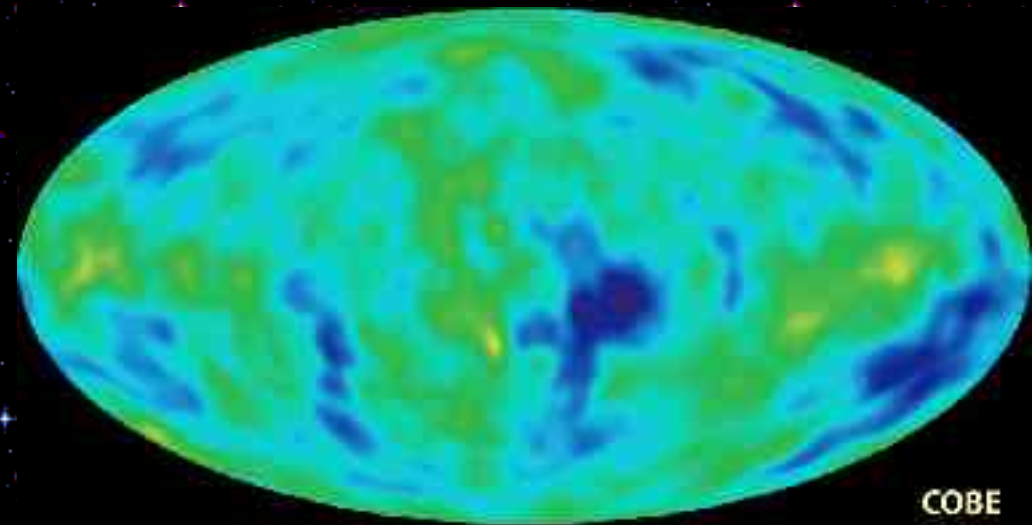
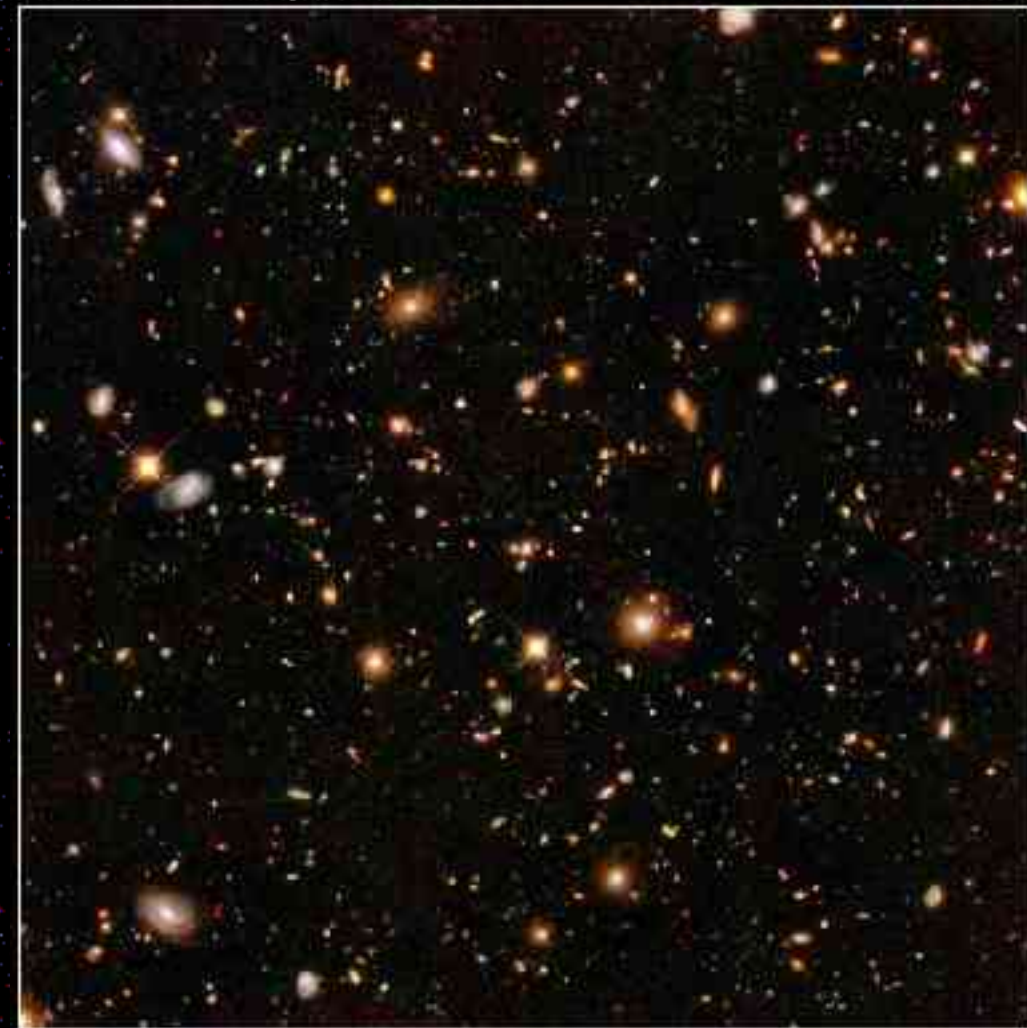


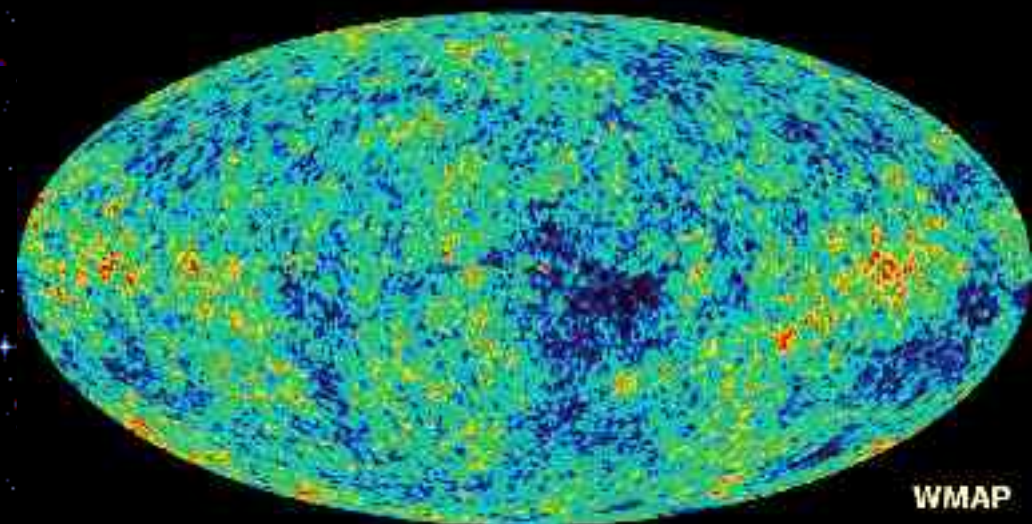
A modern kozmológia kialakulása

Hubble Ultra Deep Field • Infrared

HST • NICMOS



COBE



WMAP

Kozmológia

- a Világegyetem egészével foglalkozó tudomány
- alapvető kérdései:
 - hogyan keletkezett a Világegyetem?
 - miként alakult olyanná, amilyennek látjuk?
 - hogy néz ki most?
 - mivé fejlődik tovább?

"Hogyan keletkezett a világ?"

ókori vallások: Isten v. istenek teremtették

görög mitológia: ?skáoszból jött létre

keleti vallások: örökké léteznek, ciklikus

"Hogy néz ki most?"

- ókori Kelet (~i.e. 2000):
lapos Föld, az égbolt víz, az égitestek istenek
- görögök (~i.e. 300):
geocentrikus, gömb alakú égitestek, körpályák,
kristályszférák
- reneszánsz (16. sz.):
heliocentrikus, ellipszis pályák, távoli csillagok
- újkor (17-19. sz.):
új bolygók, Nap = csillag, spirálködök,
csillagközi gázfelhők, végtelen Univerzum

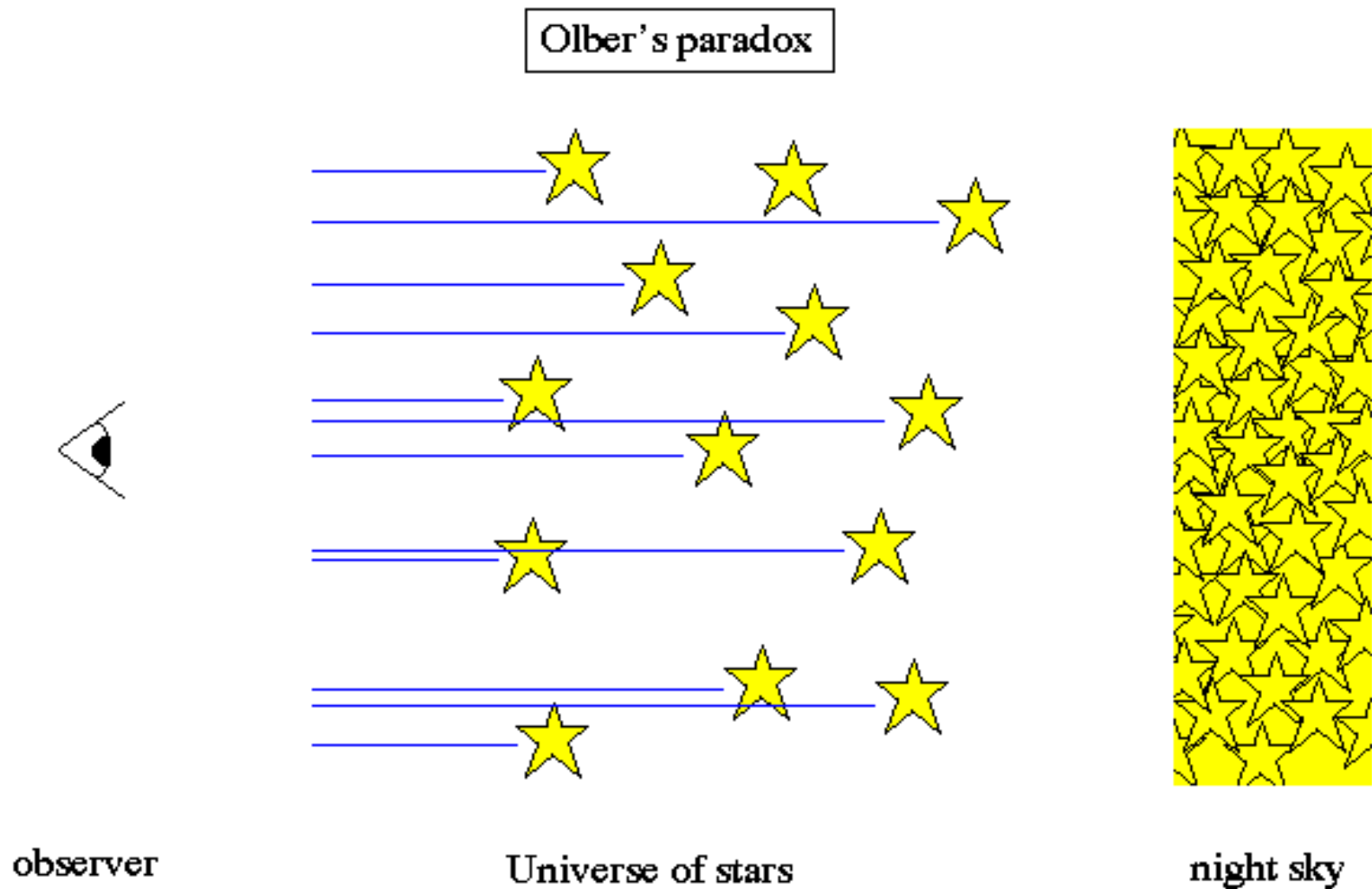
A végtelen Univerzum problémája

W. Olbers (1826):
"Miért van éjszaka sötét?"

ha a tér végtelen és az anyag egyenletesen sűrű (newtoni világkép), minden irányban csillagokat kellene látnunk!



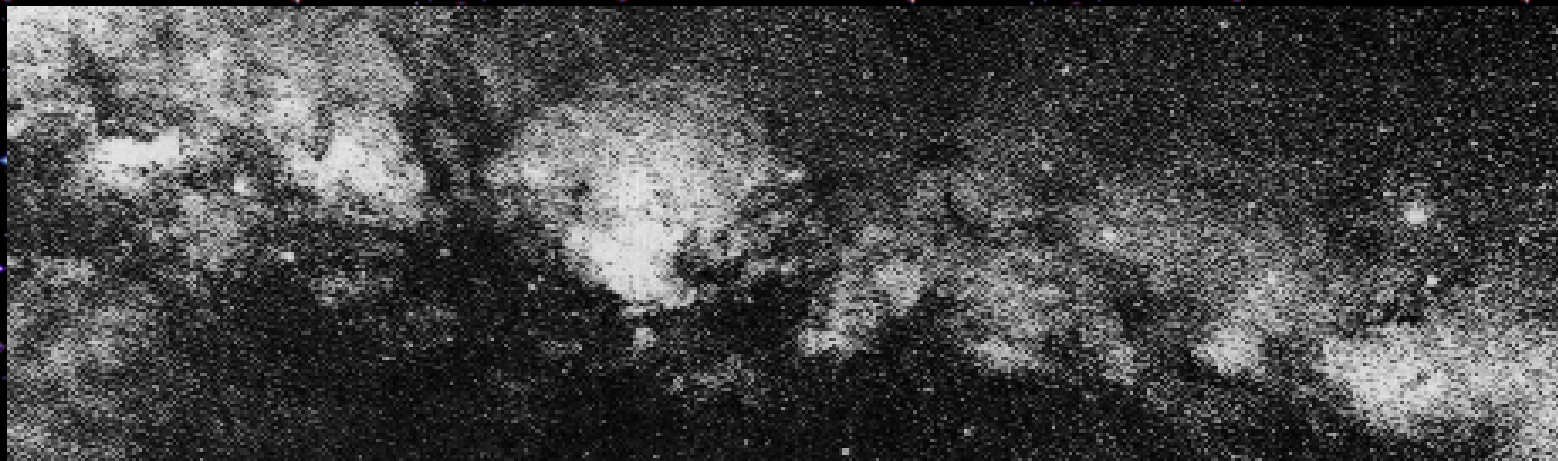
A végtelen Univerzum problémája



A végtelen Univerzum problémája

Javasolt megoldások:

1. a világot valamilyen sötét anyag tölti ki, ami nagy távolságon elnyeli a fényt (rossz!)



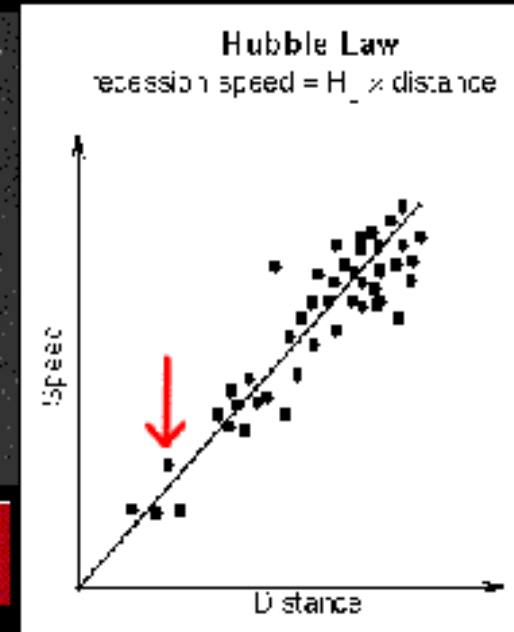
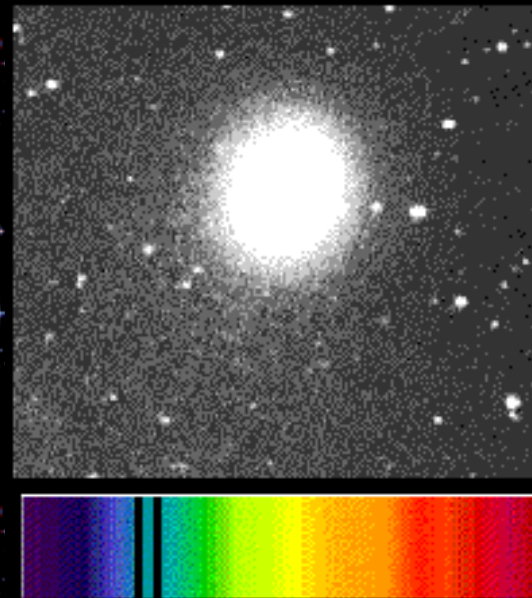
2. a világ nem végtelen

A táguló Univerzum

E. Hubble (1930)

1. a galaxisok távolodnak
2. a távolodási sebesség egyenesen arányos a távolsággal

↓
az Univerzum tágul!



A táguló Univerzum

1. A tágulás miatt az Univerzum életkora véges

$$v = H \cdot r$$
$$v = \frac{r}{T} \quad \frac{r}{T} = H \cdot r \quad \rightarrow \quad T = \frac{1}{H}$$

2. A megfigyelhet? Univerzum nem lehet végtelen

$$R_{max} = c \cdot T = \frac{c}{H}$$

3. Nagyon távolra nézve a múltat látjuk

$$t = \frac{r}{c} = \frac{1}{c} \cdot \frac{v}{H} = \frac{z}{H}$$

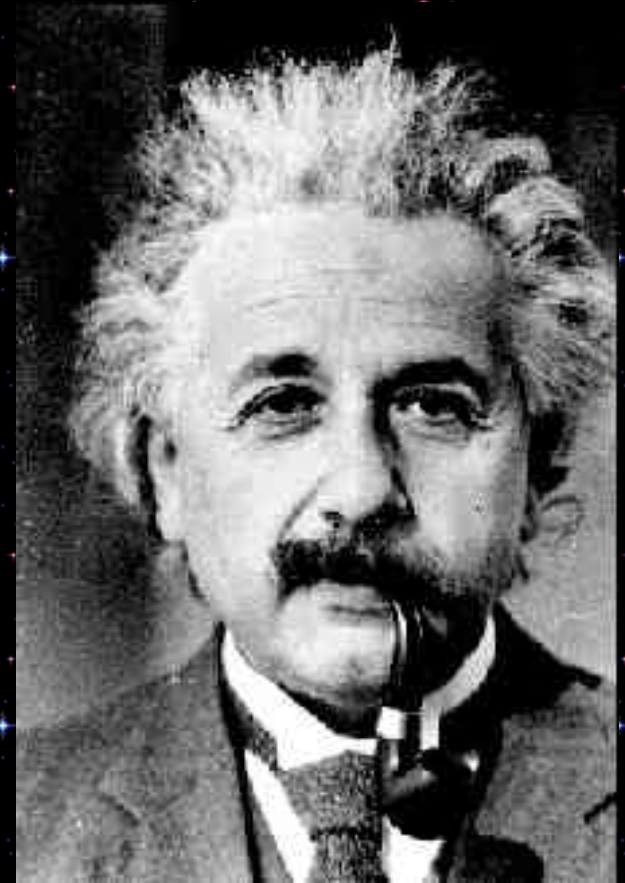
ahol $z = v/c$

Albert Einstein (1879-1955)

- elméleti fizikus
- német származású, 1933-ban az USA-ba emigrált

Speciális relativitáselmélet (1905)

- a fényseb. független a mozgástól, mindig állandó
- $E = m c^2$
- a mozgó megfigyel? másként látja az eseményeket:
 - hosszúság-kontrakció
 - egyidej?ség relativitása
 - id?dilatáció

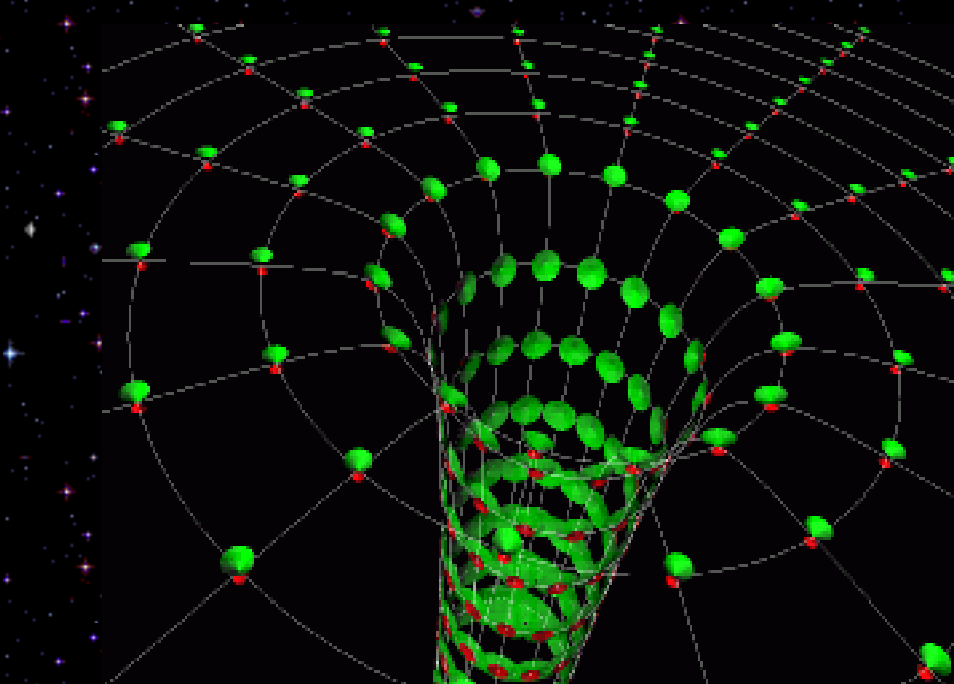
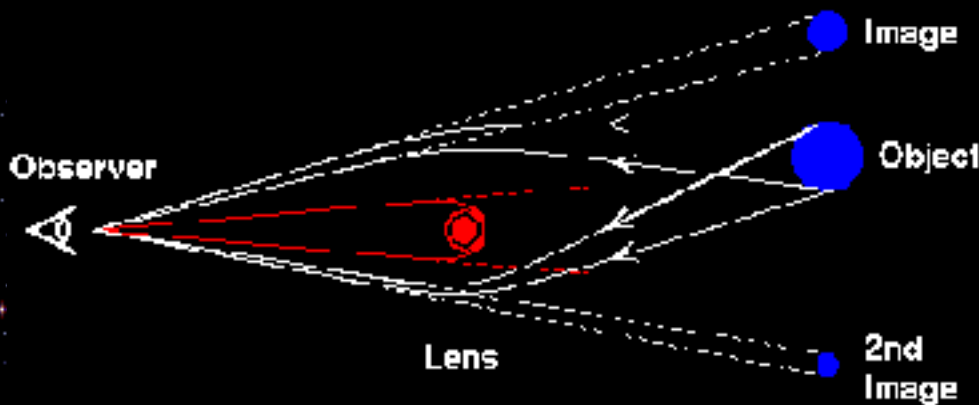


Általános relativitáselmélet (Einstein, 1916)

- a gravitáció = a tér görbülete

- er?s gravitációs terek
leírása (pl. fekete lyuk)

- fénygörbülés (grav. lencse)



Az általános relativitáselmélet szerint az Univerzum nem lehet statikus \implies a gravitáció hatására összeomlik

Einstein:

- hipotetikus taszító er? bevezetése ("kozmológiai állandó",)

Alexandr Friedmann, Georges Lemaitre (~1920):

- összehúzódó és táguló világmodellek
- tágulás szerepe: a mozgási energia kompenzálja a gravitáció okozta összehúzódást

George Gamow (1904-1968)

- orosz származású amerikai fizikus
- "Big Bang" elmélet (1948):
 - az Univerzum kb. 15 milliárd éve szupersűrű, forró állapotban volt
 - ebből robbanásszerűen szétterjedt, ennek során fokozatosan lehűlt
 - a sűrű, forró "szlevesben" keletkeztek a ma ismert atomok, elemi részecskék
 - a gravitáció hatására az anyag csomósodni kezdett (galaxisok, csillagok alakultak ki)



A "Big Bang" (? srobbanás) elmélet jóslatai:

1. az Univerzum anyagának kb. 10 %-a hélium,
ami a korai, forró állapotban keletkezett

H - He fúzióval

2. a forró Univerzum sugárzása ma is megfigyelhet?

kell, hogy legyen -- a sugárzás h?mérséklete

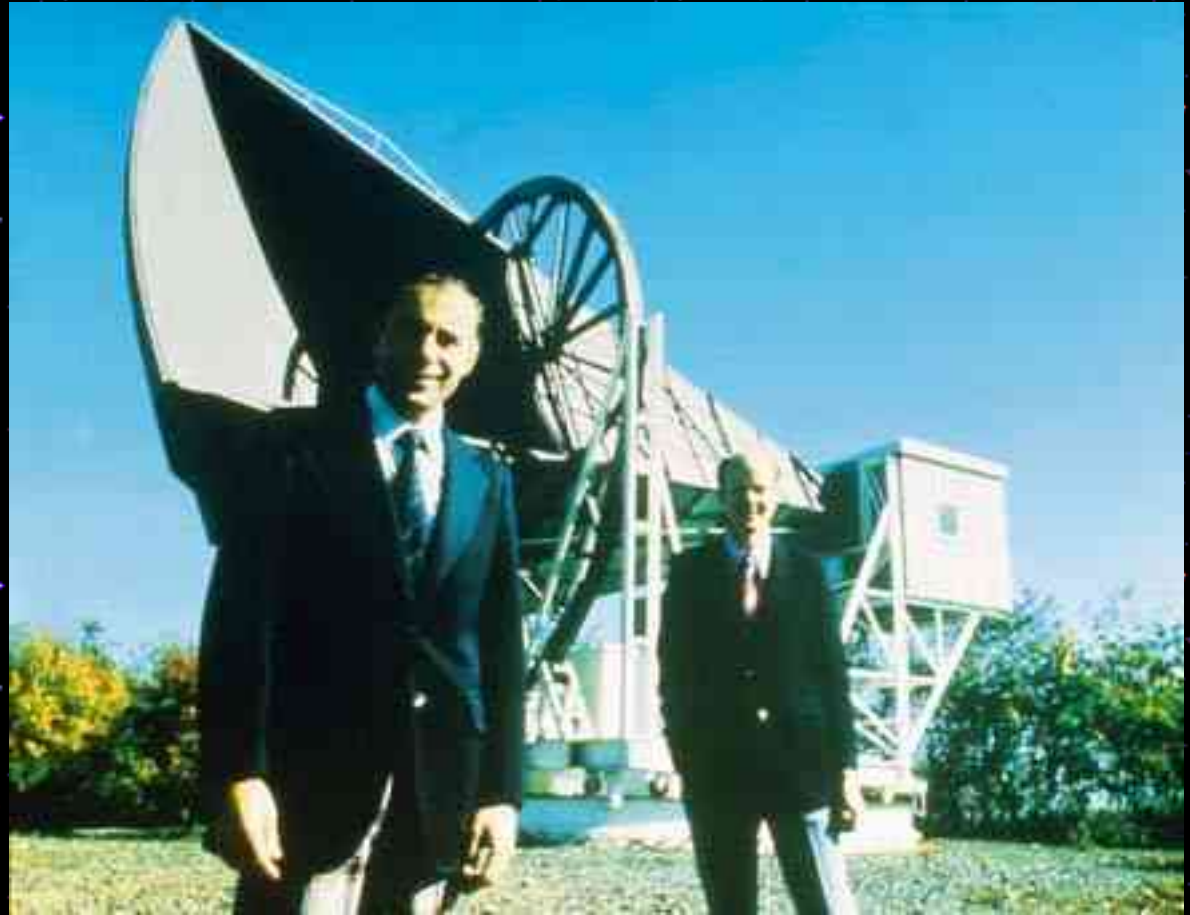
kb. 10 Kelvin

A háttérsugárzás felfedezése

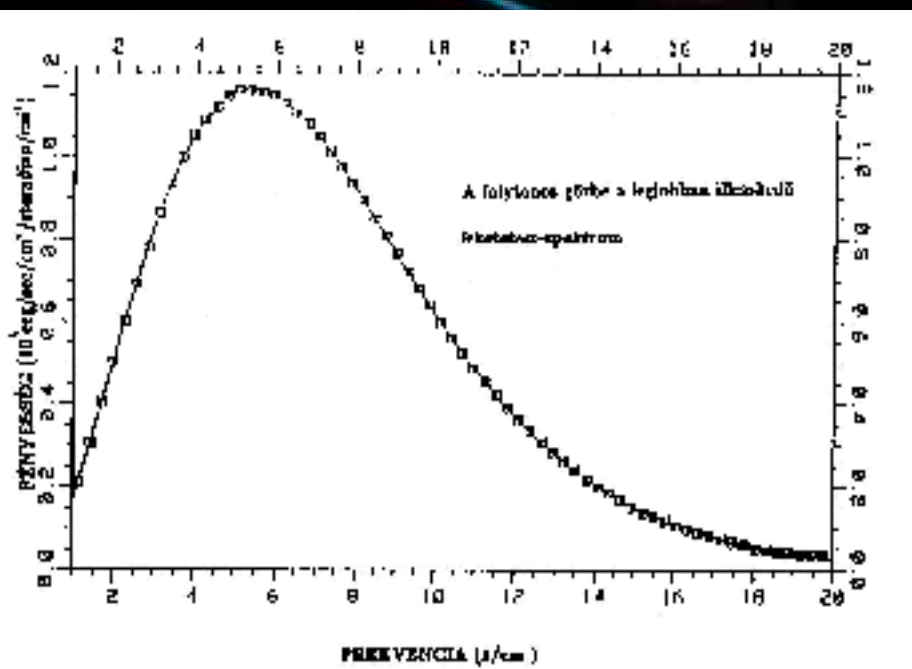
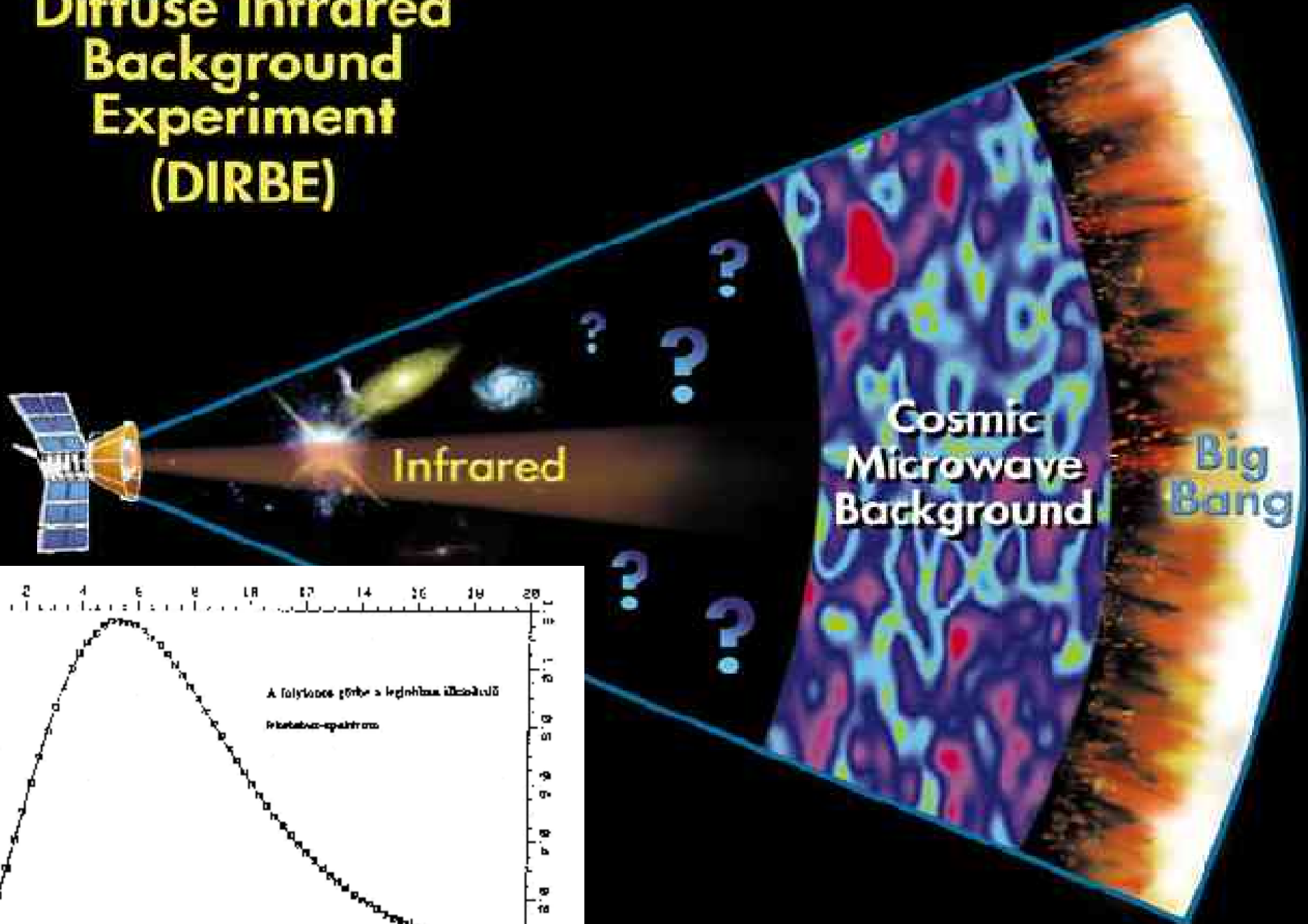
Arno Penzias, Robert Wilson (1965)

a világ minden irányából rádió-
sugárzás érkezik

olyan, mintha egy
3 Kelvin hőmérsékletű
"abszolút fekete test"
sugározná minden
irányból



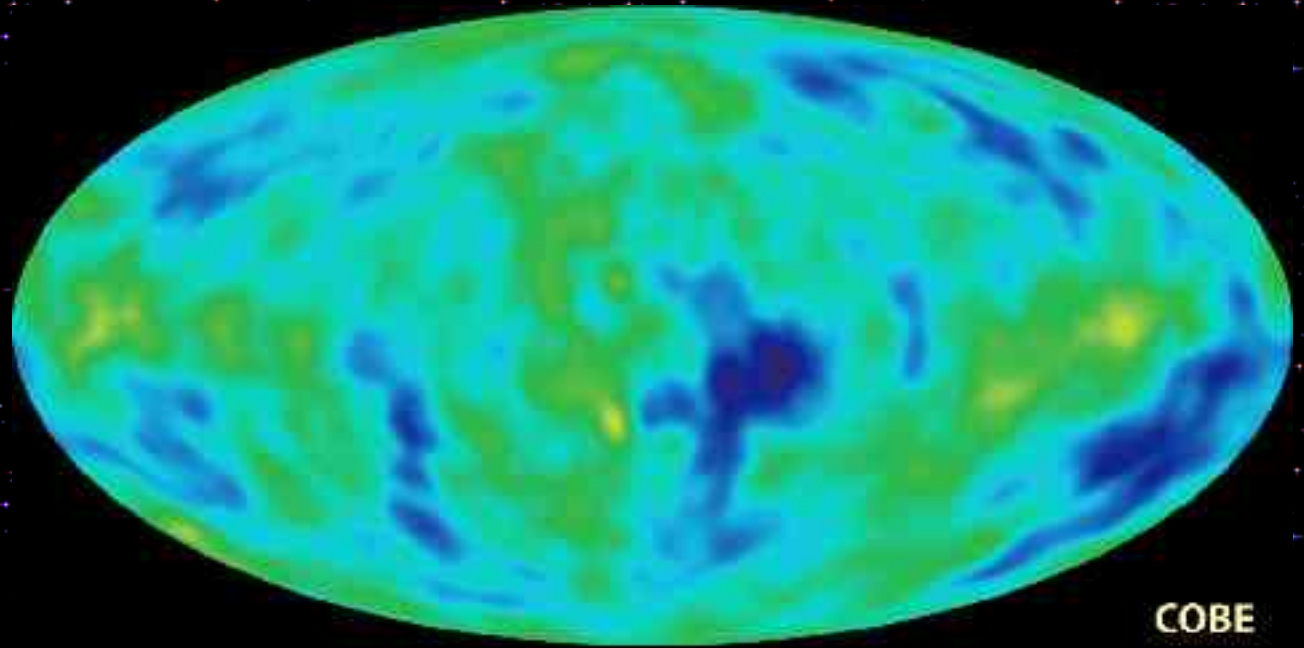
Diffuse Infrared Background Experiment (DIRBE)



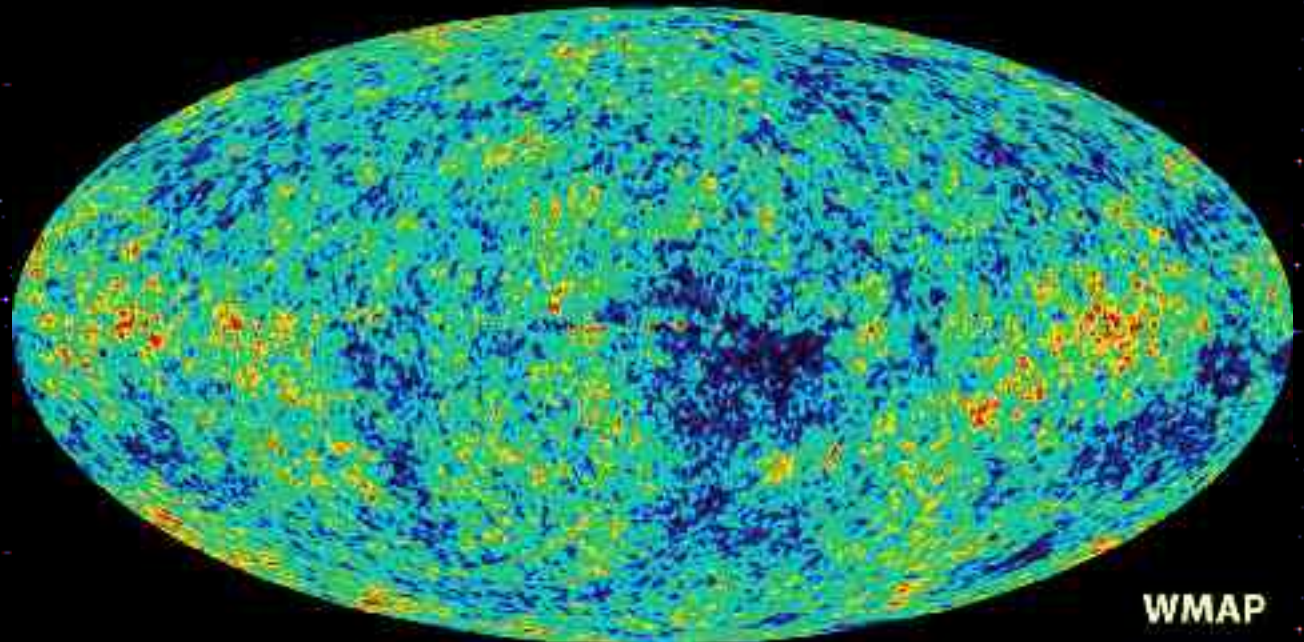
A háttérsugárzás fluktuációi

A háttérsugárzás
intenzitása kicsit
függ az iránytól

az eloszlásból az
anyag kezdeti
csomósodásaira
lehet következtetni



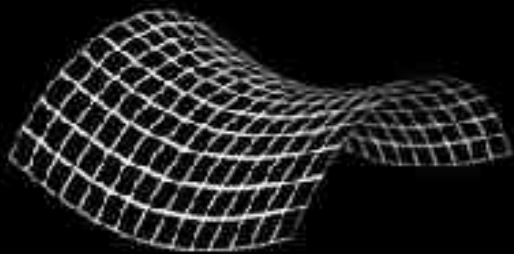
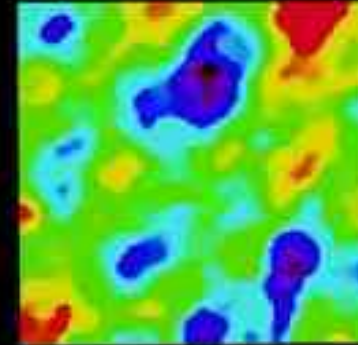
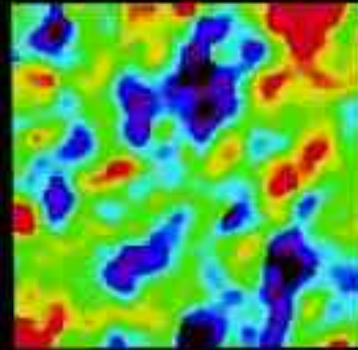
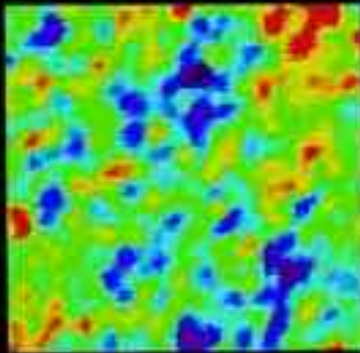
COBE



WMAP

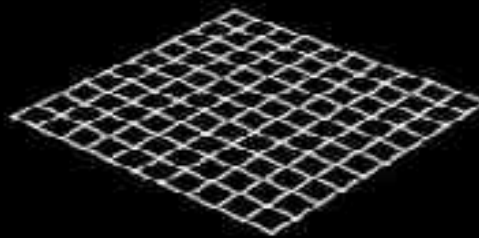
A háttérsugárzás fluktuációi

GEOMETRY OF THE UNIVERSE



OPEN

Fluctuations largest on half-degree scale



FLAT

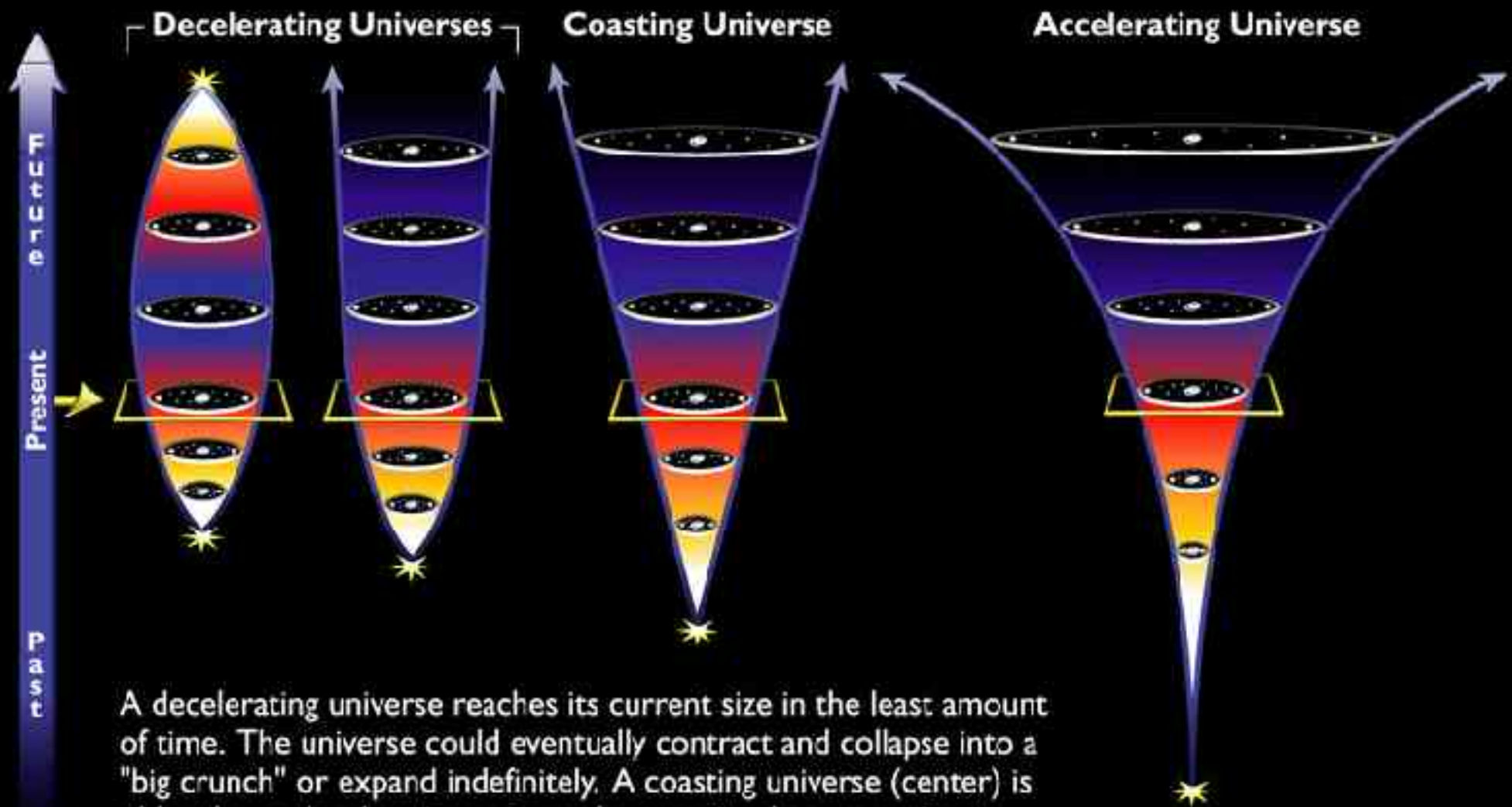
Fluctuations largest on 1-degree scale



CLOSED

Fluctuations largest on greater than 1-degree scale

Possible Models of the Expanding Universe



A decelerating universe reaches its current size in the least amount of time. The universe could eventually contract and collapse into a "big crunch" or expand indefinitely. A coasting universe (center) is older than a decelerating universe because it takes more time to reach its present size, and expands forever. An accelerating universe (right) is older still. The rate of expansion actually increases because of a repulsive force that pushes galaxies apart.