

# Az ősrobbanás elmélete



### Kozmológia és kozmogónia

- **Kozmológia:** a világmindenséggel mint összefüggő, egységes egészzel, tér- és időbeli szerkezetével, keletkezésével, fejlődésével foglalkozó tudomány.
- **Kozmogónia:** az égitestek keletkezésével és fejlődésével foglalkozó tudomány.

### Newtoni kozmológia

- Végtelen világegyetem: a végtelen sok csillag miatt világít az égbolt (Olbers)
- Véges világegyetem: a galaxisoknak közeledniük kell egymáshoz




### Véges - végtelen

Végtelen: matematikai fogalom (pl. pont, szám, stb.)

**Minden létező dolog véges!**

„Alles, was ist, endet!”  
Erda



### Barrow könyvei



### Galaxisok

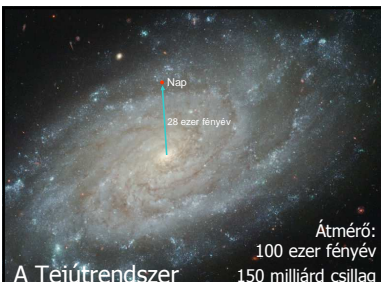
Spirális, elliptikus és szabálytalan rendszerek.  
A Világegyetem építőelemei.



### A Tejútrendszer

Átmérő: 100 ezer fényév  
150 milliárd csillag

Nap  
28 ezer fényév



### Hubble

Edwin Powell HUBBLE  
1889-1953


A Palomar-hegyi 120 cm-es távcső

- 1924: az extragalaktikus távolságok kimutatása (Andromeda-köd)
- 1925: 40 galaxis sebességének megmérése
- 1929: a Hubble-törvény felfedezése

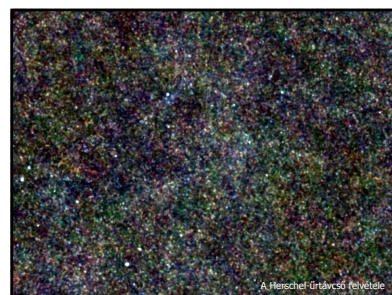
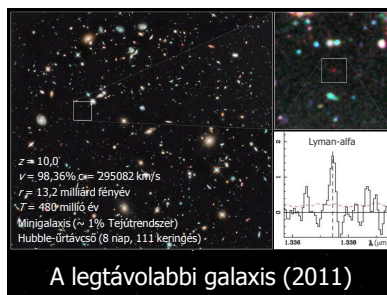
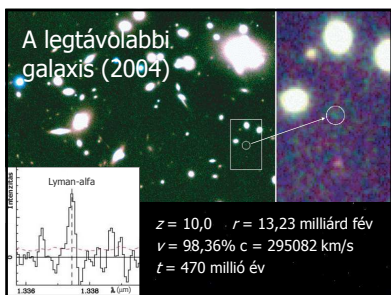
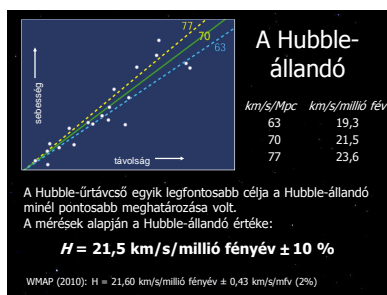
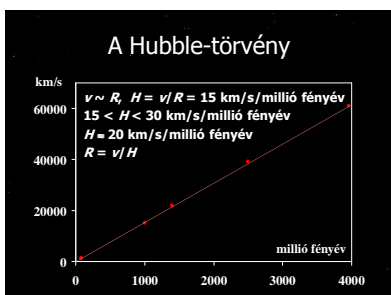
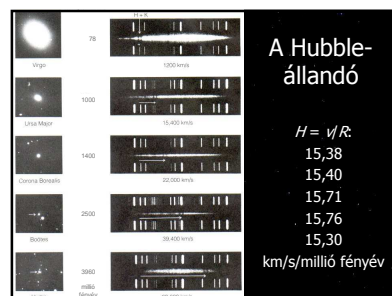
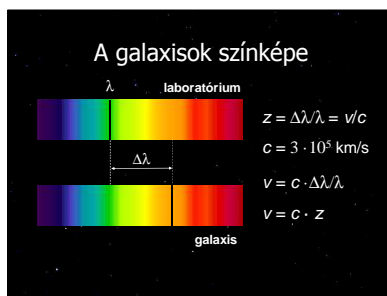
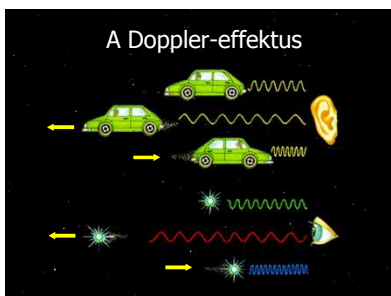


### A Doppler-effektus

álló hullámforrás      mozgó hullámforrás



# Az ősrobbanás elmélete



# Az ősrobbanás elmélete

## Sebesség és átmérő

Az égitest átmérőjének megfelelő távolság megtételéhez szükséges idő

Égitest:	Átmérő:	Sebesség:	Idő:
Föld	12700 km	30 km/s	7 perc
Nap	1,4 millió km	225 km/s	1 óra 40 perc
galaxis	100 ezer fényév	30 ezer km/s	1 millió év
galaxis	100 ezer fényév	~ fénysebesség	100 ezer év

## A táguló Világegyetem

$T = R/v$  (idő = út/sebesség)

Hubble:  $v \sim R$ ,  $H = v/R = 20 \text{ km/s/millió fényév}$

$$T = \frac{1 \text{ millió fényév}}{20 \text{ km/s}} = \frac{10^6 \cdot 300000 \text{ km/s} \cdot 1 \text{ év}}{20 \text{ km/s}} = 15 \cdot 10^9 \text{ év}$$

WMAP 2001 (2010):  $13,75 \pm 0,11$  milliárd év (0,8%)

## Ősrobbanás

**Georg Lemaitre, 1929:**  
A Világegyetem végtelenül kicsi és végtelenül görbült volt, az összes anyag és energia egy pontban zsúfolódott össze.

**Arthur Eddington, 1933:**  
az első komoly számítások

**Fred Hoyle, 1950:**  
csúfnev: Nagy Bumm (Big Bang)

## Kozmikus nukleoszintézis

- Hélium:**
  - aránya 25% (a csillagok csak 10%-ot termeltek meg)
- Gamow, 1946:**
  - a héliumtöbblet magyarázata
  - a forró Univerzum elméletének kidolgozása
  - jelenleg  $\sim 3 \text{ K}$  a hőmérséklet

George GAMOW  
1904 - 1968

## A kozmikus háttérsugárzás

Arno A. PENZIAS (1933-) és Robert W. WILSON (1936-)

- 1965: Bell Telephone Laboratories, a kommunikációs műholdak mikrohullámú összeköttetése (galambok az antennában)
- 1978: Nobel-díj

## A háttérsugárzás izotrópiája

$T = 2,725 \text{ K}$   
Nincsenek csillagok, galaxisok (WMAP)

0,01%-os fluktuációk

-0,273 mK      +0,273 mK

COBE

## Minek neveztek?

POST CARD

FROM: BRUCE TERRY, SKY & TELESCOPES, 52 WEST LAKEWOOD, PATCHOGE, WY, 117

TO: BIG BANG CHALLENGE, P.O. BOX 911, HELMONT, NY, 178

Sky and Telescope, 1993: 13099 javaslat

**A leggyakoribb javaslatok:**  
Teremtés, Genesis, Space-Time Zero (tér-idő-nulla)

**Mitoszokhoz kapcsolódó kifejezések:**  
Fatou al-Ratnu (arabul: az Univerzum állapota a teremtés előtt)

**Nevekhez kapcsolódó kifejezések:**  
Hubble Bubble (Hubble-buborék)  
Planck Point (Planck-pont)  
Origin of the Space-ies (a terek eredete, Darwin: Origin of the Species: a fajok eredete)

**Szójátékok mozaikszavakkal:**  
DREAM (álom, ábránd):  
Definitive Realization of Energy and Matter (az energia és az anyag végleges létrejötte)  
MOM (anyuci): Mother of Matter (az anyag anyja)  
Big TOE (nagy lábujj): Big Theory of Everything (a mindenség nagy elmélete)

**Számítástechnikai jellegű kifejezések:**  
Big Boot (a nagy bekapcsolás)  
God's Log-On (Isten bejelentkezése)

**Tréfás kifejezések:**  
Jurassic Quark  
„Mi történik, ha megnyomom ezt a gombot?”  
Phil Withair: még semmit sem neveztek el rólam...  
Phil Withair Day (Phil Withair napja)

A győztes:  
**Fred Hoyle**

# Az ősrobbanás elmélete

## A forró Univerzum


„Világegyetem-gáz”  
A múltban:

- kisebb méret
- nagyobb hőmérséklet
- nagyobb sűrűség



Wolfgang Pauli és George Gamow

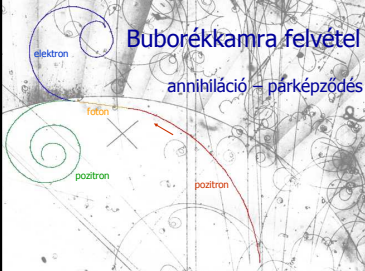
## Párképződés – annihiláció



Például:  
 $\gamma + \gamma \leftrightarrow \text{elektron} + \text{antielektron (pozitron)}$   
 $\gamma + \gamma \leftrightarrow \text{proton} + \text{antiproton}$

## Buborekkamra felvétel

annihiláció – párképződés



FermiLab

## A párképződés feltétele

$$E_{\text{foton}} = E_{\text{részecske}}$$

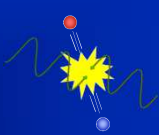
$$h \nu \approx k \cdot T = m \cdot c^2$$

$$T = m \cdot c^2 / k$$


$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Például	m:	T:
elektron:	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	$6 \cdot 10^9 \text{ K}$
proton:	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	$10^{13} \text{ K}$



## Részecskegyorsítók



6 km

A világ legnagyobb részecskegyorsítója:  
a CERN a francia-svájci határon

## A LEP alagútja



A Nagy Elektron-Pozitron Ütköző (LEP) 27 km kerületű gyűrűje 100 m mélyen van a föld alatt. Egy kísérlet során  $10^{12}$  részecskét gyorsítanak fel. A részecskék 12 óra alatt 500 milliószor futnak körbe. Ezzel akkora energiára tesznek szert, amely  $10^{15}$  K hőmérsékletnek felel meg. Jelenleg tervezik (előgyorsítással) a  $10^{16}$  K elérését (szabad kvarkok).

## A kezdet

$t = 0$      $d = „0”$      $T = „\infty”$      $\rho = „\infty”$

### ŐSROBBANÁS

???

$t = 10^{-10} \text{ s}$      $d = 6 \text{ cm}$      $T = 10^{15} \text{ K}$      $\rho = 10^{33} \text{ kg/m}^3$

### HADRONKORSZAK

## Hadronkorszak

$t = 10^{-10} \text{ s}$      $d = 6 \text{ cm}$      $T = 10^{15} \text{ K}$      $\rho = 10^{33} \text{ kg/m}^3$

- nehéz elemi részek (hadronok, pl. protonok, neutronok) létrejötte és megsemmisülése

$t = 10^{-5} \text{ s}$      $d = 6 \text{ km}$      $T = 10^{12} \text{ K}$      $\rho = 10^{17} \text{ kg/m}^3$



## A hadronkorszak vége

- $10^{12} \text{ K}$  alatt új hadronok nem keletkeznek, a meglévők antirészecske párjukkal találkozáskor megsemmisülnek (fotonokká alakulnak)
- a korszak végére eltűnnek a hadronok

# Az ősrobbanás elmélete

### Leptonkorszak

$t = 10^{-2}$  s    $d = 6$  km    $T = 10^{12}$  K    $\rho = 10^{14}$  t/m<sup>3</sup>

- könnyű elemi részek (leptonok, pl. elektronok, pozitronok) létrejötte és megsemmisülése
- a korszak végére eltűnnek a leptonok

$t = 10$  s    $d = 6$  millió km    $T = 10^{10}$  K    $\rho = 10$  ezer t/m<sup>3</sup>

### A sugárzási kor

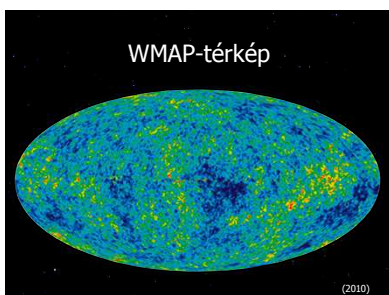
$t = 10$  s    $d = 6$  millió km    $T = 10^{10}$  K    $\rho = 10$  ezer t/m<sup>3</sup>

- gyakorlatilag eltűnik az „anyag”, csak fotonok és neutrínók maradnak
- köbméterenként 500 millió foton, 500 millió neutrínó, 1 proton, 1 neutron, 1 elektron
- a korszak végén keletkezik a kozmikus háttérsugárzás (átlátszó lesz a Világegyetem)

$t = 300000$  év    $d = 600000$  fév    $T = 3000$  K    $\rho = 10^{-18}$  kg/m<sup>3</sup>

### A Wilkinson-műhold

- Start: 2001. 1,5 millió km-re a Földtől
- WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)



### Nukleoszintézis

10 s - 10 perc:

- 75 % H, 25 % <sup>4</sup>He
- nyomokban <sup>2</sup>H, <sup>3</sup>He, Li, Be, B

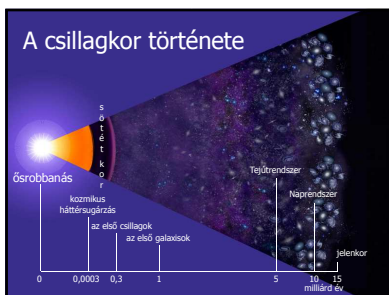
### Csillagkor

$t = 300000$  év    $d = 600000$  fév    $T = 3000$  K    $\rho = 10^{-18}$  kg/m<sup>3</sup>

- a maradék „anyag” kezd meghatározóvá válni
- kialakulnak a galaxisok és a csillagok

$t = 15 \cdot 10^9$  év    $d = 30 \cdot 10^9$  fév    $T = 3$  K    $\rho = 10^{-27}$  kg/m<sup>3</sup>

### JELEN



# Az ősrobbanás elmélete

