

Kozmológia és vallás

(Ősrobbanás és teremtés)

Horváth Dezső

horvath@rmki.kfki.hu

MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet, Budapest
és MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen



Vázlat

- Ősrobbanás, infláció.
- Evolúció és vallás.
- Ősrobbanás és vallás.
- Szent Ágoston a Teremtésről.
- Szent Ágoston az időről.
- II. János Pál és Stephen Hawking

Forrás

- Jáki Szaniszló: Isten és a kozmológusok
- Stephen Hawking: Az idő rövid története
Talentum Kiadó, Budapest, 1998
- Szent Ágoston vallomásai
(Dr. Vass József fordítása)
<http://mek.oszk.hu/04100/04187/04187.htm>
- <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ősrobbanás>

Előszó

A fizika egzakt tudomány (*képletgyűjtemény!*)

- Pontos matematikai formalizmuson alapszik.
- Elmélet érvényes, ha kiszámítható, és eredmény egyezik kísérlettel.
- Az igazi fogalmak mérhető mennyiségek, a szavak csak mankók.

Szavak mögött pontos matematika és kísérleti tapasztalat

Mi, hogyan: fizika.

Miért: filozófia

És a teológia?

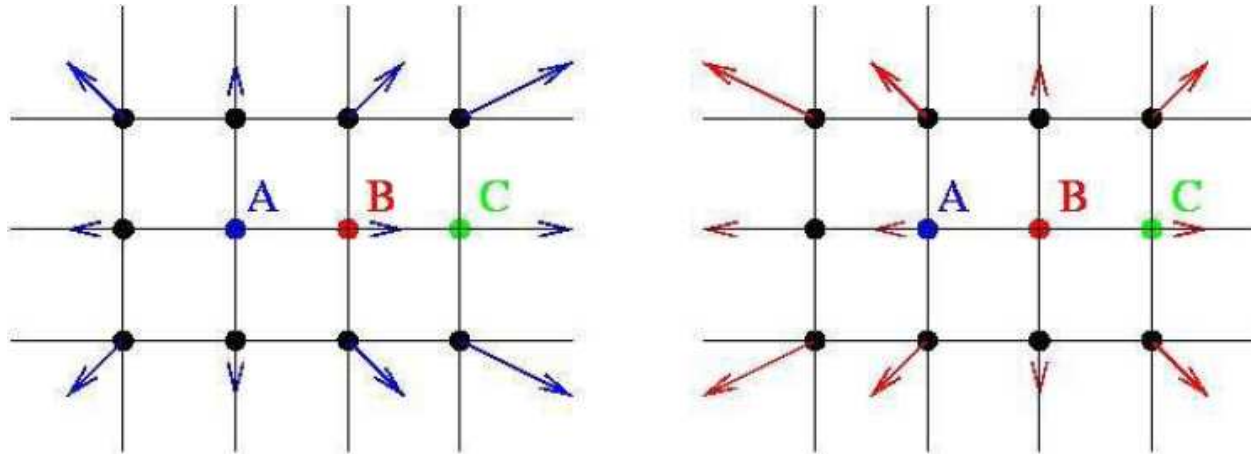


Mi a kozmológia?

A Világegyetem egészével foglalkozik.

- Hogyan jött létre?
- Statikus vagy táguló?
- Lapos, nyitott vagy zárt?
- Anyaga, összetétele?
- Múltja, jövője?

Táguló világegyetem



Kozmológiai elv: Ha a tágulás lineáris

$$v(B/A) = v(C/B) \Rightarrow$$

$$v(C/A) = v(B/A) + v(C/B) = 2v(B/A)$$

homogén világegyetem, nincs kitüntetett pont

A világegyetem tágulása a téré, táguló koordináták
tömegek között vonzás, lokális inhomogenitás

Valamikor minden közelebb volt: **ősröbbanás (Big Bang)**

Ősrobbanás (Big Bang)

Georges Lemaître (1894 – 1966)
Belga katolikus pap és fizikus
(Leuveni Egyetem)

G. Lemaître: *The Beginning of the World from the Point of View of Quantum Theory*,
Nature 127 (1931) 706.
(*A Day Without Yesterday*)

Fred Hoyle: *Big Bang*

Einstein, 1933:
This is the most beautiful and satisfactory explanation of creation to which I have ever listened



Lemaitre és Einstein, 1933

Megerősítés: Kozmikus háttérsugárzás, 1964



Kozmikus háttérsugárzás

Arno Penzias és Robert Wilson, 1964

(Nobel-díj, 1978)

Kiszűrhetetlen mikrohullámú háttérsugárzás

Modell: $T=3$ K kozmikus sugárzás (CMB)

COBE: COsmic Background Experiment

$T = 2,728$ K, pontos hőmérsékleti görbén

eredetileg 3000 K-es fotonok lehülése

(1000-szeres!) tágulásakor

Helyi irány-anizotrópia:

magok galaxisok kialakulásához

(Infláció előtti kvantumfluktuációk?)

Megerősítés, sokkal pontosabban:

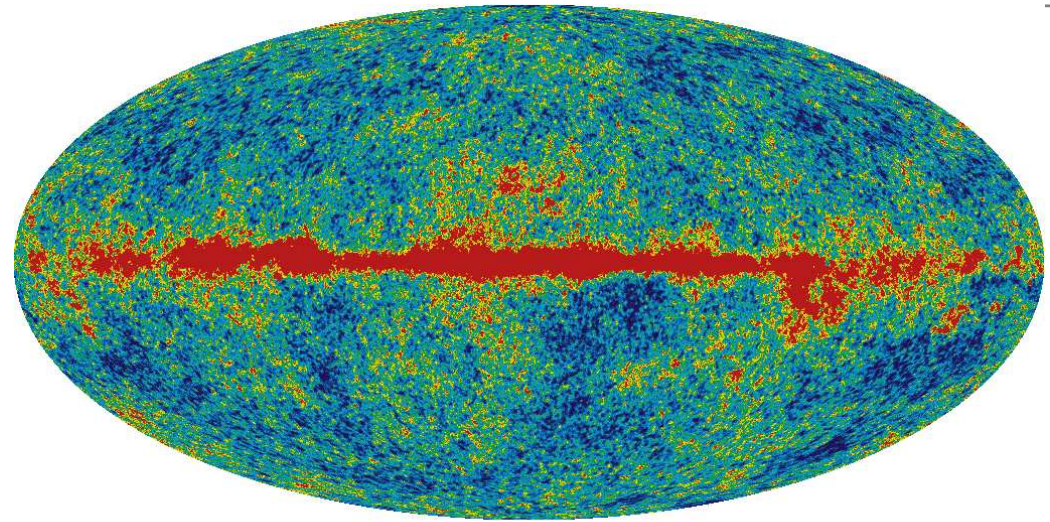
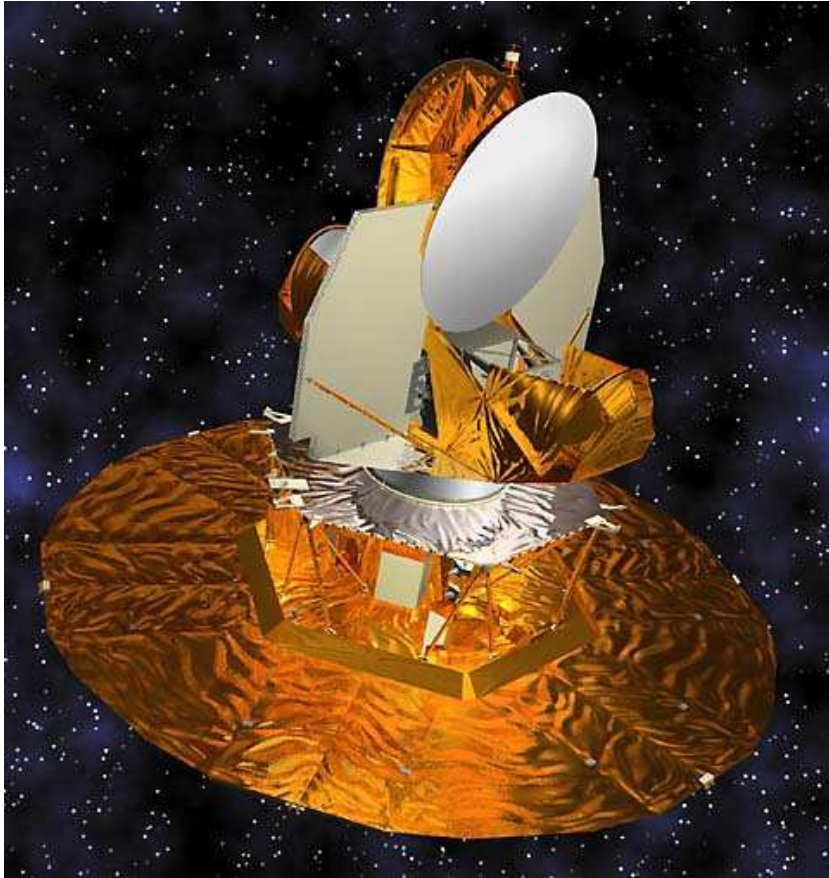
WMAP: Wilkinson Microwave Anisotropy Probe

John C. Mather és George F. Smoot (COBE):

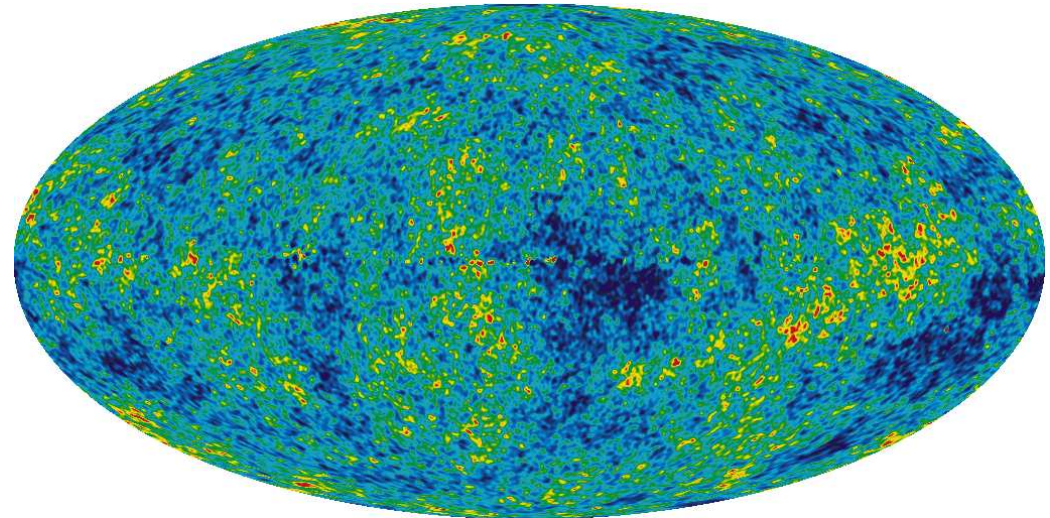
Nobel-díj, 2006



A WMAP anizotrópiája, 2001-2003



-200 T (μK) +200



Ősrobbanás (Big Bang)

Látható anyag:

~ 75% hidrogén, ~ 25% hélium, < 1% más

Hidrogénből hélium csak csillagokban, nem lenne ennyi
⇒ forró korai Univerzum kiadja

Kozmikus háttérsugárzás eredete:

Big Bang után 30 perc: plazma, $T = 300\,000\,000\text{ K}$.
Sugárzás dominál, fotonok halmaza átlátszatlan közegben

380000 év: lehülés 3000 K-re, semleges atomok,
fotonoknak átlátszó

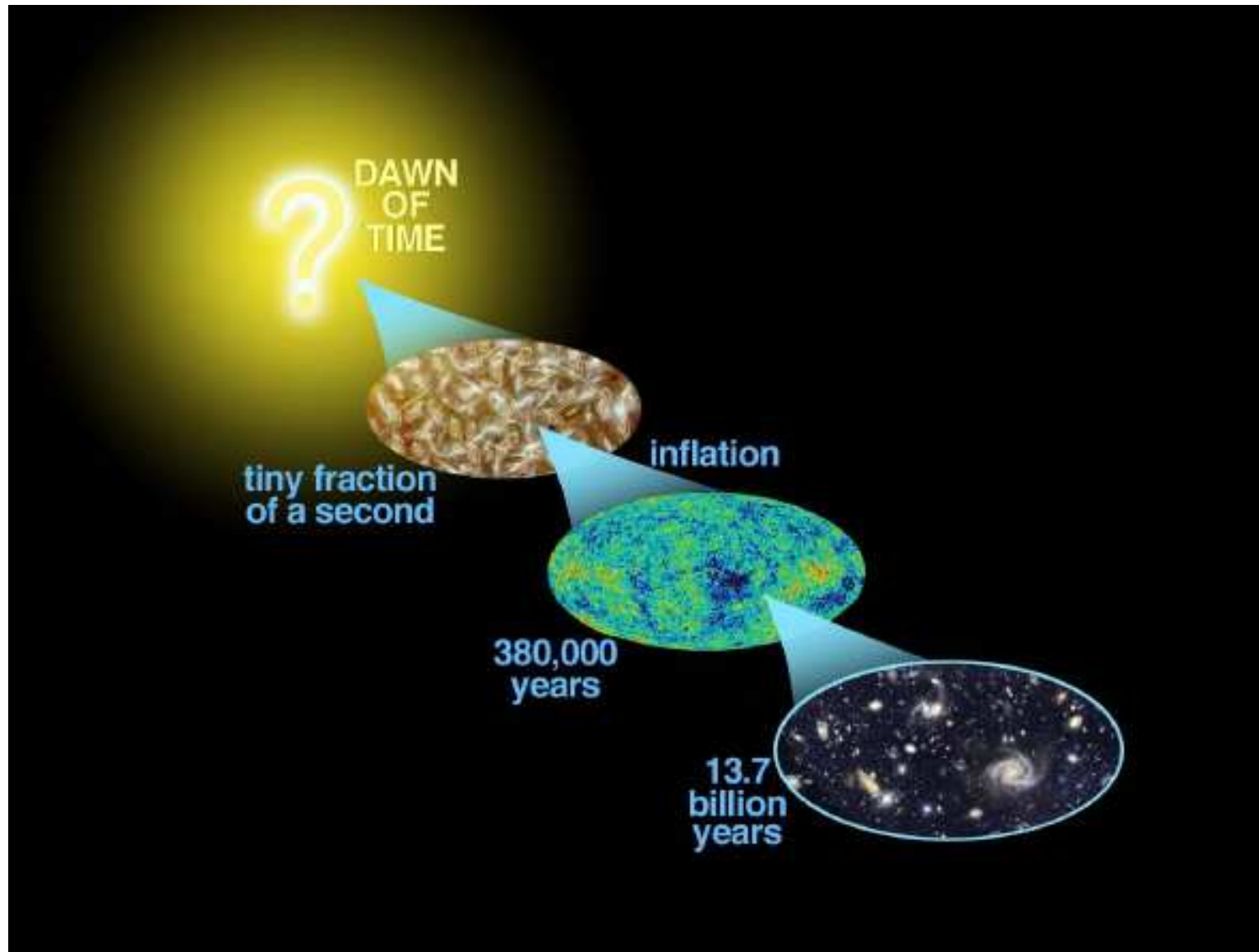
Mostanra: tágulás, fotonok lehültek

Galaxisok eredete:

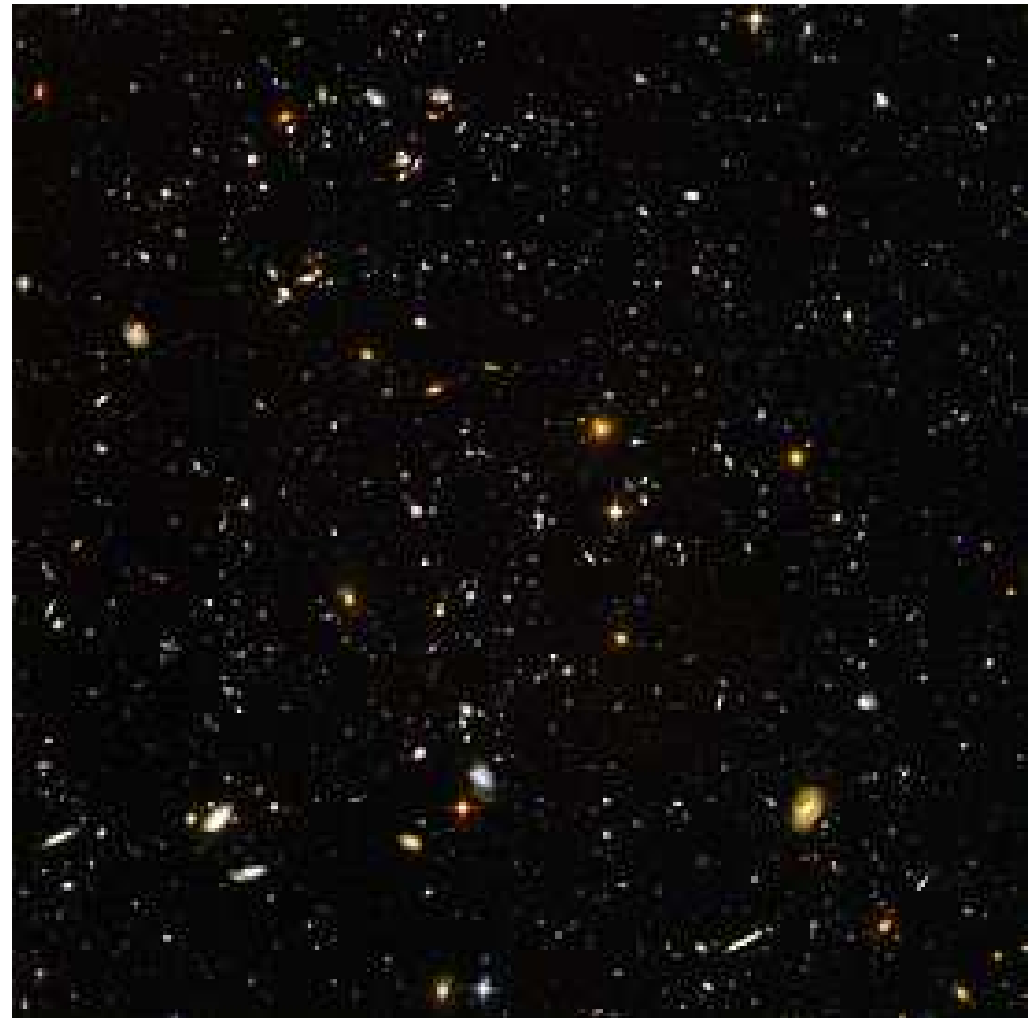
Térbeli anizotrópia ⇒ sötét anyag gravitációs gödrei
⇒ barionos anyag sűrűsödése ⇒ csillagok begyulladnak



Ősrobbanás, felfúvódás, sugárzás



Hubble-teleszkóp: a Világegyetem mélye



250 nap megfigyelés egy sötét ponton \Rightarrow
> 10000 tízmilliárd évnél *régebbi* galaxis

Hubble-teleszkóp: eredmények

- A galaxisok kialakulása már az Ősrobbanás után 500-800 millió évvel megkezdődött
- Korai galaxisok kisebbek és kevésbé szimmetrikusak \Rightarrow gyorsabb formálódás
- A galaxisok centrumában általában fekete lyuk van
- A legtávolabbi felvételeken nyomon követhető csillagok képződése



Az ultramély felvétel
kis része kinagyítva
 10^{10} évvel fiatalabb
galaxisok

Ősrobbanás (Big Bang) időrendje

Esemény	idő	hőmérséklet	$\rho^{1/4}$
Planck-idő (infláció ↓?)	10^{-36} s		10^{18} GeV
Nagy egyesítés	10^{-32} s		10^{16} GeV
Elektrogyenge ↑? (bariogenezis)	10^{-6} s	10^{15} K	100 GeV
Kvark → hadron	10^{-4} s	10^{12} K	100 MeV
Nukleonok	1–1000 s	$10^9 - 10^{10}$ K	0,1 – 1 MeV
Lecsatolódás	10^5 év	2500 K	0,1 eV
Szerkezet kialakulása	$> 10^5$ év		
Mai helyzet	13,7 G év	2,7 K	$3 \cdot 10^{-4}$ eV

Jelenlegi kép: gyorsulva táguló Univerzum



Sötét energia??

Kozmológiai állandó: $\Lambda > 0$

Einstein *legnagyobb tévedése*, mégis létezik

Vákuum gravitáló energiája, összes tömeg 70%-a!

Ősrobbanás után nagy, korai univerzumban sokkal kisebb, térrel nő

Ma dominál. Igazából micsoda?

Nem vákuum-energia: 10^{-120} -szor kisebb
(Elmélet és kísérlet eltérésére világrekord :-)

Nem is energia, állandó egy egyenletben!

Rengeteg modell, spekuláció: inflaton, kvintesszencia...



Anyagegyensúly ma

$$\Omega_R + \Omega_M - \Omega_k + \Omega_\Lambda = 1$$

Sugárzás + anyag - görbület + kozm-para = 1

Univerzum lapos, ha $\Omega_0 = \Omega_R + \Omega_M + \Omega_\Lambda = 1$

Jelenleg: lapos, anyag-dominálta ($\Omega_M \gg \Omega_R$)

Kozmológiai paraméterek: $\Omega_R, \Omega_M = \Omega_B + \Omega_{\text{CDM}}, \Omega_\Lambda, H_0$

Sugárzás kicsi, $\Omega_R \sim 0$

Barionos anyag (csillagok, fekete lyukak, por, gáz):

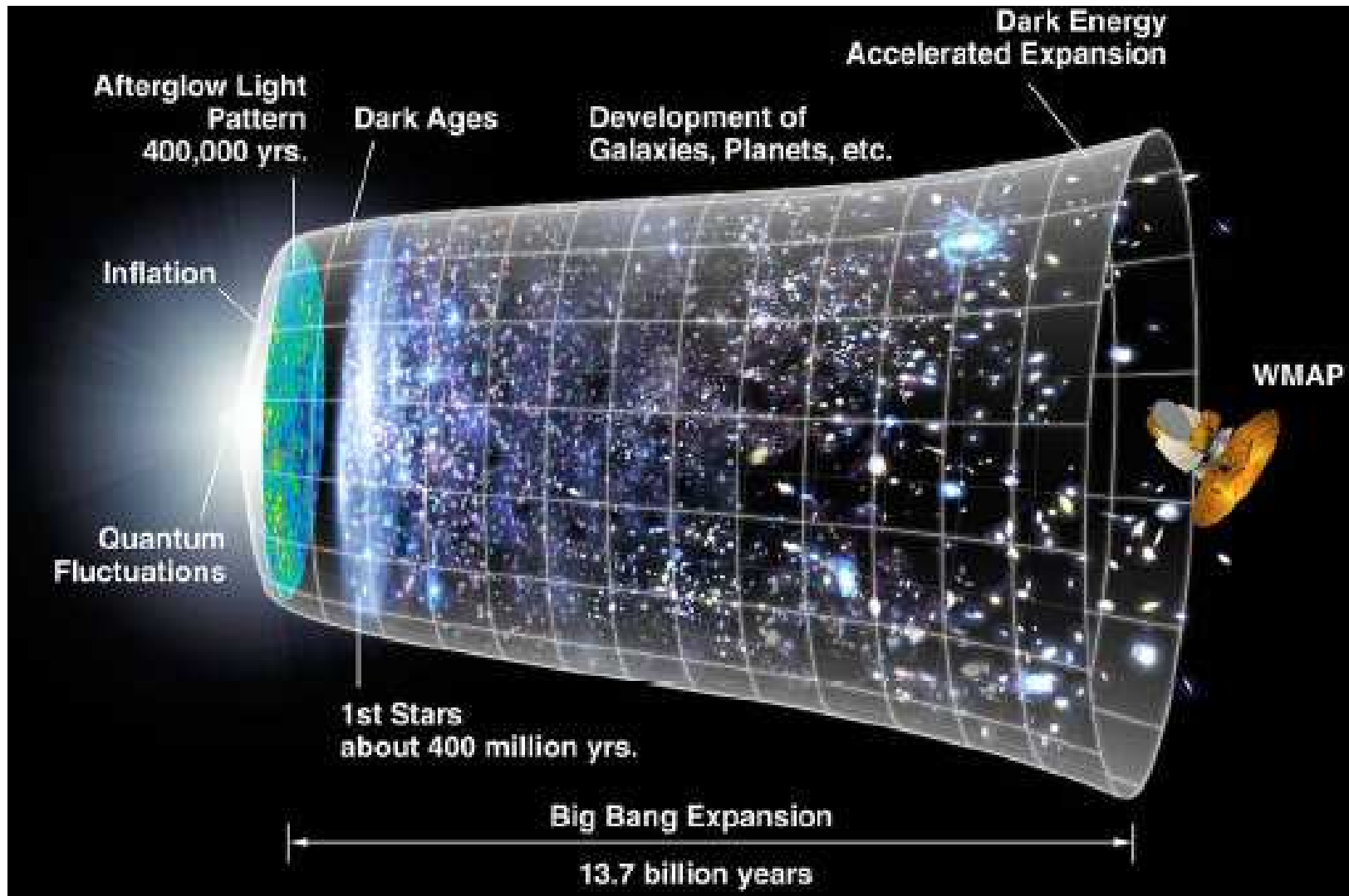
$$\Omega_B \sim 4\%$$

Csomósodó, nem-barionos, hideg sötét anyag:

$$\Omega_{\text{CDM}} \sim 22\%$$

Gyorsuló tágulás: sötét energia $\Omega_\Lambda \sim 74\%$

A történet eddig



Evolúció és vallás: II. János Pál

Ősrobbanás értelmezéséhez az evolúció a fő kérdés

Protestantizmus többnyire elveti. A Vatikán elfogadja.

XII. Pius az ötvenes években beletörődött egy részleges evolúcióba.

II. János Pál, Pontifical Academy of Sciences, 1996:

Mára ... új tudásunk elfogadja, hogy az evolúció elmélete több, mint hipotézis. Valóban figyelemre méltó, ahogy a kutatók a tudomány különböző területein tett felfedezések hatására, fokozatosan elfogadták ezt az elméletet. A függetlenül végzett munka eredményeinek sem nem keresett, sem nem fabrikált konvergenciája önmagában is jelentős bizonyítéka az elméletnek.



Evolúció és vallás

2009. február: G. Ravasi bíboros, a Pontifical Academy of Sciences elnöke, abból az alkalomból, hogy a Vatikán konferenciát szervezett **Charles Darwin: *A fajok eredete*** megjelenésének 150. évfordulójára:

Habár a Vatikán korábban ellenséges volt a darwinizmussal szemben, soha nem vetette hivatalosan el. ... Az evolúció ötlete már Szent Ágoston és Aquinói Szent Tamás műveiben is fellelhető.

Szent Ágoston (354–430): Isten a semmiből őanyagot teremtett, észcsirákat helyezett el benne, abból fejlődött ki a **Világ** (ezt kettős és folytonos teremtésnek hívta)

Aquinói Szent Tamás (1224–1274): Summa Theologica
<http://www.newadvent.org/summa/>



Protestantizmus: reformátusok

Általában elveti az evolúciót és az Ősrobbanást, szó szerint értelmezve a Bibliát. Mivel nem hierarchikus felépítésű, nem találtam ugyan hivatalosnak tekinthető álláspontot, de a cikkek nem támogatták.

Reformed Church in America <http://www.rca.org>

Protestant Reformed Church in America

<http://www.prca.org>

The first attack against Holy Scripture is rooted in the theory of the Big Bang. This false teaching ... maintains
(Beacon Lights, Vol. LIX, No. 7; July 2000)

... claims that the world had its origin in a "big bang" and that man came from a monkey. It is all rather silly to claim to find such preposterous things ...

Protestant Reformed Theological Journal, April 1997, p. 35



Protestantizmus: evangélikusok

Evangelical Lutheran Church in America

<http://www.elca.org>

Komoly vitafórum az evolúcióról és a kozmológiáról

Search: cosmology — 83 cikk, big bang — 101 cikk

Elemzések az Ősrobbanásról, mint lehetséges Teremtésről,
és Isten szerepéről.



Szent Ágoston vallomásai

(Dr. Vass József fordítása)

<http://vmek.niif.hu/04100/04187/04187.htm>



Szent Ágoston, 354 – 430

(Philippe de Champaigne festménye, XVII. sz.)

Szent Ágoston vallomásai, XI. könyv

A teremtés

- V. fejezet: *Isten a világot semmiből teremtette*
- VI. fejezet: *A teremtő ige nem lehetett valami időben elhangzó parancs. Akárminek képzelem ugyanis azt a teremtést megelőző valamit, ami hordozója lett volna parancsodnak, biztosan nem volt, hacsak azt is meg nem teremtéd vala.*
- X. fejezet: *Működött-e Isten a világ teremtése előtt?*
- XI. fejezet: *Isten örökkévalóságához nincs köze időnek.*
- XII. fejezet: *A teremtés előtt Isten kifelé, vagyis teremtő módon semmit nem cselekedett.*

Szent Ágoston vallomásai, XI. könyv

Az időről

- XIII. fejezet: *A teremtés előtt nem volt idő, mert ez maga a teremtmény.*

A te éveid, Uram, egyetlen napot számítanak; de napodban nincs tegnap, hanem csak ma, mert a te mádat nem váltja fel a holnap, s nem következett a tegnap után. Napod az örökkévalóság; azért nemzeted öröktől fogva azt, akinek mondottad: "*Ma szültelek téged!*" (Zsolt 2,7).

Minden idő a te alkotásod. Minden időt megelőz örök jelened, s időtlen idő nem volt sohasem.

- XVI. fejezet: *Csak a jelen időt lehet mérni.*

Szent Ágoston vallomásai, XII. könyv

Vissza a teremtéshez

- VII. fejezet: *Semmiből lett az ősanyag, az ősanyagból az egész világ.*
- IX. fejezet: *Sem a mennyország, sem az ősanyag megteremtése nem időben történt.*
- XIII. fejezet: *Kezdetben teremté Isten a mennyországot és az ősanyagot ... a mennyet én szellemi égnek tartom, amelyben a megismerés nem "rész szerint", nem "tükör által és homályban" (1Kor 13,12) történik, hanem egyenlő a teljesen megvilágosított: a színről színre való látással. Nem hullámzik egyszer erre, egyszer arra; hanem, amint említettem, egyszerre és együtt való látás, időbeli változás nélkül.*
- XXIV. fejezet: *Úgy vélekedik, hogy e szó "kezdetben" az Igét jelenti, de vallja, hogy más magyarázat is lehetséges.*



Ősrobbanás és teremtés: XII. Pius pápa

XII. Pius 1951-ben (jóval az előtt, hogy a fizika elfogadta volna!) üdvözölte az Ősrobbanást, mint a Világ teremtését.

The proofs for the existence of God in the light of modern natural science,

Address of Pope Pius XII to the Pontifical Academy of Sciences,
November 22, 1951.

<http://www.papalencyclicals.net/Pius12/P12EXIST.HTM>

51. Hence, creation took place in time. Therefore, there is a Creator. Therefore, God exists! Although it is neither explicit nor complete, this is the reply we were awaiting from science, and which the present human generation is awaiting from it.

Állítólag a kollégái viccelődésére Edwin Hubble kifakadt, hogy nem érti, miért volt az elméletére szükség Isten létének bizonyításához.



Ősrobbanás és vallás

II. János Pál, Pontifical Academy of Sciences, 1996:

*... úgy tűnik, hogy a modern tudománynak ... sikerült megtalálnia az elsődleges *fiat lux* [legyen világosság] pillanatát, amikor a semmiből az anyag mellett fény és sugárzás tengere tört elő, az elemek meghasadtak és kavarogtak és galaxisok millióivá váltak. ... Így tehát a fizikai bizonyításra jellemző konkrétsággal [a tudomány] megerősítette a Világegyetem esetlegességét és annak a kornak a megalapozott levezetését, amikor a Világ előjött a Teremtő kezéből. Így megtörtént a teremtés. Kijelentjük: tehát létezik Teremtő. Tehát Isten létezik!*

Stephen W. Hawking, miután beszélt II. János Pállal,
aki azt tanácsolta, ne feszegessék az Ősrobbanás pillanatát, mert az
Isteni beavatkozás volt:

Örültem, hogy nem ismerte a konferencián éppen elhangzott előadásom témáját — a lehetőségét annak, hogy a tér-idő ugyan véges, de nincs határa, kezdete sem, tehát a Teremtésnek sincs időpontja.

Szerintem a kettő nincs ellentmondásban...



Köszönöm a figyelmet

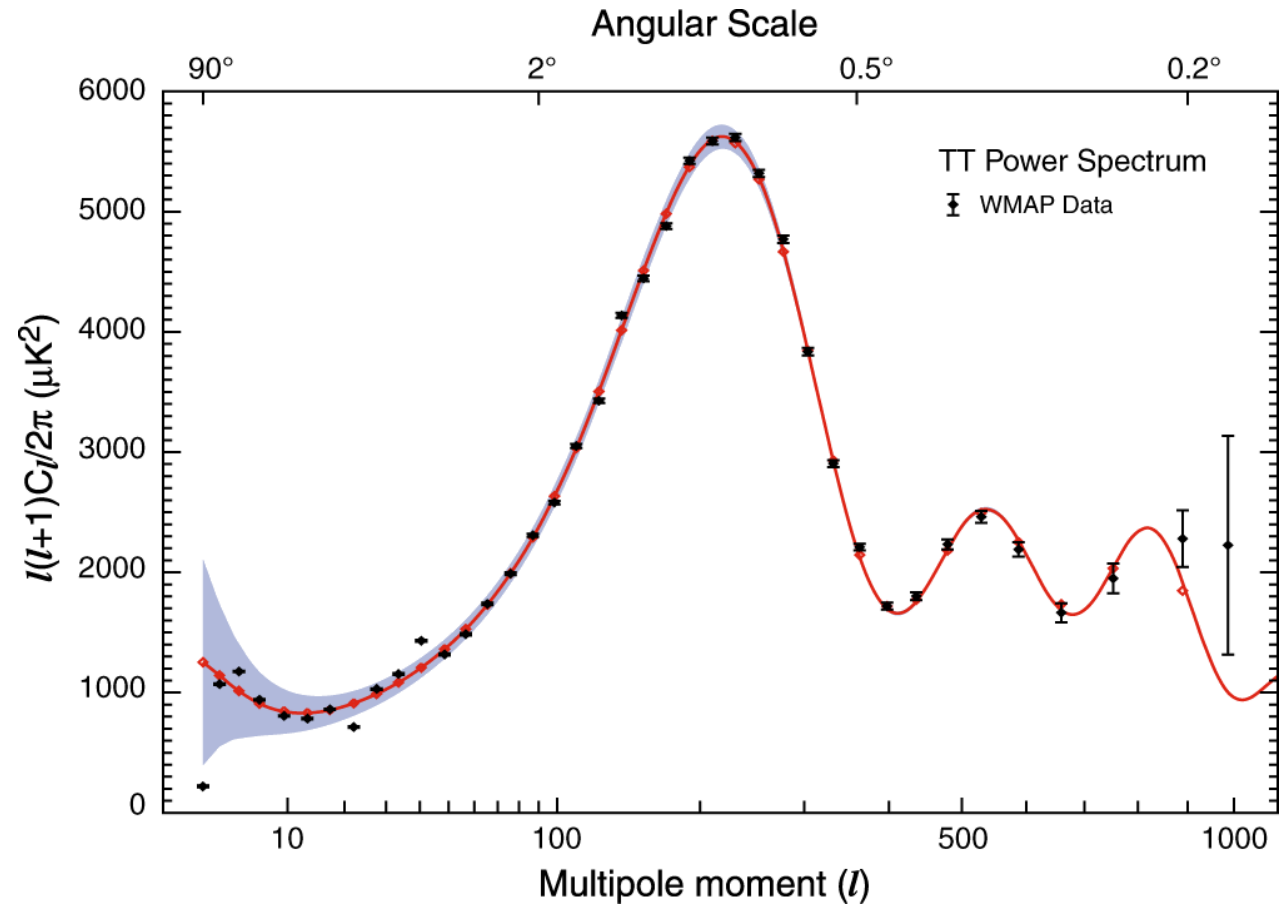


A WMAP eredménye, 2001-2003

Akusztikus
spektrum: rezgési
módusok

Csúcsok helye:
sötét anyag nem
barionos

Lapos Univerzum,
 $\Lambda \neq 0$



Távolságskála görbült téridőben

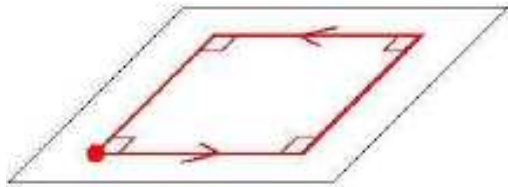
Együttlmozgó koordináták: (t, r, Θ, Φ)

Euklideszi távolság: $d\ell^2 = dr^2 + r^2(d\Theta^2 + \sin^2 \Theta d\Phi^2)$

Görbült térben:

$$d\ell^2 = a^2(t) \left[\frac{dr^2}{1-kr^2} + r^2(d\Theta^2 + \sin^2 \Theta d\Phi^2) \right]$$

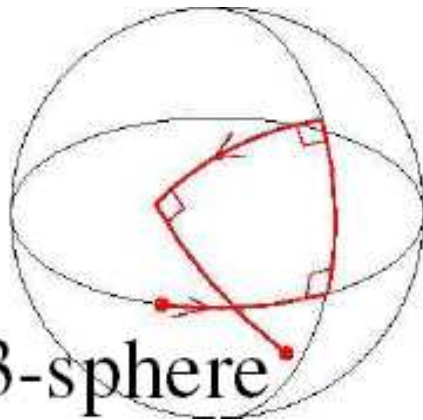
$a(t)$: 2D téridő-görbület k : 3D térgörbület



3-plane

$$k = 0$$

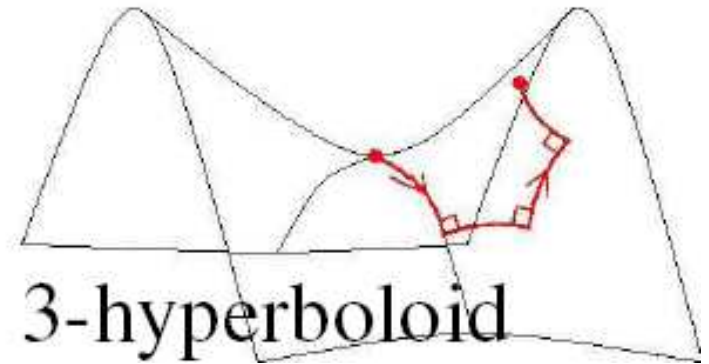
lapos univerzum



3-sphere

$$k > 0$$

zárt univerzum



3-hyperboloid

$$k < 0$$

nyílt univerzum

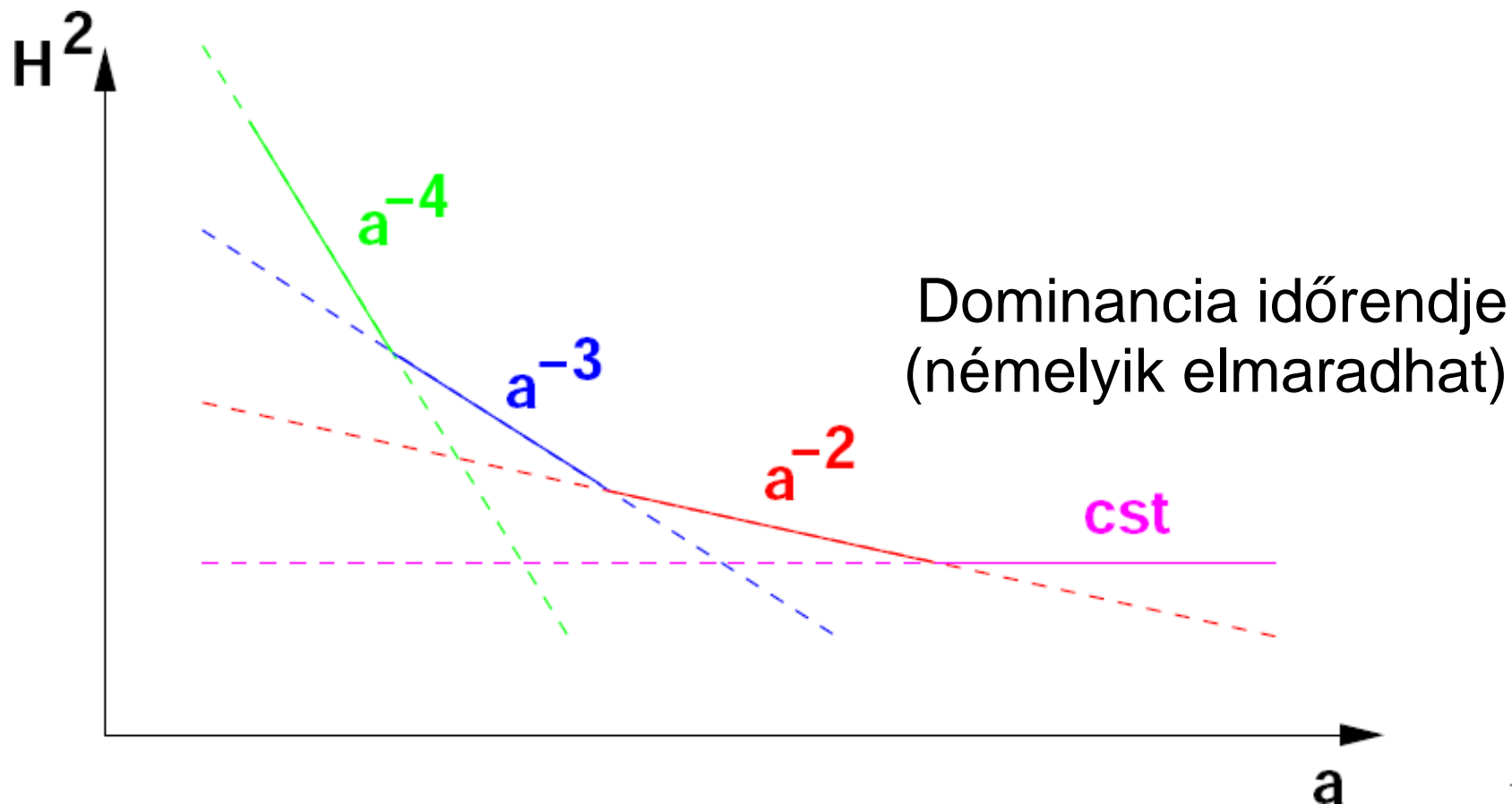
Galaxisok távolsága $\sim a(t) \Rightarrow$ tágulás

A Friedmann-törvény

Skála-
tényező
változása:

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 \equiv H^2 = \frac{8\pi G}{3c^2} \rho_R + \frac{8\pi G}{3c^2} \rho_M - \frac{kc^2}{a^2} + \frac{\Lambda}{3}$$

$\sim a^{-4}$ $\sim a^{-3}$ $\sim a^{-2}$ $\sim a^0$
 Sugárzás anyag görbület vákuum



Anyagegyensúly ma

Friedmann-egyenletből (X_0 : mai érték, $/H_0^2$)

$$\frac{8\pi G}{3H_0^2 c^2} (\rho_{R0} + \rho_{M0}) - \frac{kc^2}{a_0^2 H_0^2} + \frac{\Lambda}{3H_0^2} \equiv \\ \Omega_R + \Omega_M - \Omega_k + \Omega_\Lambda = 1$$

Univerzum lapos, ha $\Omega_0 = \Omega_R + \Omega_M + \Omega_\Lambda = 1$

Jelenleg: lapos, anyag-dominálta ($\Omega_M \gg \Omega_R$)

Kozmológiai paraméterek: $\Omega_R, \Omega_M = \Omega_B + \Omega_{\text{CDM}}, \Omega_\Lambda, H_0$

Barionos anyag (csillagok, fekete lyukak, por, gáz):

$$\Omega_B \sim 4\%$$

Csomósodó, nem-barionos, hideg sötét anyag:

$$\Omega_{\text{CDM}} \sim 26\%$$

Gyorsuló tágulás: sötét energia $\Omega_\Lambda \sim 70\%$