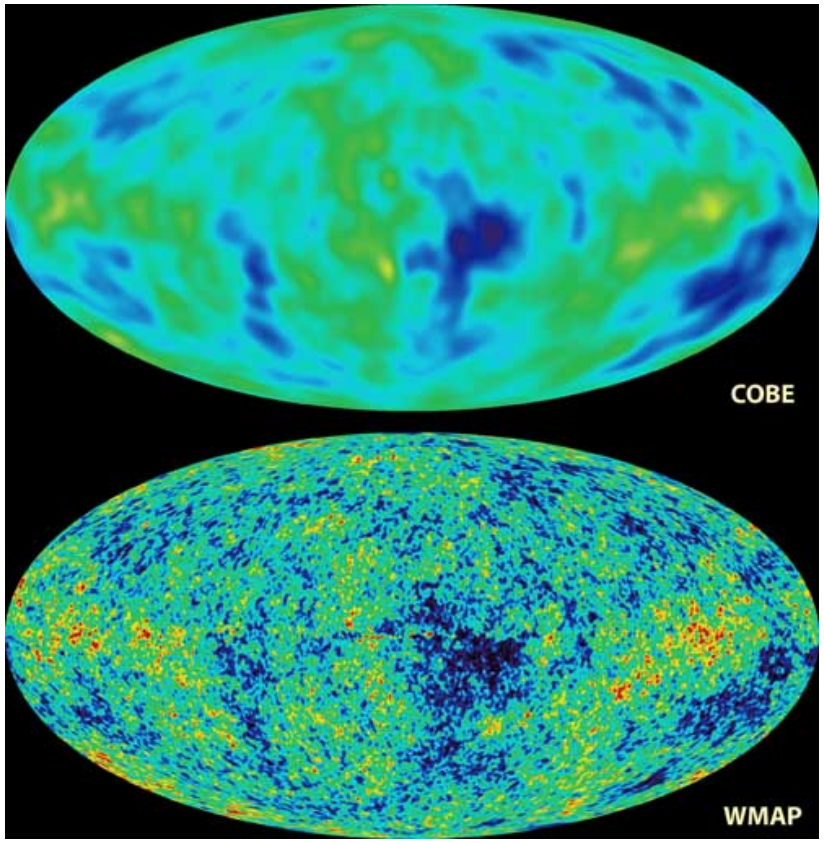
Precíziós kozmológia, 1990-2020

Három független csillagászati mérés:

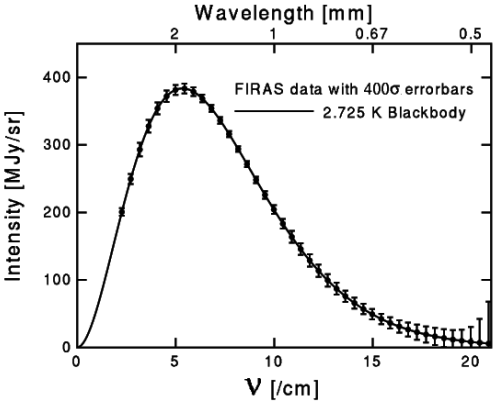
**Külön-külön is jelentősek,
de együtt lehetővé tették
az Univerzum adatainak
1 % pontosságú mérését!**

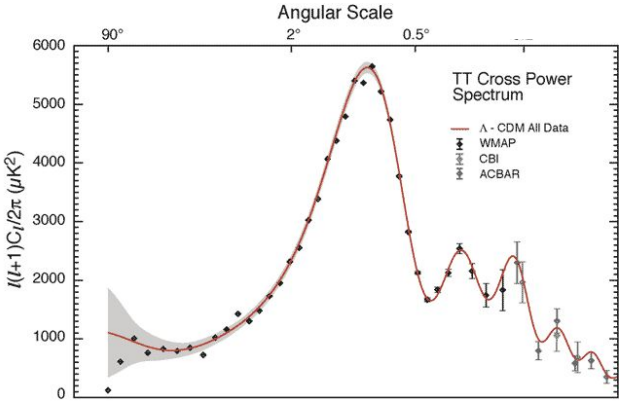
Precíziós kozmológia, 1990-2020

A kozmikus háttérsugárzás eloszlása



a háttérsugárzás fluktuációja
a COBE (1990) és a WMAP (2000)
szonda mérései alapján





2006. évi fizikai Nobel-díj



J. C. Mather

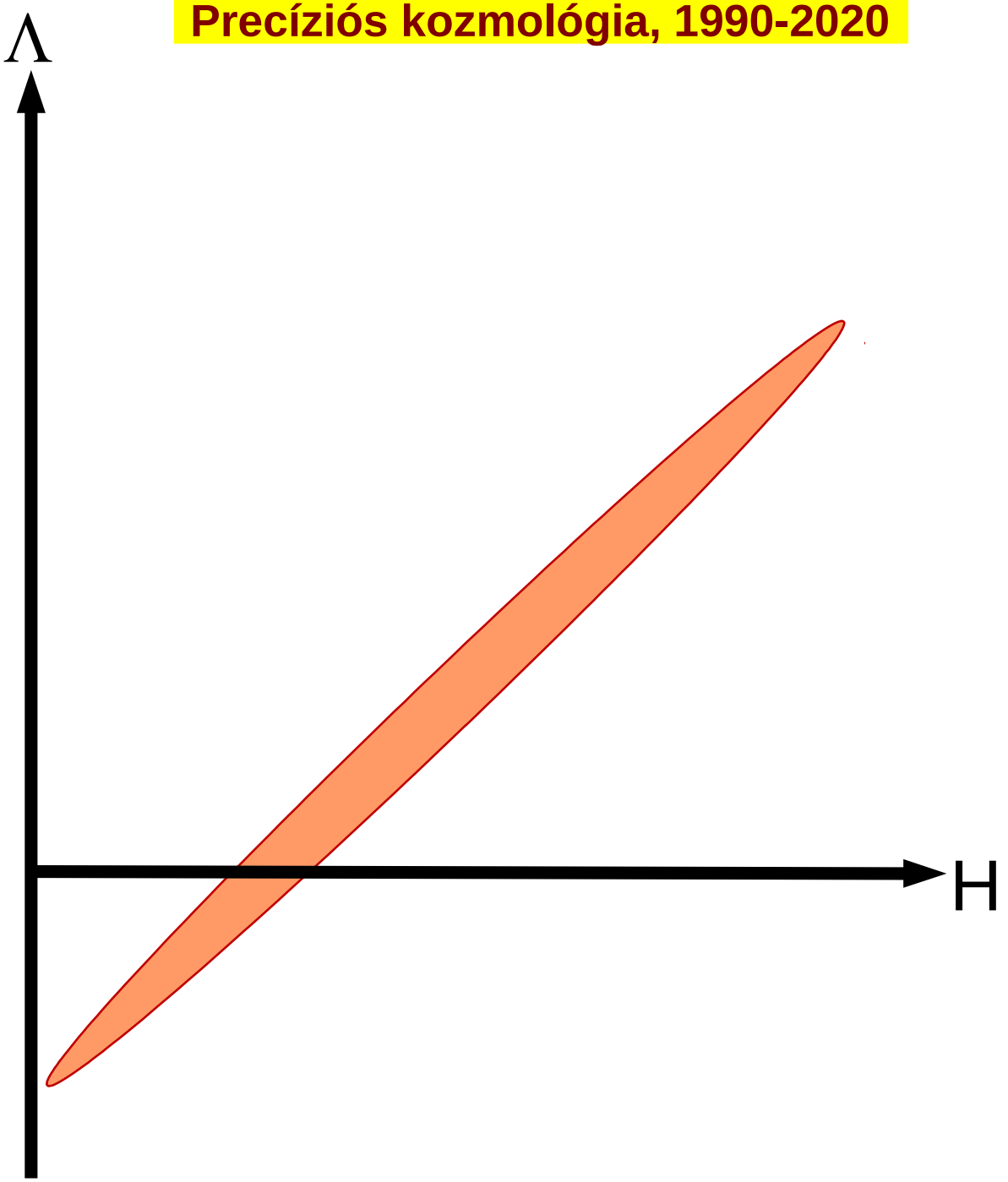


G. F. Smoot

Precíziós kozmológia, 1990-2020

Három független csillagászati mérés:

A háttérsugárzás fluktuációja által megengedett értékek



Precíziós kozmológia, 1990-2020

Három független csillagászati mérés:



távoli szupernóvák fényességének mérése

2011. évi fizikai Nobel-díj



S. Perlmutter



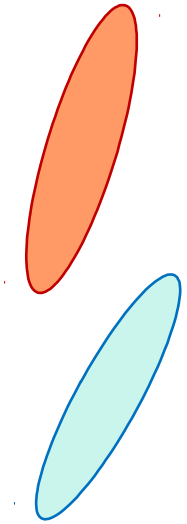
B. P. Schmidt



A. G. Riess

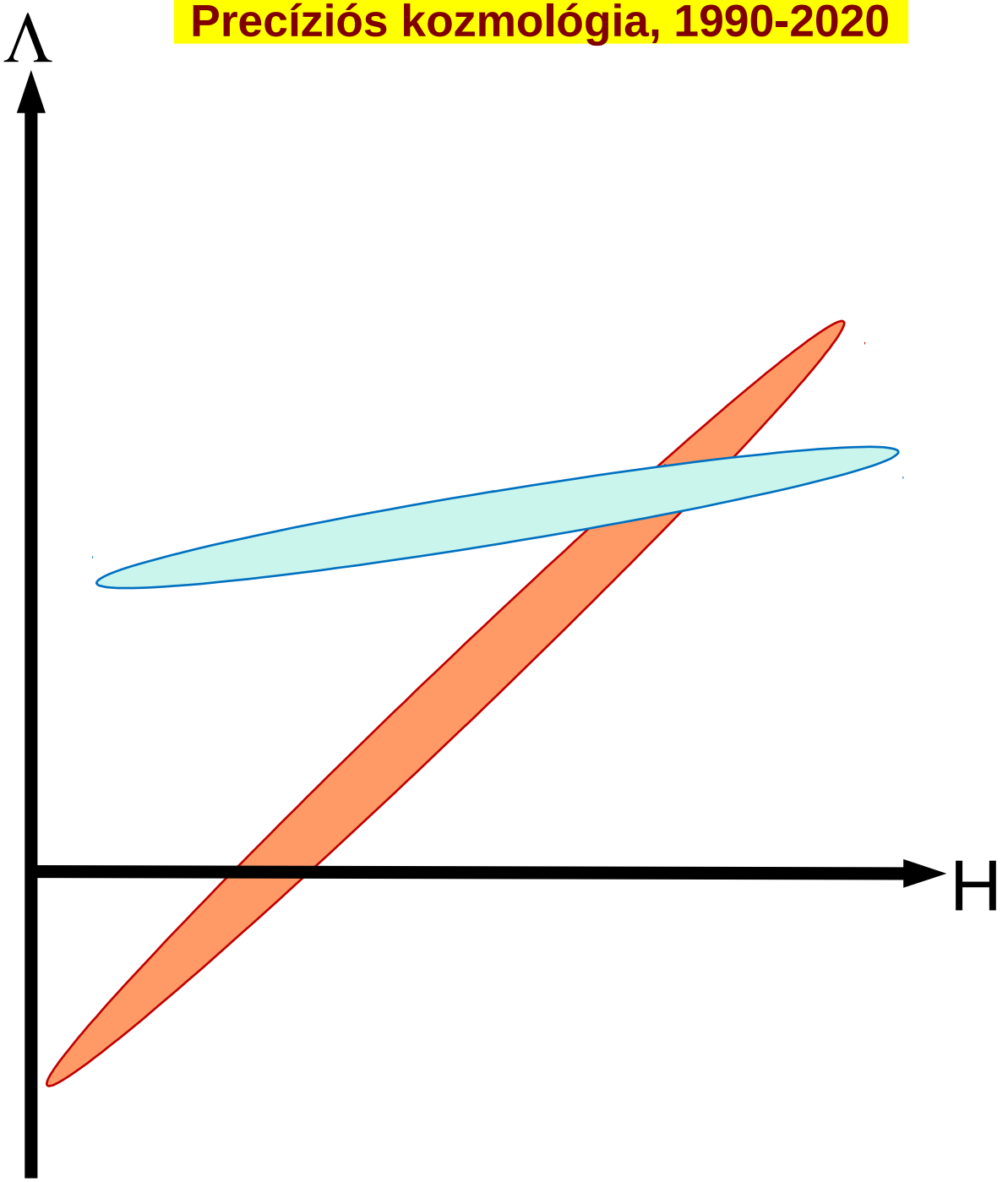
Precíziós kozmológia, 1990-2020

Három független csillagászati mérés:



A háttérsugárzás fluktuációja által megengedett értékek

A távoli szupernóvák fényessége által megengedett értékek

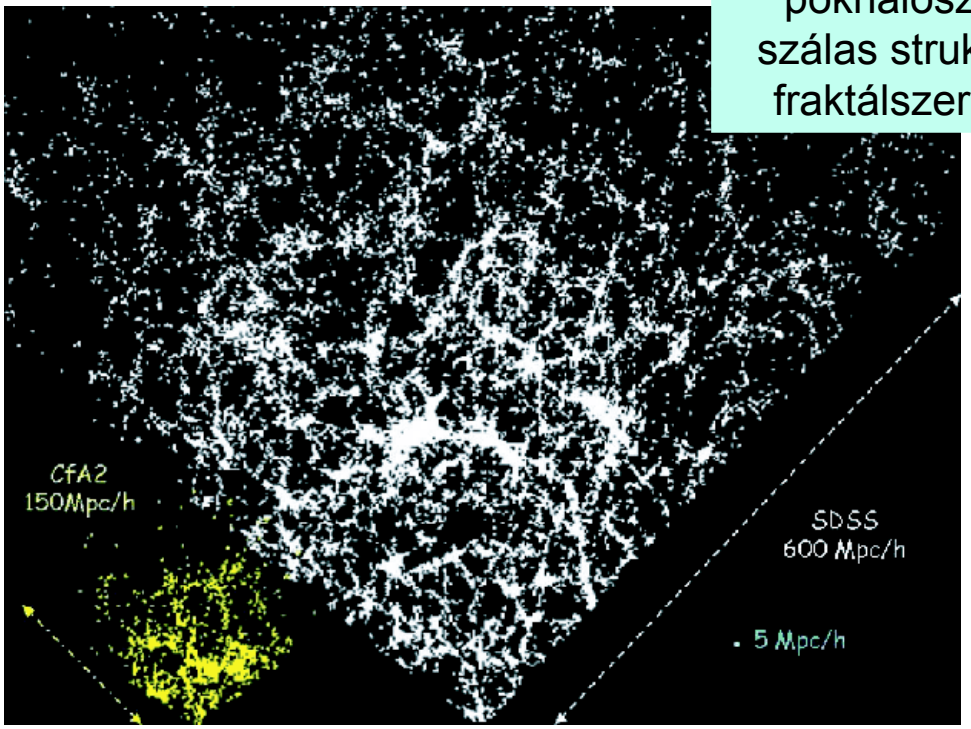


Precíziós kozmológia, 1990-2020

Három független csillagászati mérés:

A galaxisok eloszlása nagyjából egyenletes, de nem véletlenszerű

pókhálószerű, szálas struktúrák, fraktálszerkezet



Ma kb. 100 milliárd galaxist látunk magunk körül egy 13,8 milliárd fényév sugarú gömbben.

A galaxisok térbeli eloszlásának feltérképezése:

SDSS: Sloan Digital Sky Survey

a csillagászati Big Science kezdete:

Szalay A. Sándor
(ELTE, majd Johns Hopkins Univ)

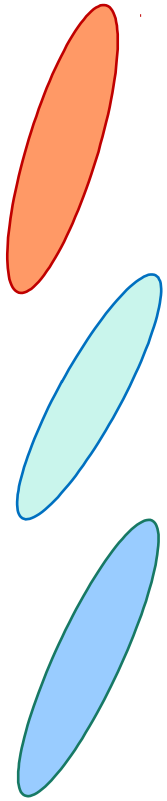




Csabai István (ELTE):
Az Univerzum
3 dimenziós térképe
Atomcsill
2015. okt. 13.

Precíziós kozmológia, 1990-2020

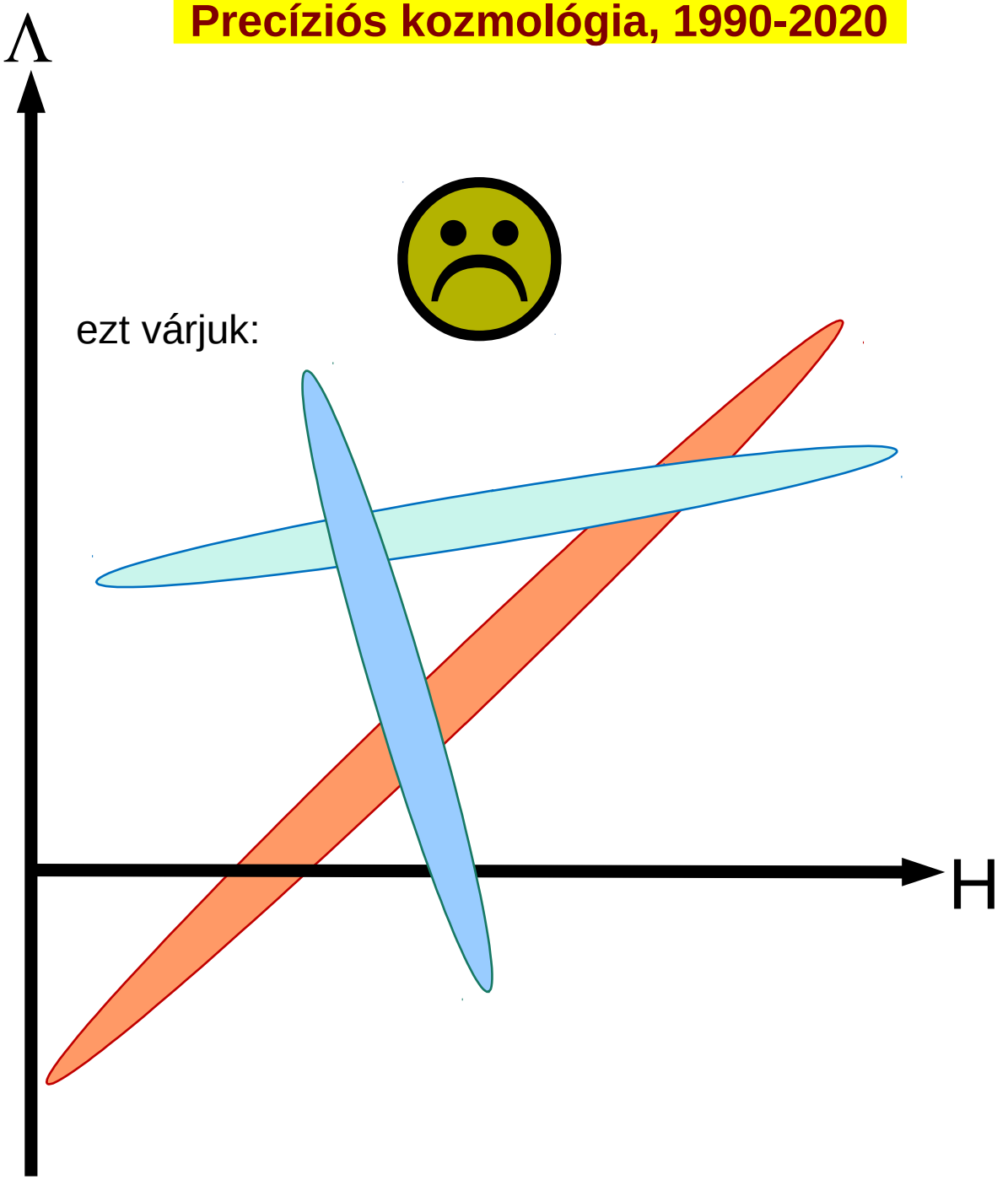
Három független csillagászati mérés:



A háttérsugárzás fluktuációja által megengedett értékek

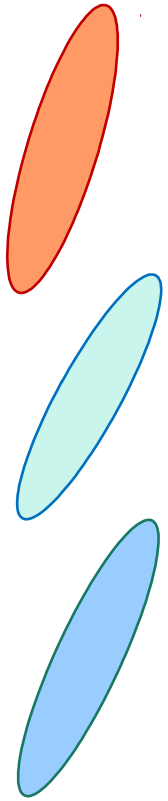
A távoli szupernóvák fényessége által megengedett értékek

A galaxisok eloszlása által megengedett értékek



Precíziós kozmológia, 1990-2020

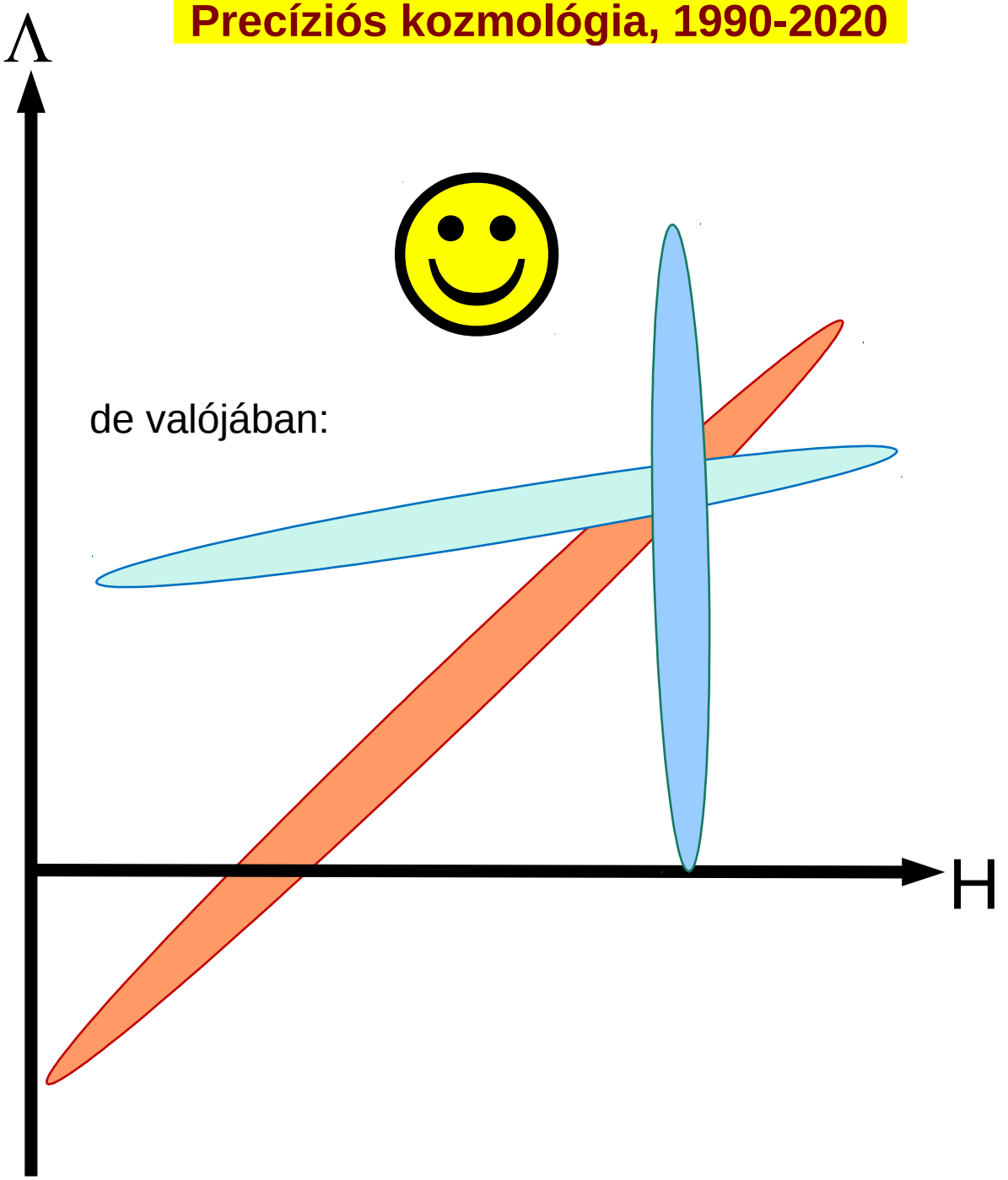
Három független csillagászati mérés:



A háttérsugárzás fluktuációja által megengedett értékek

A távoli szupernóvák fényessége által megengedett értékek

A galaxisok eloszlása által megengedett értékek



de valójában:

Precíziós kozmológia, 1990-2020

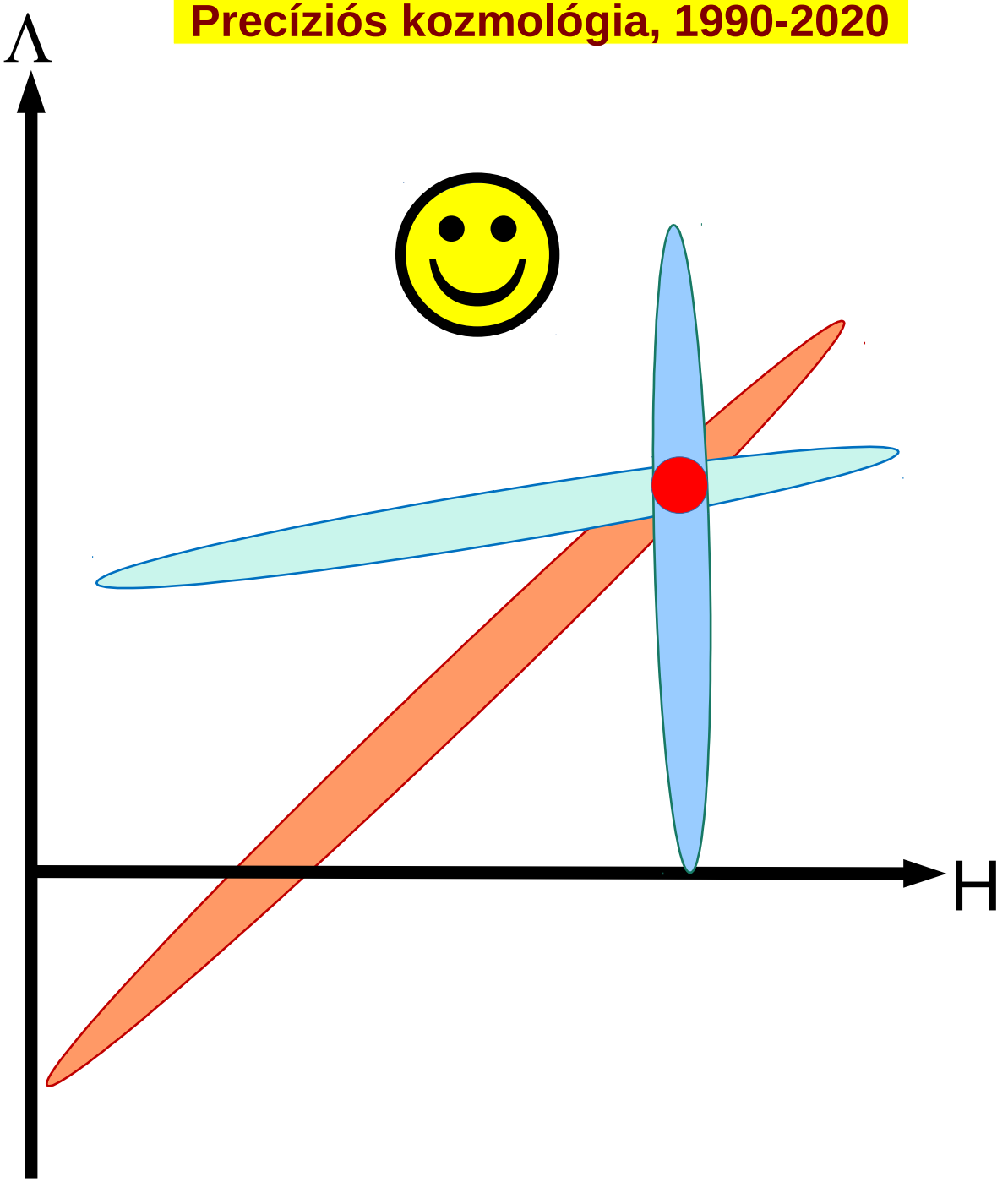
Három független csillagászati mérés:

A háttérsugárzás fluktuációja által megengedett értékek

A távoli szupernóvák fényessége által megengedett értékek

A galaxisok eloszlása által megengedett értékek

A három mérés közös megengedett tartománya



Precíziós kozmológia, 1990-2020

Három független csillagászati mérés:

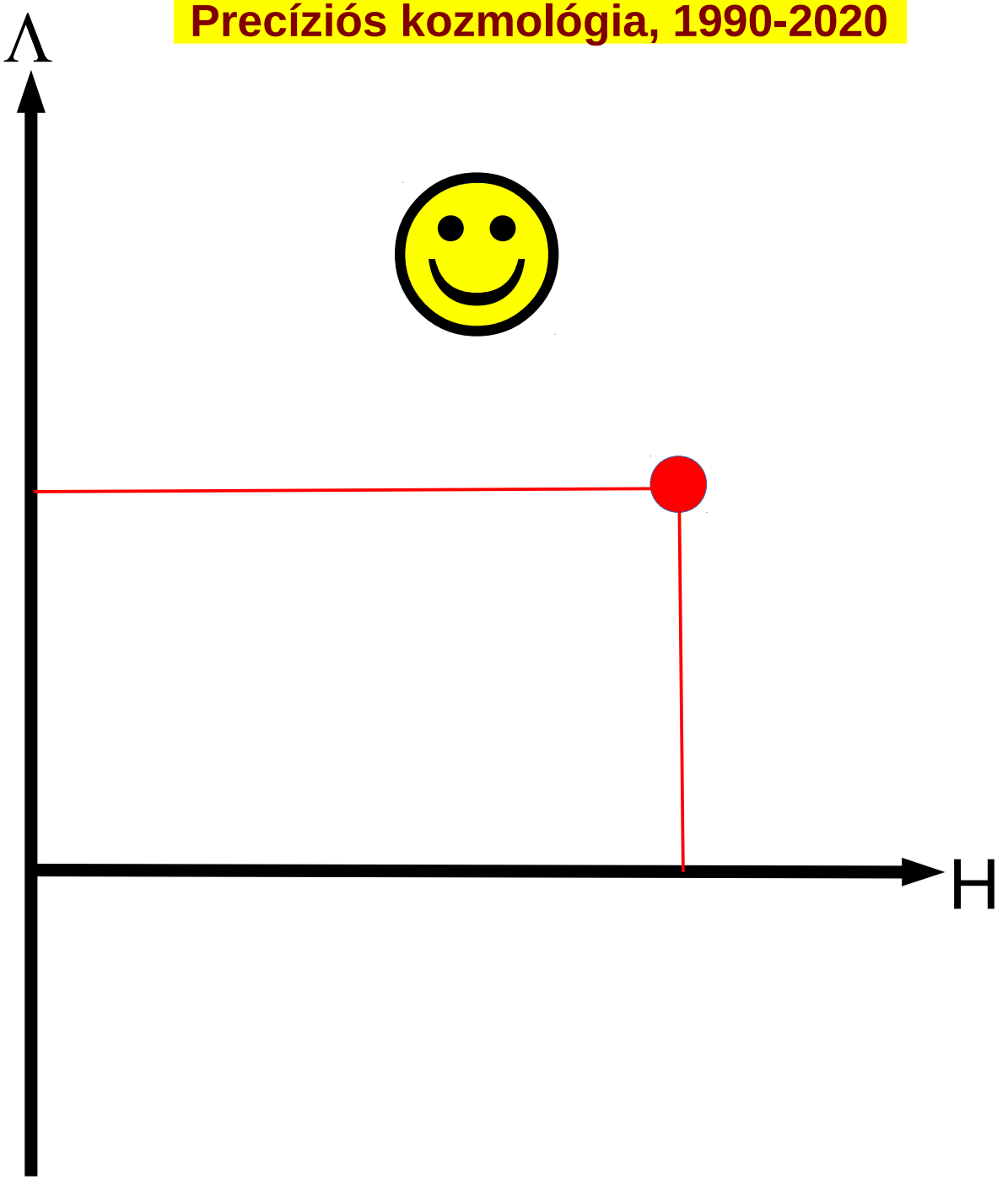
A háttérsugárzás fluktuációja által megengedett értékek

A távoli szupernóvák fényessége által megengedett értékek

A galaxisok eloszlása által megengedett értékek

A három mérés közös megengedett tartománya

azaz az Univerzum megmért paraméterei



Precíziós kozmológia, 1990-2020

Három független csillagászati mérés:

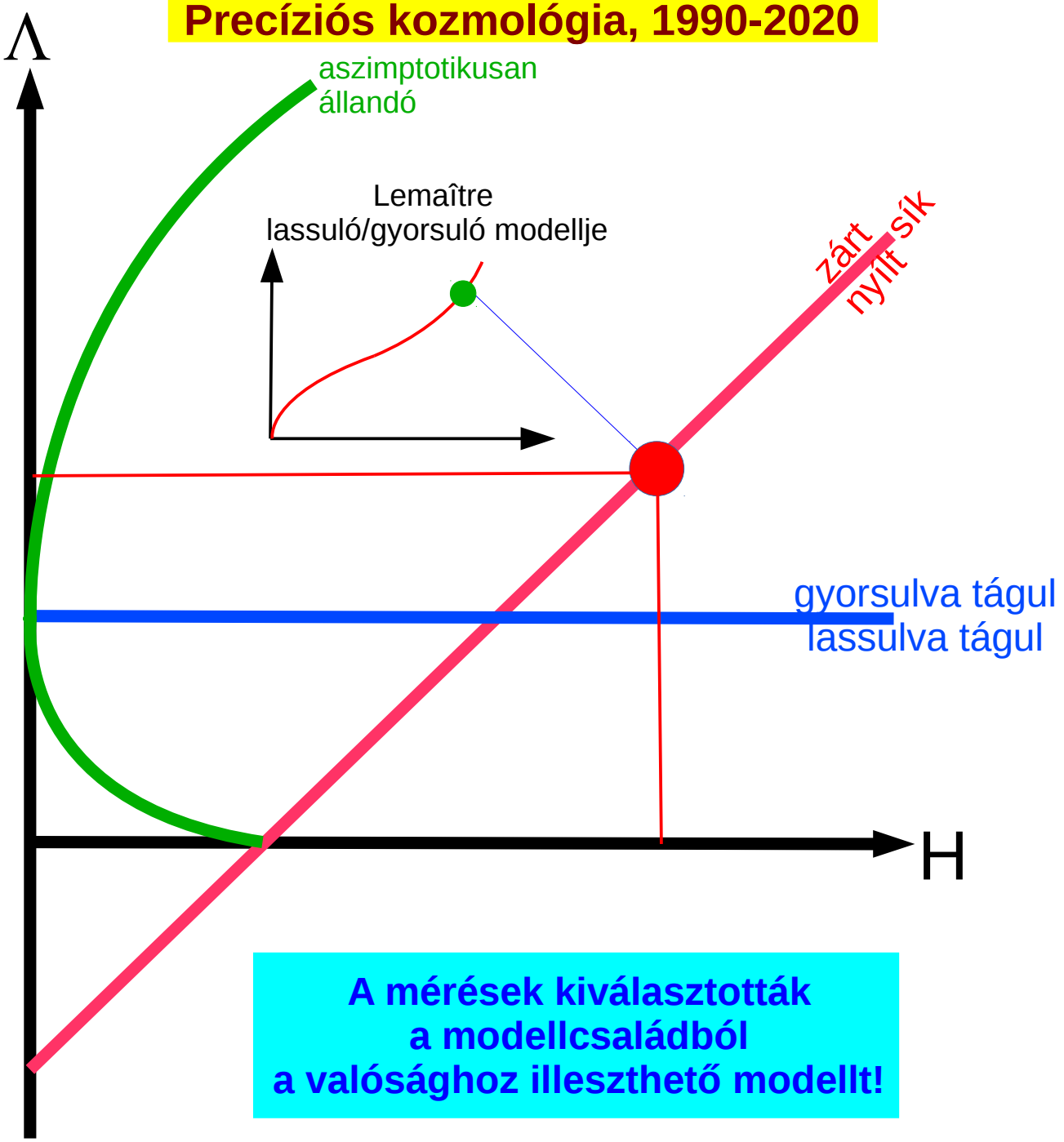
A háttérsugárzás fluktuációja által megengedett értékek

A távoli szupernóvák fényessége által megengedett értékek

A galaxisok eloszlása által megengedett értékek

A három mérés közös megengedett tartománya

azaz az Univerzum megmért paraméterei



A mérések kiválasztották a modellcsaládból a valósághoz illeszthető modellt!

Precíziós kozmológia, 1990-2020

Három független csillagászati mérés:

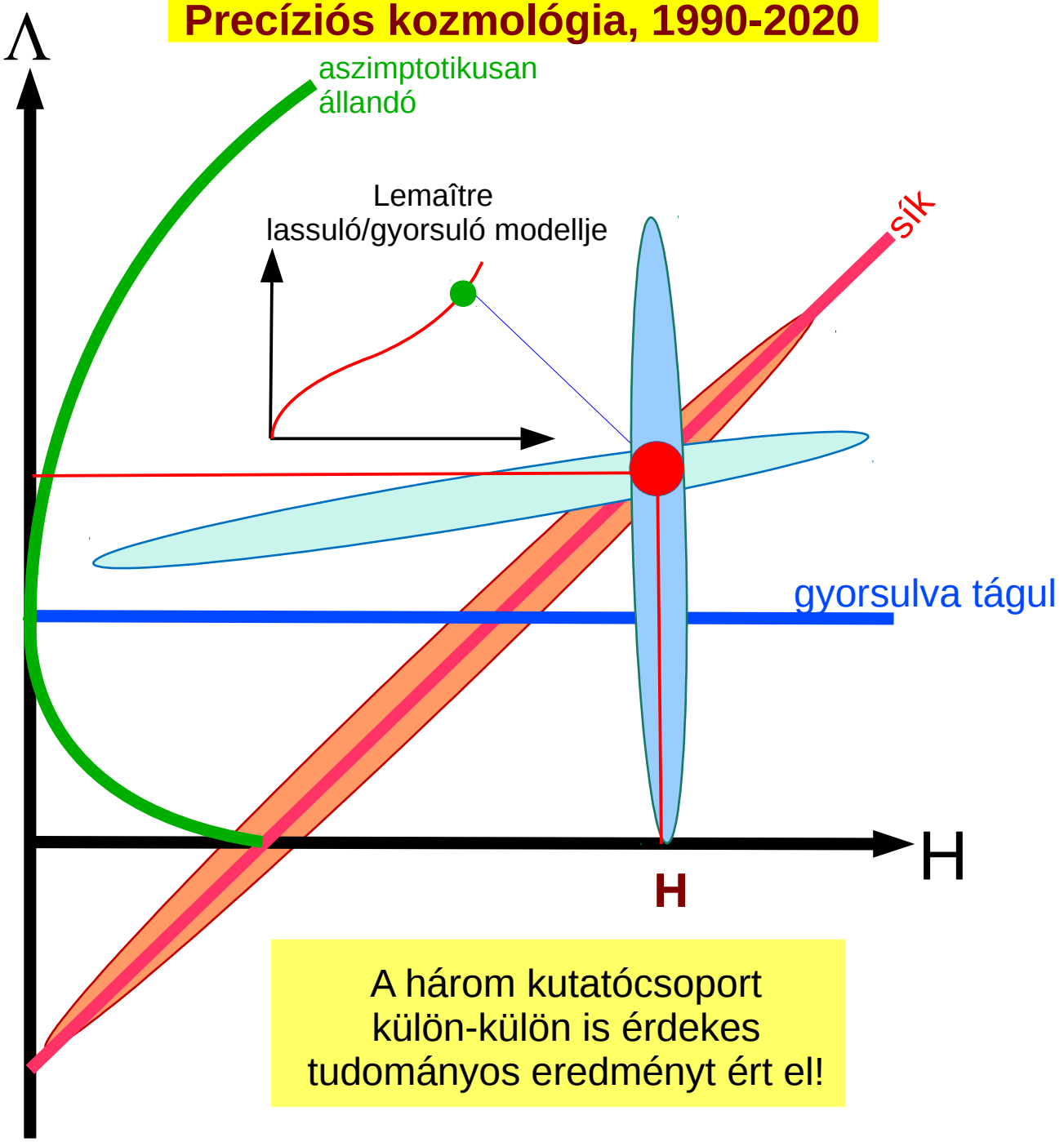
A háttérsugárzás fluktuációja által megengedett értékek

A távoli szupernóvák fényessége által megengedett értékek

A galaxisok eloszlása által megengedett értékek

A három mérés közös megengedett tartománya

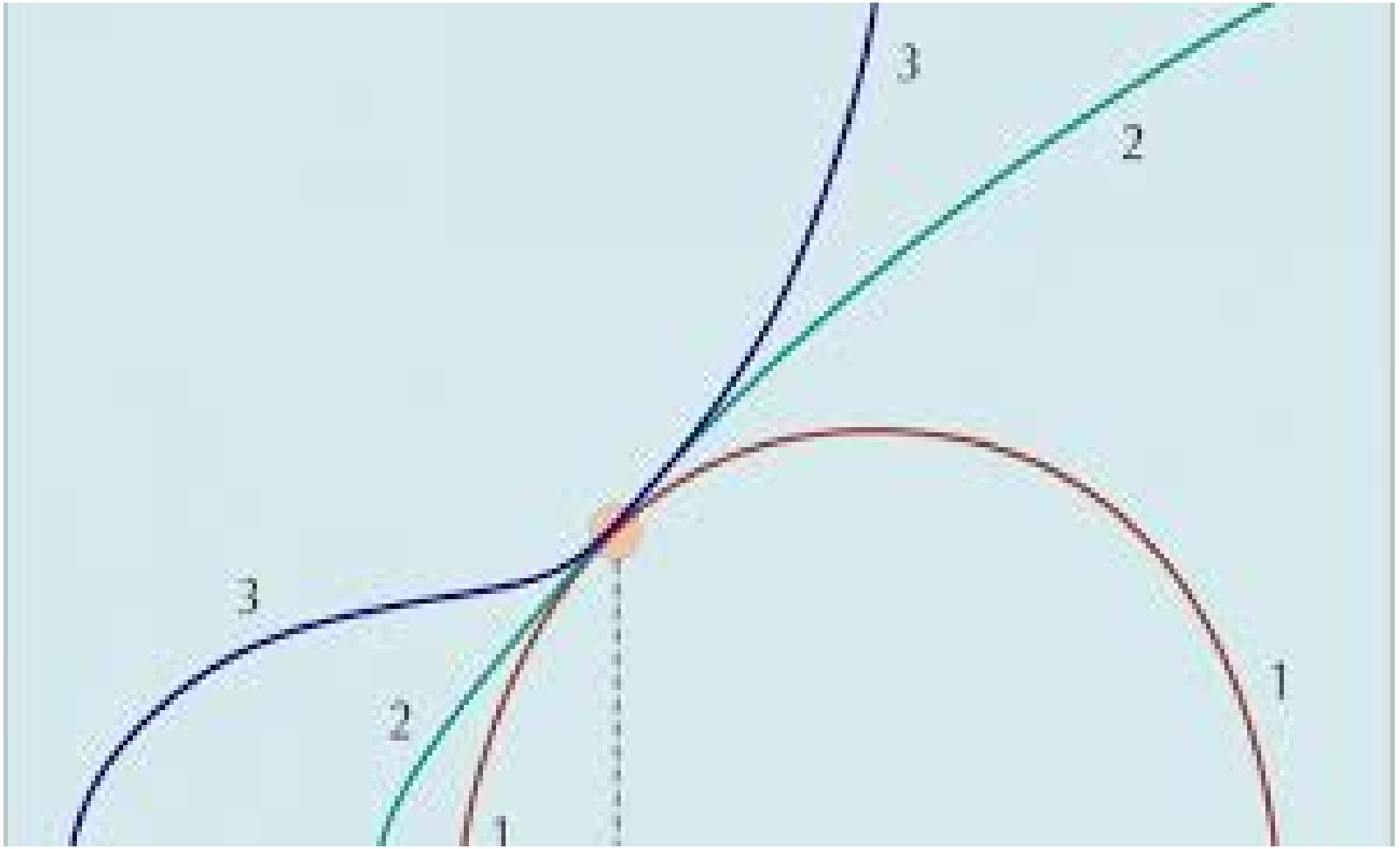
azaz az Univerzum megmért paraméterei



A három kutatócsoport külön-külön is érdekes tudományos eredményt ért el!

Az új mérések alapján az Univerzum jelenleg **gyorsulva tágul!** (3. görbe)

És öregebb, mint korábban gondoltuk...

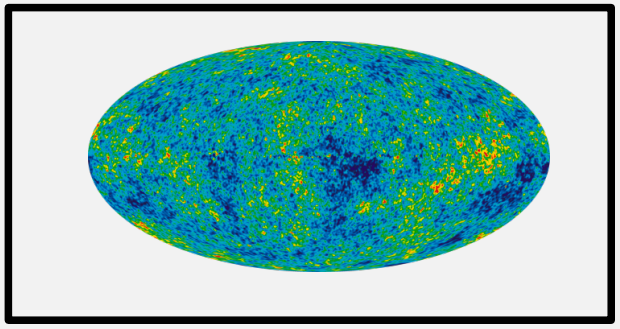


Ez bizony **antigravitáció!** (Csak sajnos nem lehet gördeszkára kenni...)

Az új mérések alapján kiállítható:

Az Univerzum személyi igazolványa

- Neve: **a mi Univerzumunk**
- Életkora: **13,8 milliárd év**
- Geometriája: **sík**
- Mérete: **végtelen**
- Tágulása: **gyorsuló**
- Összetétele:
  69% sötét energia + 27% sötét anyag + 4% atomos anyag
- Életre **alkalmas** ✓



Fotó helye

Ez a helyzet „a tudomány mai állása szerint”.

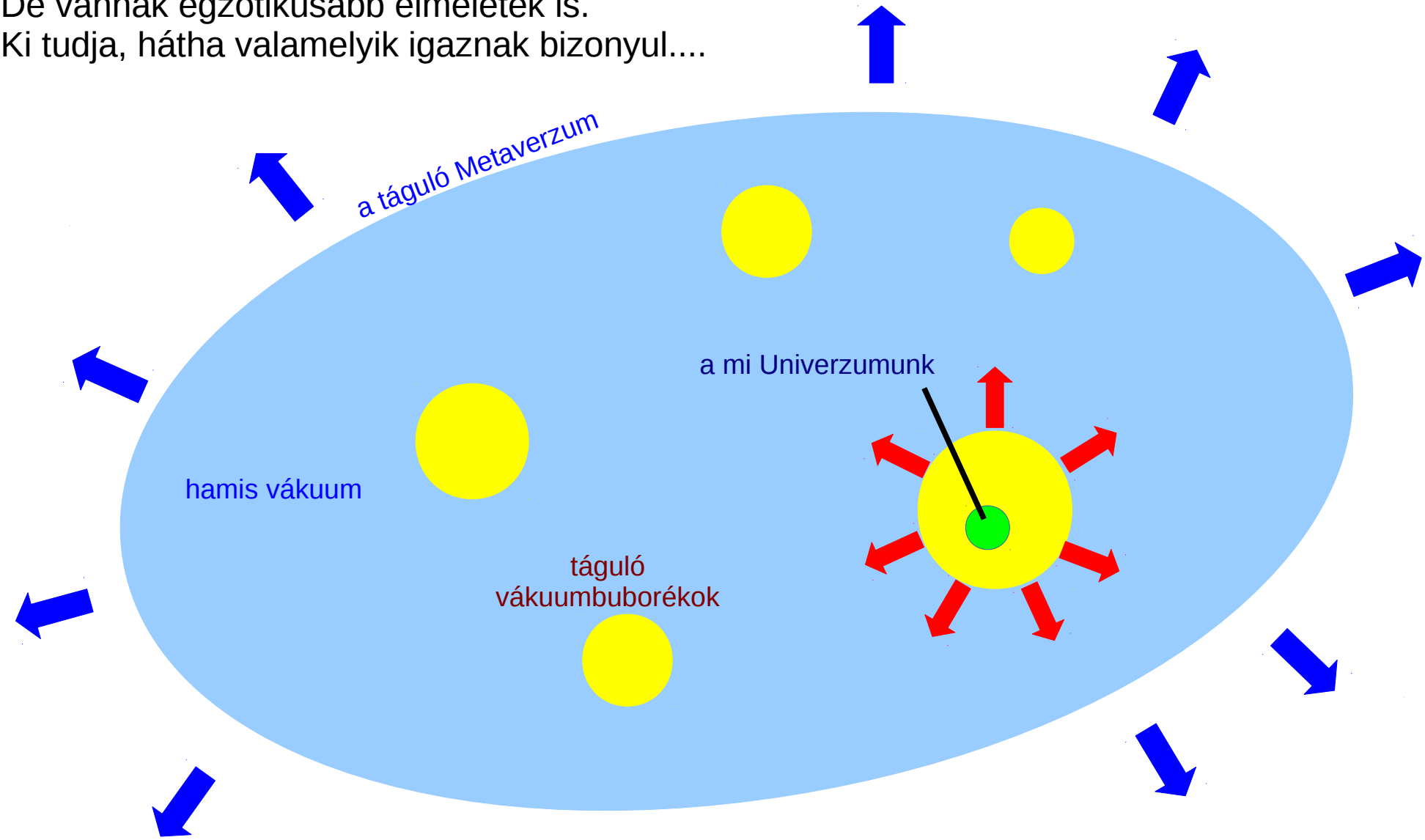
Örökös inflációs modell

De vannak egzotikusabb elméletek is.
Ki tudja, hátha valamelyik igaznak bizonyul....

Ez a helyzet „a tudomány mai állása szerint”.

Örökös inflációs modell

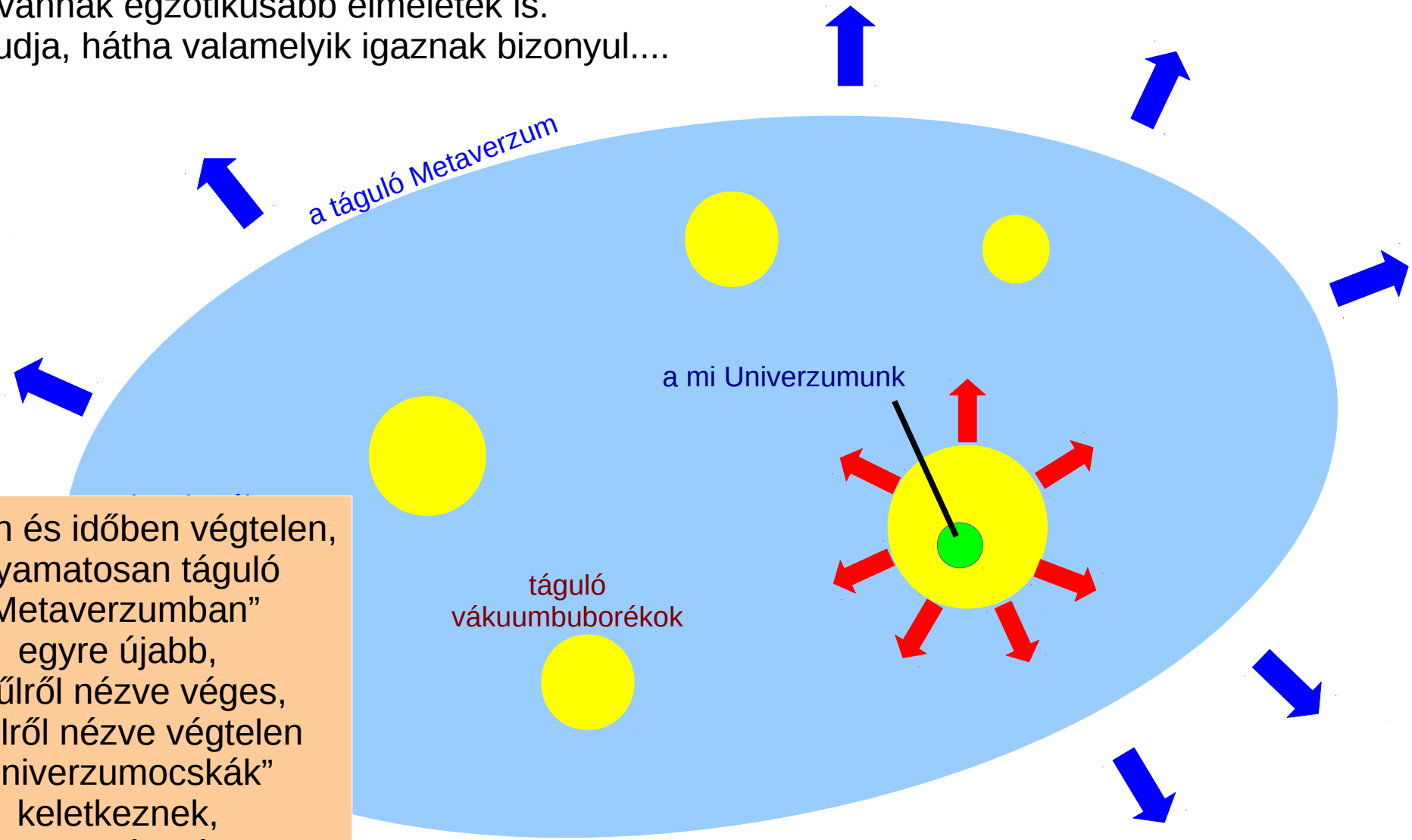
De vannak egzotikusabb elméletek is.
Ki tudja, hátha valamelyik igaznak bizonyul....



Ez a helyzet „a tudomány mai állása szerint”.

Örökös inflációs modell

De vannak egzotikusabb elméletek is.
Ki tudja, hátha valamelyik igaznak bizonyul....



Térben és időben végtelen,
folyamatosan táguló
„Metaverzumban”
egyre újabb,
kívűlről nézve véges,
belülről nézve végtelen
„Univerzumocskák”
keletkeznek,
és indulnak tágulásnak...

A tudományos fantázia határa a csillagos (galaxisos) ég...




„Több dolgok vannak földön és egen, Horatio...”

„Több dolgok vannak földön és egen, Horatio...”



Határtalan (?) Világegyetem

„Több dolgok vannak földön és egen, Horatio...”



Határtalan (?) Világegyetem

Köszönöm a figyelmet!



Határtalan (?) Világegyetem

Az atomoktól a csillagokig

Dávid Gyula

2019. 01. 17.