

A Világ keletkezése: mese a kozmológiáról

Lauder-iskola, Budapest, 2011 november 22.

Horváth Dezső

horvath@rmki.kfki.hu

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



Vázlat

- Táguló Világegyetem.
- Ősrobbanás, felfúvódás.
- Lemaître és Einstein.
- Kozmikus háttérsugárzás.
- Hubble-teleszkóp és korai galaxisok.
- Evolúció, ősrobbanás és vallás.
- Szent Ágoston: Teremtés és Idő.
- Fizika és vallás.

Előszó

A fizika egzakt tudomány (*képletgyűjtemény!*)

- A fizika univerzális nyelve a matematika, pontos matematikai formalizmuson alapszik.
- Egy elmélet érvényes, ha kiszámítható mennyiségeket ad, és a számítások eredménye egyezik a kísérleti tapasztalattal.
- Az igazi fogalmak mérhető mennyiségek, a szavak csak mankók.

Szavak mögött pontos matematika és kísérleti tapasztalat

Alapkérdés: milyen pontossággal adja vissza az elméleti számítás a mérések eredményét?

Számítás nélkül nincs fizika, csak spekuláció....
és a fizika kísérleti tudomány!



Mi a kozmológia?

A Világegyetem egészével foglalkozik.

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

Miért van éjjel sötét?

Olbers paradoxonja, 1823

(Előtte Kepler, 1610; Halley, 1721 és Cheseaux, 1744)

Végtelen kiterjedésű és örökké létező Világegyetem
végtelen sok csillaggal



egyenletesen fényes égbolt éjjel-nappal, mert minden
pontban csillagra nézünk

(fényesség $\sim 1/r^2$, sűrűség $\sim r^2$, por melegszik)

Sötét éjszaka \Rightarrow véges méretű és/vagy korú Világegyetem.

A Világegyetem véges!



Távolodó galaxisok

Doppler-hatás: $z = (\lambda_v - \lambda_0) / \lambda_0$

λ_v : hullámhossz v sebességnél

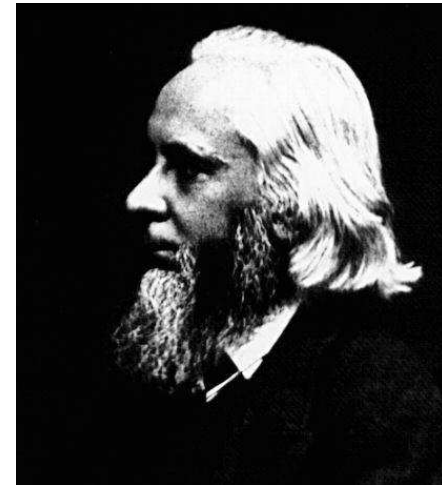
Közeledő motor hangja magasabb, távolodóé mélyebb

William Huggins, 1868:

csillagok szinképében

$z > 0$: vöröseltolódás

Tőlünk távolodó objektum
fényhullámhossza nő \Rightarrow vörösebb



Henrietta S. Leavitt, 1920:

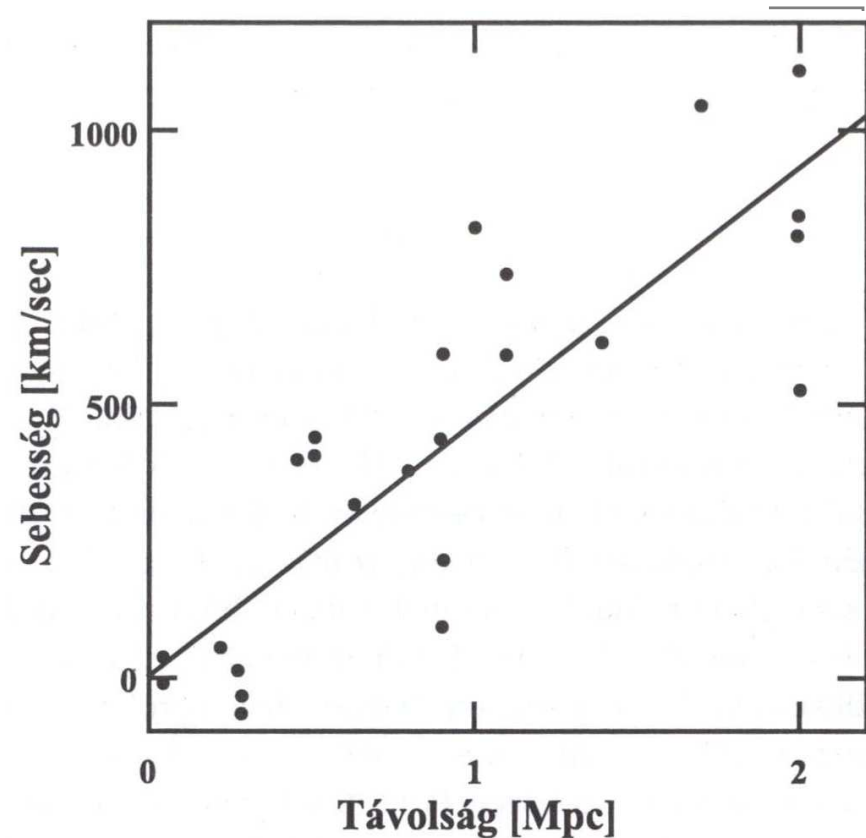
Változócsillagok (cefeidák)
periódusa \sim abszolút fényessége
észlelt fényesség \Rightarrow távolság!



A Hubble-állandó



Edwin Hubble, 1929:
Galaxisok távolodnak *tőlünk*
 $v = Hr$ sebességgel

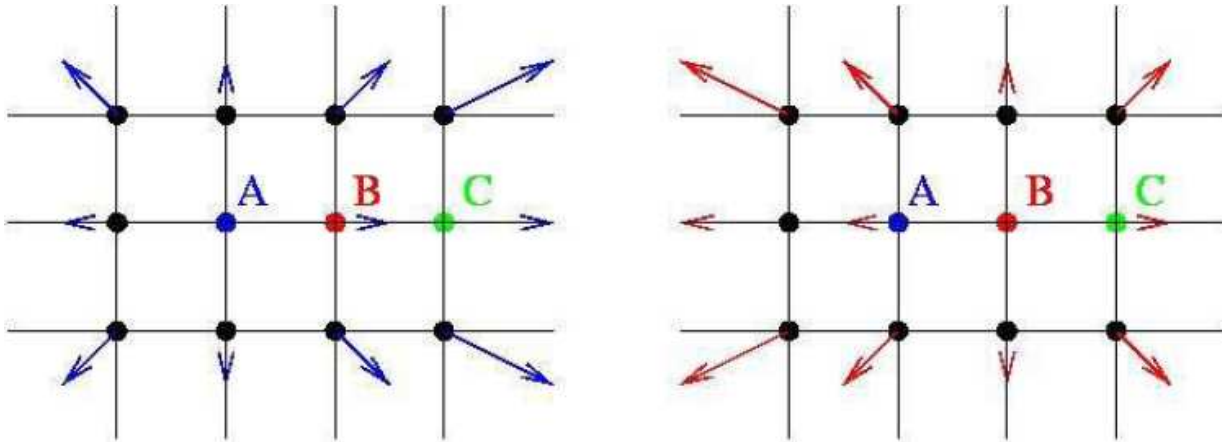


$H = 70 \text{ km/s/Mpc}$ (1 Mpc $\approx 3 \times 10^{22} \text{ m} \approx 3 \times 10^6$ fényév)
1 pc (parsec): távolság, ahonnan a Nap-Föld távolság
1 szögmp alatt látszik)

A Világegyetem kora: $t_0 = r/v = H^{-1} \sim 14 \times 10^9$ év



Táguló világegyetem



Kozmológiai elv: Ha a tágulás lineáris

$$v(B/A) = v(C/B) \Rightarrow v(C/A) = 2v(B/A)$$

homogén világegyetem, nincs kitüntetett pont

Alexander Friedmann, 1922 és Georges Lemaître, 1927
matematikailag Einstein elméletéből

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

Senki nem hitte el, legkevésbé Einstein



A. Friedmann



G. Lemaître

Sötét anyag

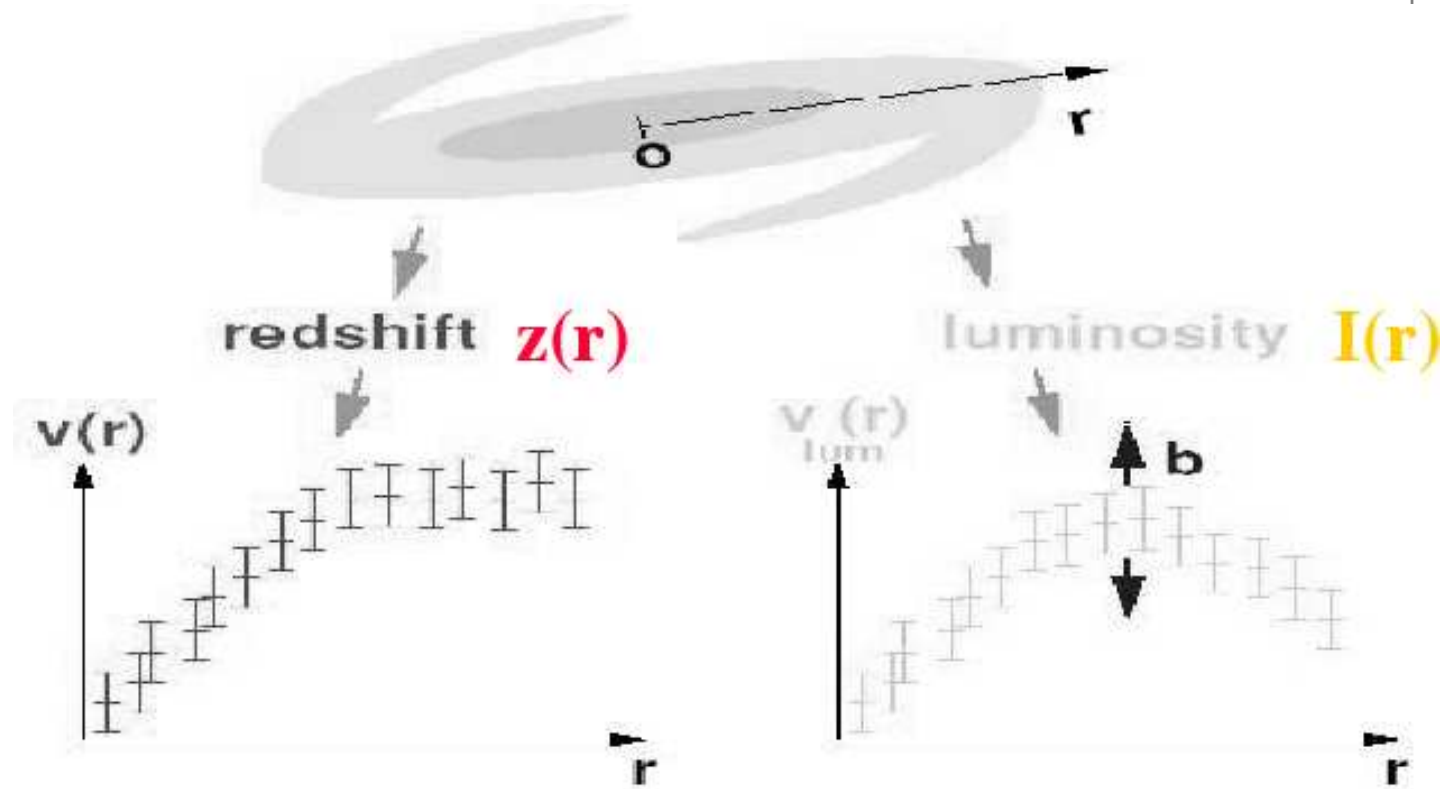
Spirálgalaxisok
forgási
sebessége kifelé
nem csökken,

pedig Kepler II:

$$v = \frac{GM(r)}{r}$$

Sokkal több
gravitáló anyag,
mint látható
és nem kis
térfogatban

Micsoda?
WIMP...



Látható tömegsűrűség \sim luminozitás:

$$\rho_{\text{lum}}(r) \sim I(r)$$

De $\rho_M(r) \neq \rho_{\text{lum}}(r)$!

Az Ősatom hipotézise

Monsignor Georges Henri Joseph
Edouard Lemaître (1894 – 1966)
Belga katolikus pap és fizikus
(Leuveni Katolikus Egyetem)



G. Lemaître:

A Világ kezdete a kvantumelmélet szempontjából,

Nature 127 (1931) 706.

A kozmikus tojás felrobbanása a Teremtés pillanatában
(*Tegnap nélküli nap*)

Fred Hoyle (1949), a stabil Univerzum híve,
szarkasztikusan: a *Big Bang (Nagy Bumm)* elmélete

Lemaître és Einstein

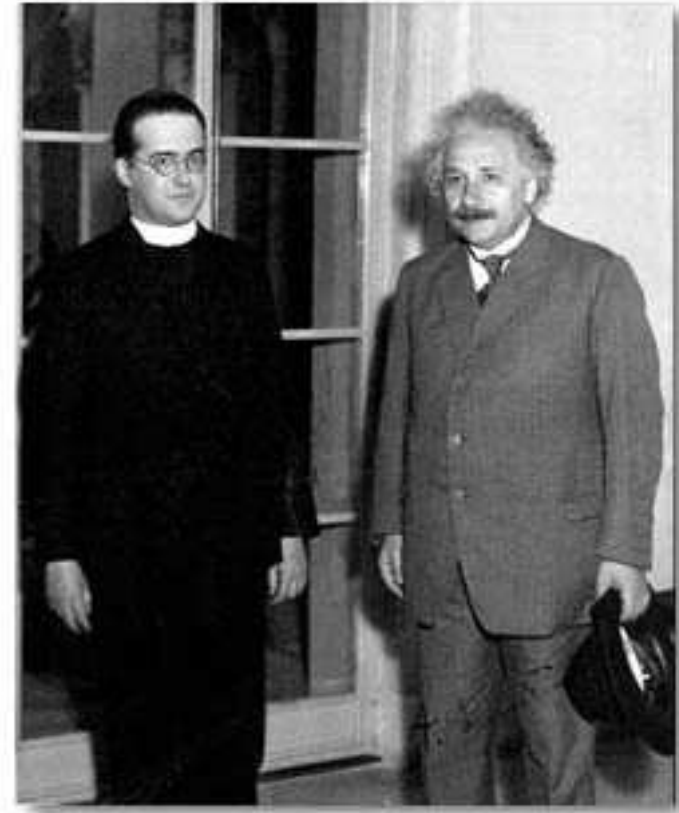
Einstein 1927-ben, Lemaître levezetésére,
hogy az általános relativitáselmélet táguló

Világegyetemet ad:

*Az Ön matematikája precíz, de a fizikája
förtelmes*

Einstein, 1933-ban, miután Lemaître előadta
Ősatom-elméletét (habár nem hitte el):

*Ez a legszebb és legkielégítőbb
teremtés-magyarázat, amelyet valaha
hallottam*



Lemaitre és Einstein, 1933

Fokozatosan gyűlő elméleti és kísérleti tapasztalat 30 évig

Végső bizonyíték: Kozmikus háttérsugárzás, 1964

Kozmikus háttérsugárzás

Arno Penzias és Robert Wilson, 1964

(Nobel-díj, 1978)

Kiszűrhetetlen mikrohullámú zaj

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!) táguláskor

Helyi irány-anizotrópia:

magok galaxisok kialakulásához

(Felfúvódás előtti sűrűségfluktuációk?)

Megerősítés, sokkal pontosabban:

WMAP: Wilkinson Microwave Anisotropy Probe

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

Nobel-díj, 2006



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:

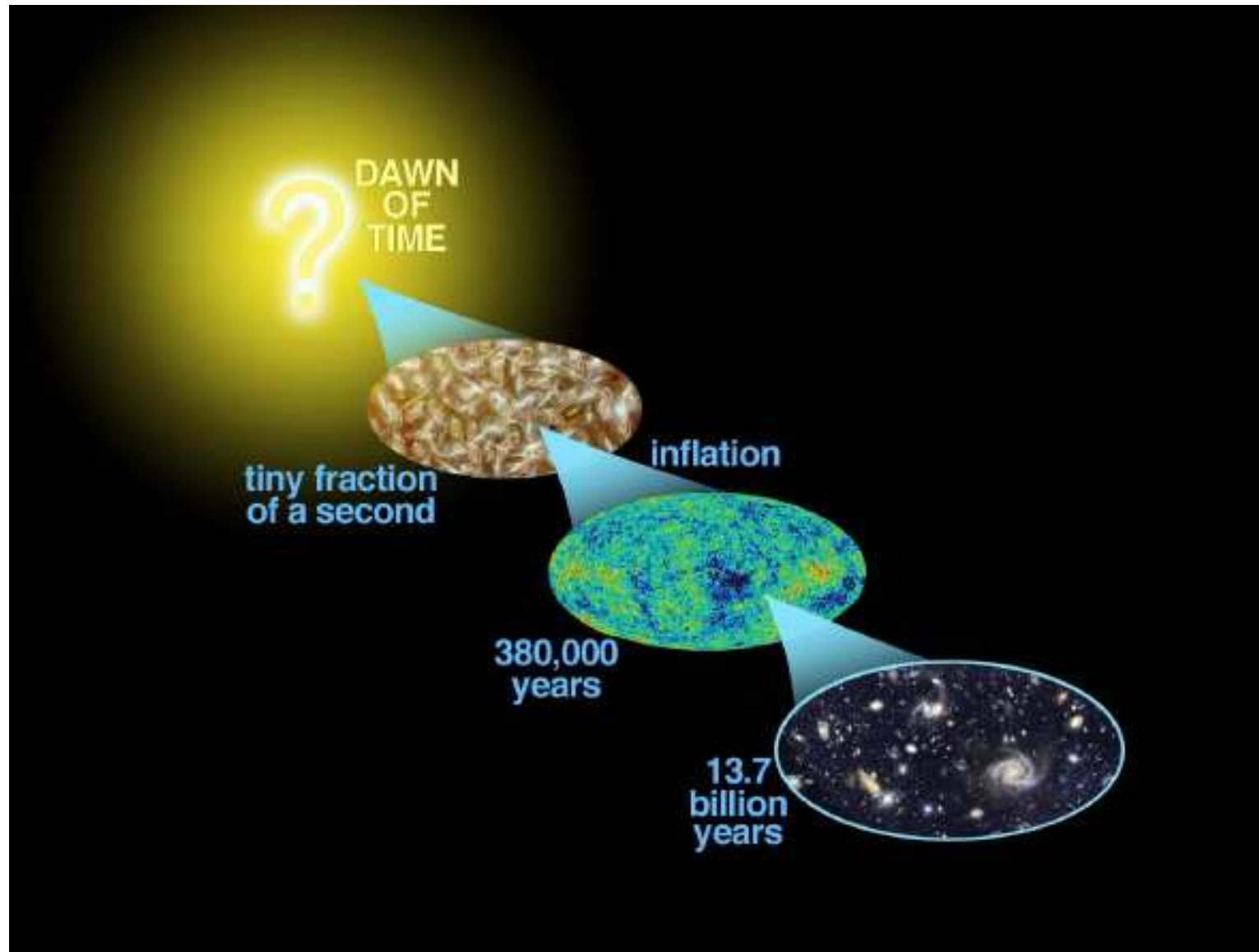
Kvantumfluktuációk ⇒ gyors táguláskor térbeli anizotrópia

⇒ sötét anyag gravitációs gödreiben barionos anyag

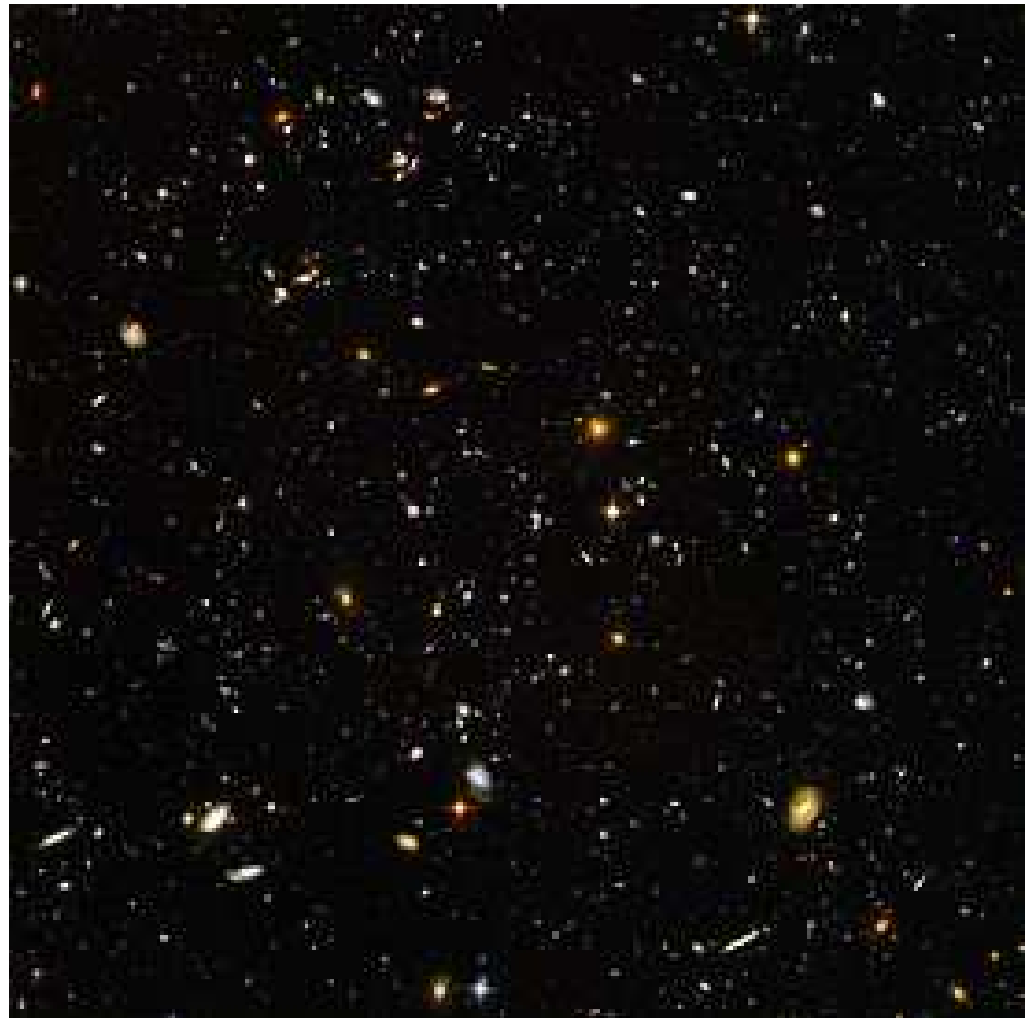
sűrűsödése ⇒ csillagok, galaxisok kialakulása



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

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?

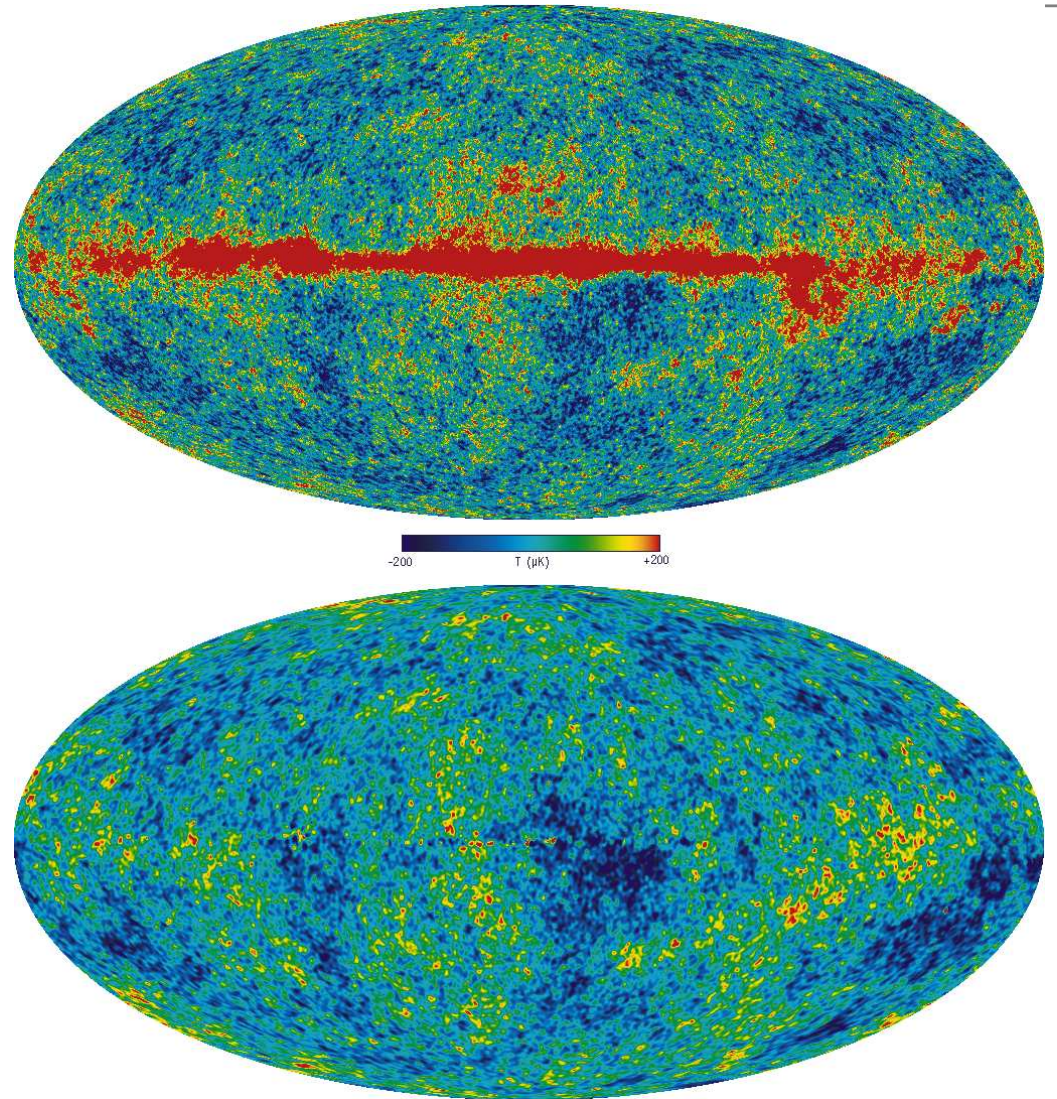
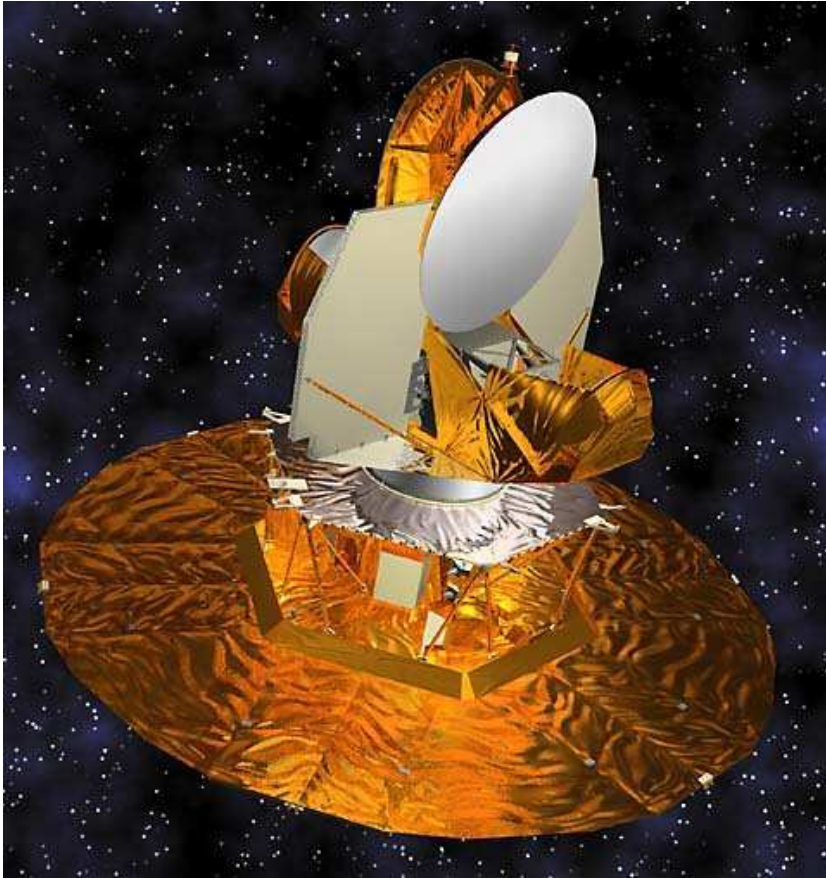
Nem vákuum-energia: 10^{-120} -szor kisebb
(Elmélet és kísérlet eltérésére világrekord :-)

Nem is energia, állandó egy egyenletben!

Rengeteg modell, spekuláció: inflaton, kvintesszencia...



A háttérsugárzás anizotrópiája



Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, 2001-2010

Anyagegyensúly ma (WMAP, 2010)

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

Sugárzás + anyag - görbület + kozm-para = 1

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

Jelenleg: lapos, ($\Omega_k \approx 0$),
anyag-dominálta ($\Omega_M \gg \Omega_R$) Világegyetem

Sugárzás kicsi, $\Omega_R \sim 0$

$$\Omega_M = \Omega_B + \Omega_{\text{CDM}}$$

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

$$\Omega_B \sim 4.56 \pm 0.16\%$$

Csomósodó, nem-barionos, hideg sötét anyag:

$$\Omega_{\text{CDM}} \sim 22.7 \pm 1.4\%$$

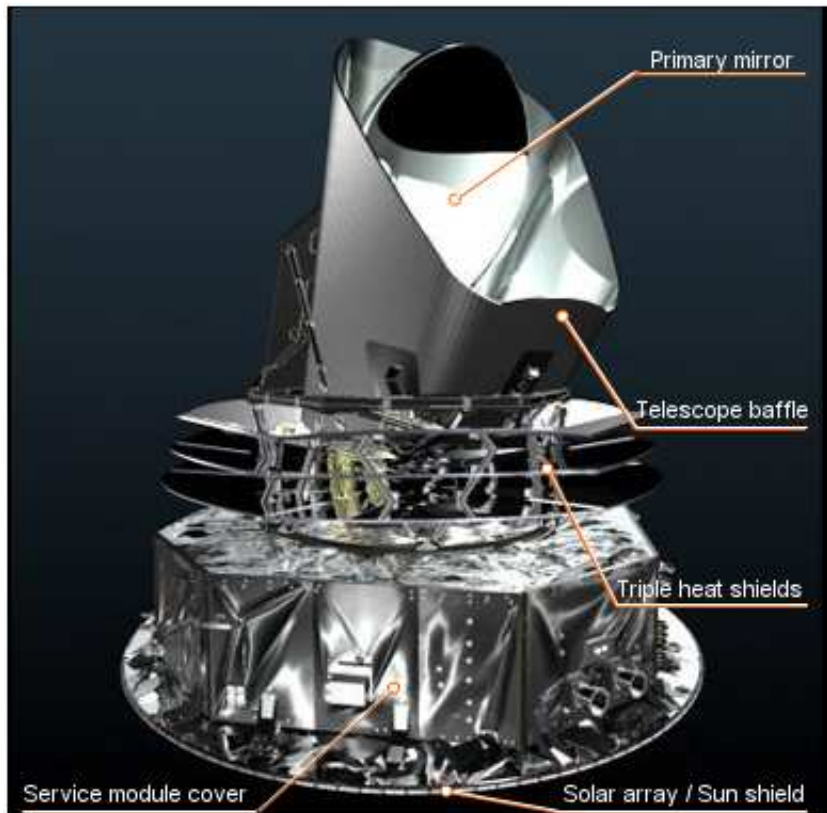
Gyorsuló tágulás: sötét energia $\Omega_\Lambda \sim 72.8 \pm 1.6\%$

A Világegyetem kora: 13.75 ± 0.11 G év



A Planck-űrszonda, ESA, 2009–2012

(a kozmikus háttérsugárzás vizsgálatára)



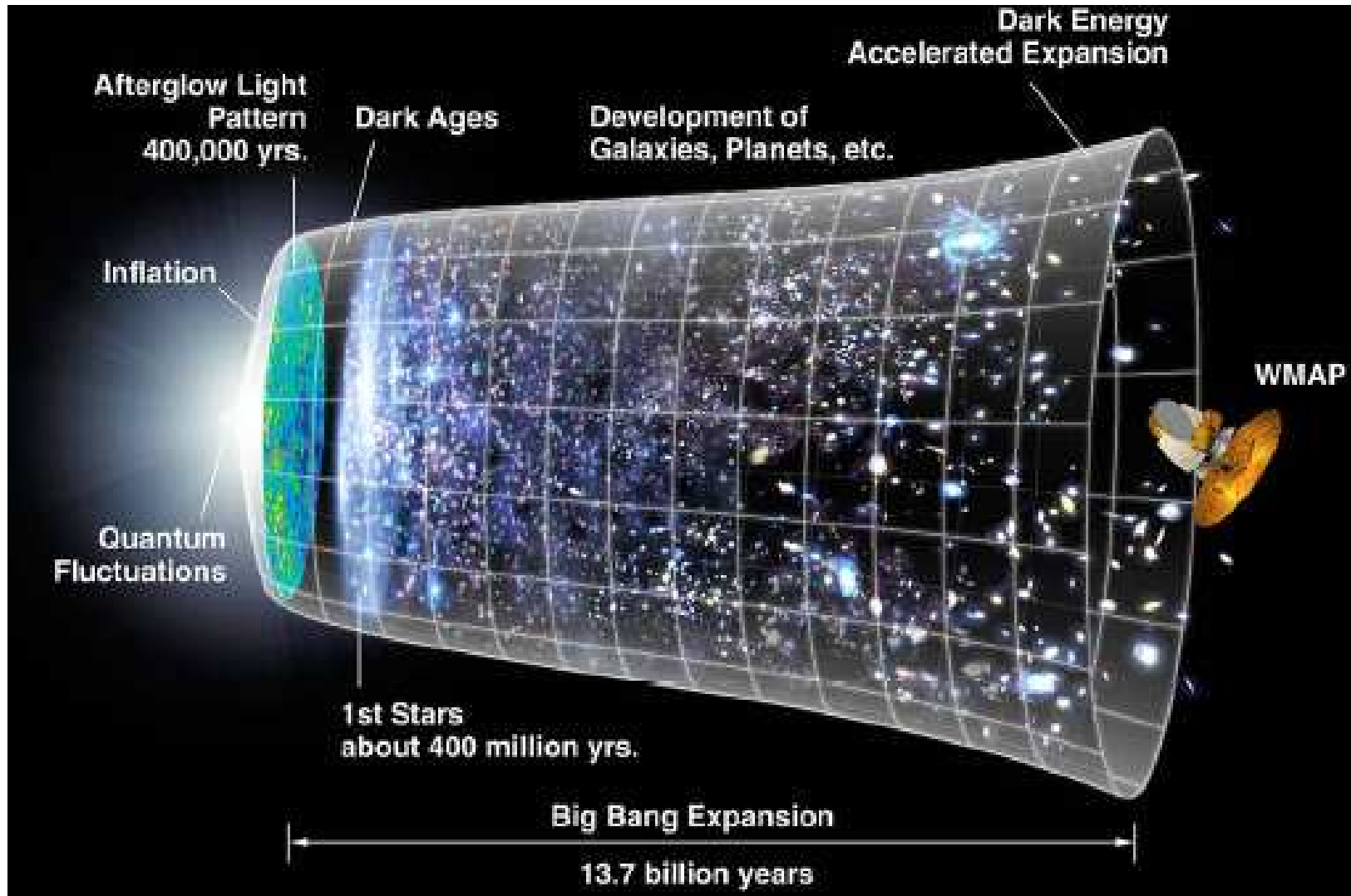
A Planck-űrszonda:
4,2 m; 2,4 t; 1,5 millió km



Csillagképződés az
Orion-ködben

A látható fényt vizsgáló Herschel-űrteleszkóppal együtt lőtték fel

A történet eddig



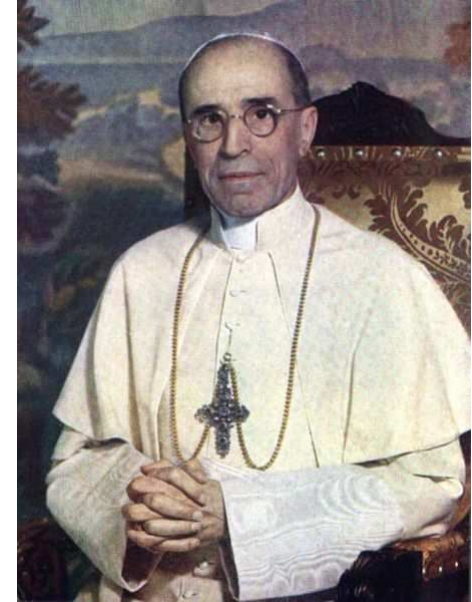
Evolúció és vallás

Ősrobbanás értelmezéséhez
az evolúció a fő kérdés

A legtöbb vallás elfogadja

XII. Pius már az ötvenes években
beletörődött egy részleges evolúcióba.

A Vatikán ma teljes mértékben elfogadja.

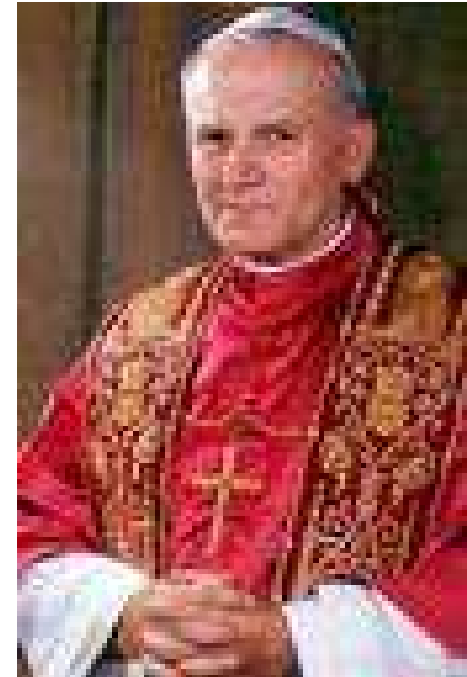


XII. Pius pápa

II. János Pál az evolúcióról

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.



http://www.newadvent.org/library/docs_jp02tc.htm



Evolúció és a Vatikán

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 azt hivatalosan el és a könyvet sem ítélte el. Az evolúció ötlete már Szent Ágoston és Aquinói Szent Tamás műveiben is fellelhető.

Aquinói Szent Tamás az evolúcióról

Aquinói Szent Tamás (1224–1274):
Summa Theologica

<http://www.newadvent.org/summa/>



Szent Tamás számára az ősanyag az alapvető változás közös alapja, az anyagi testek meghatározatlan eleme. Tiszta lehetőség... Semmiből készült és csak a semmibe visszahullva tűnhet el.

<http://www.newadvent.org/cathen/10053b.htm>



Protestantizmus: reformátusok

Az amerikai református források általában elvetik az evolúciót és az Ősrobbanást, szó szerint értelmezve a Bibliát. Nem hierarchikus felépítésű, nem találtam 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>

A Szentírás elleni első támadás a Nagy Bumm elméletében gyökerezik. Ez a hamis tanítás azt állítja...

(Beacon Lights, Vol. LIX, No. 7; July 2000)

... azt állítja, hogy a Világ egy „Nagy Bumm”-mal kezdődött, és hogy az ember a majomtól származik. Nagy butaság ilyen esztelen dolgokat állítani ...

(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.

Figyelik a természettudomány eredményeit és a Vatikán
reakcióit



Judaizmus és modern tudomány

<http://www.faqs.org/faqs/judaism/FAQ/06-Jewish-Thought/section-4.html>

Judaizmusban régi hagyomány nem szó szerint értelmezni a Genezist

Maimonides: *A Genezis kezdetének szó szerinti értelmezése a tömegeknek való*



Mose ben Maimon

1138 – 1204

Az ellentmondás feloldása

- Elvetni a tudományos adatokat, ami pl a kövületek értelmezését bonyolulttá teszi.
- Bebizonyítani, hogy megfelelő időszámítási rendszerben a 14 milliárd év 5758-nak felel meg.
- Feltételezni a többszöri teremtést (kövületek!).
- Elvetni a Tóra betű szerinti értelmezését.

Judaizmus és ősrobbanás

<http://www.judaism.com>

*Genesis and the Big Bang — The Discovery of Harmony
Between Modern Science and the Bible*

by Gerald L. Schroeder

*... Ez a kötet meggyőzően érvel amellett, hogy a
kozmológusok sokmilliárd éve és a Genezis 6 napja alatt
történt események ugyanannak a realitásnak a leírásai
nagyon különböző fogalomrendszerekben*



Hinduizmus és Teremtés

Dick Teresi^a: *Lost Discoveries : The Ancient Roots of Modern Science—from the Babylonians to the Maya*, Simon & Schuster, 2002

Indiai kozmológusok ...voltak az elsők, akik a Föld korát több, mint 4 milliárd évre becsülték. Ők kerültek a legközelebb az atomi és kvantumfizikához és más modern elméletekhez... A görög atomelméletet is valószínűleg ők ihlették, perzsa közvetítéssel.

Különböző irányzatok másképpen kezelik a Teremtést, de az evolúciót mind elfogadja.

^aLeon Lederman és Dick Teresi: *Az Isteni A-tom* avagy *Mi a kérdés, ha a válasz a Világegyetem?*



Sintoizmus és Teremtés

Ég és Föld teremtése

Kezdetben mindkettő egy tojásszerű alakulatban volt, amely behatárolatlan csirákat tartalmazott. Ahogy szétváltak, a tiszta elem kiemelkedett, az Eget alkotva. A sűrűbb, kevésbé tiszta részből lett a Föld.

<http://creationtheologies.tripod.com/creationtheologies/id2.html>



Iszlám és Teremtés

Mirza Tahir Ahmad: *The Quran and Cosmology*

http://www.alislam.org/library/books/revelation/part_4_section_5.html

...a Világegyetem folytonos tágulása csak a Koránban fordul elő, egyetlen más szent írás sem említi

Nem látják a hitetlenek, hogy Ég és Föld eredetileg egyetlen tömeg volt és Mi választottuk szét? És Mi készítettünk vízből minden egyes élőlényt?



Szent Ágoston, Hippo püspöke, 354-430

Szent Ágoston vallomásai, 397

(Dr. Vass József fordítása)

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

Önéletrajz és vita Istennel a Szentírásról

Könyvekre és fejezetekre tagolódik

A fordítók fejezetcímekkel látták el,
pedig a latin eredetiben nem láttam. A
fejezet lehet egy mondat vagy több
oldal.



Szent Ágoston, 354 – 430

(Philippe de Champaigne, XVII. sz.)

Világképe igen közeli a modern kozmológiához

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?*
Ez vissza-visszatérő kérdése. A válasz:
- 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

Teremtés és Idő

- 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, XI. könyv

Teremtés és idő

- *XXX. fejezet: ... mit művelt Isten a világ teremtése előtt? - Vagy: hogyan jutott eszébe teremteni valamit, mikor azelőtt soha semmit sem teremtett? ... nem lehet ott sohasem-ről beszélni, ahol egyáltalán nincsen idő. ... teremtmény híján idő sincs*

Az idő is a Teremtéskor jött létre.

Szent Ágoston vallomásai, XII. könyv

Vissza a teremtéshez

- VII. fejezet: *Semmiből lett az őszanyag, az őszanyagból az egész világ.*
- IX. fejezet: *Sem a mennyország, sem az őszanyag megteremtése nem időben történt.*
- XIII. fejezet: *Kezdetben teremté Isten a mennyországot és az őszanyagot ... 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 hullámszik 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.

*Isten létezésének bizonyítékai a modern természettudomány
fényében*

XII. Pius pápa beszéde a Vatikáni Tudományos Akadémia 1951
november 22-i ülésén

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

*51. Így tehát a Teremtés megtörtént. Tehát van Teremtő. Tehát
Isten létezik! Habár nem nyíltan kimondott és nem teljes, ez az a
válasz, amelyet a tudománytól vártunk, és amelyet az emberiség
jelenleg vár tőle.*



Edwin Hubble és XII. Pius pápa, 1951

Edwin Hubble levelet kapott egy barátjától, aki megkérdezte, a pápa bejelentése kvalifikálja-e szentté avatásra:

Amíg a reggeli újságban nem olvastam róla, nem gondoltam volna, hogy a pápának rád van szüksége Isten létének bizonyításához.



Edwin Hubble

1889 – 1953

Georges Lemaître meggyőzte a Vatikán tudósait, hogy nem szabad túlságosan építeni erre a nem bizonyított elméletre, és a pápa többet nem hivatkozott rá.

Ősrobbanás és II. János Pál

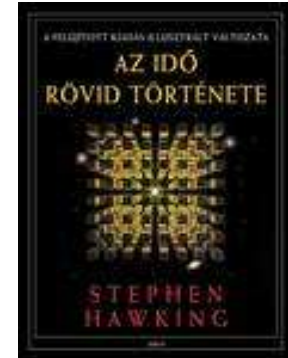
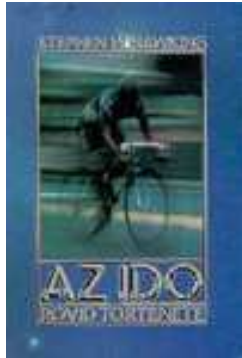
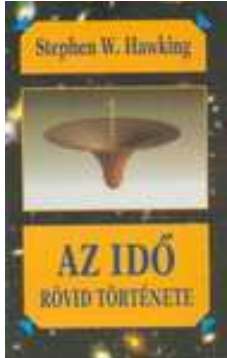
II. János Pál, Pontifical Academy of Sciences, 1996:

... 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!



II. János Pál és Stephen Hawking

Stephen W. Hawking, miután beszélt II. János Pállal, aki azt tanácsolta, ne fessegessék 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...

Teológia és fizika

Vallások nagyrészt elfogadják az Ősrobbanást Teremtésnek

Ez ki is következtethető a táguló Világegyetemből:
valamikor mindennek egészen közel kellett lennie egymáshoz.

A modern fizika tér- és időfogalma is logikailag levezethető
Spinoza, Kant, Hegel, Engels: értékes tudományos
következtetések

A fizika kísérleti tudomány, másképpen kérdez és kutat,
mint a filozófia vagy a teológia.

Kérdése: **hogyan működik a Világunk**

Módszere: Elmélet, számítások, kísérleti ellenőrzés
megfigyeléssel

Lemaître számítása pontos volt, mégsem fogadták el (ő maga sem), amíg megfigyelések nem erősítették meg.



Fizika és teológia

Ősrobbanás: modell, amelyet eddig minden megfigyelés alátámaszt

De a megfigyelések csak az első 0,01 mp-től érvényesek, azelőttre csak elméleti becslések és spekulációk.

CERN Nagy hadron-ütköztetője: Ősrobbanás utáni milliomod mp megközelítése anyagállapotban.

Talán a sötét anyagot is megtaláljuk.



Olvasnivaló

- <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ősrobbanás>
- Leon Lederman és Dick Teresi: *Az Isteni A-tom avagy Mi a kérdés, ha a válasz a Világegyetem?*
- Stephen Hawking: *Az idő rövid története*
- Frei Zsolt és Patkós András: *Inflációs kozmológia*
- Jáki Szaniszló: *Isten és a kozmológusok*
- Fizikai Szemle, 2010 augusztus



Köszönöm a figyelmet



Tartalékdiák



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	380000 év	3000 K	0,1 eV
Szerkezet kialakulása	$> 10^5$ év		
Mai helyzet	13,75 G év	2,7 K	$3 \cdot 10^{-4}$ eV

Jelenlegi kép: gyorsulva táguló Univerzum

