

Modern kozmológia

Horváth István

NKE HHK

Katonai Logisztikai Intézet

Természettudományi Tanszék

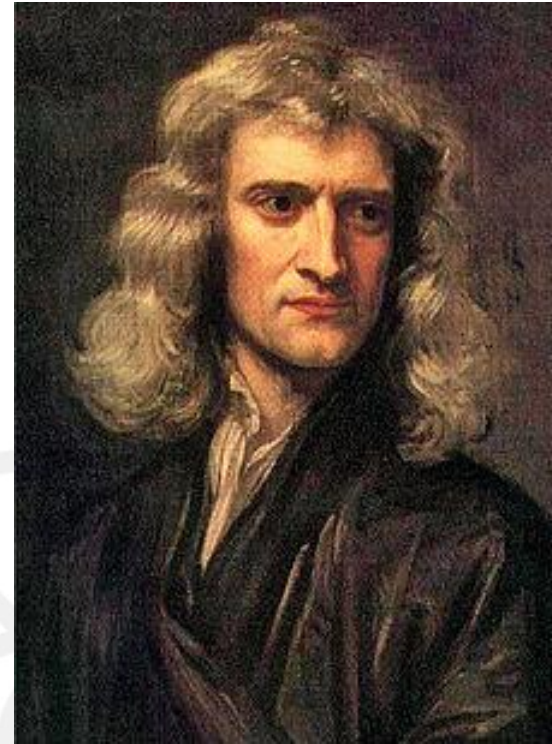
2015 a fény nemzetközi éve

- 1015 Ibn Al-Haytham optika
- 1815 Fresnel fény hullámelmélete
- 1865 Maxwell egyenletek
- 1905 foton, Einstein
- 1915 általános relativitáselmélet, Einstein
- 1965 Penzias, Wilson, háttérsugárzás

XVII. sz. a modern tudomány sz.



Galilei



Newton

1800: W. Herschel,



Galaxisunk „rekonstruált” képe



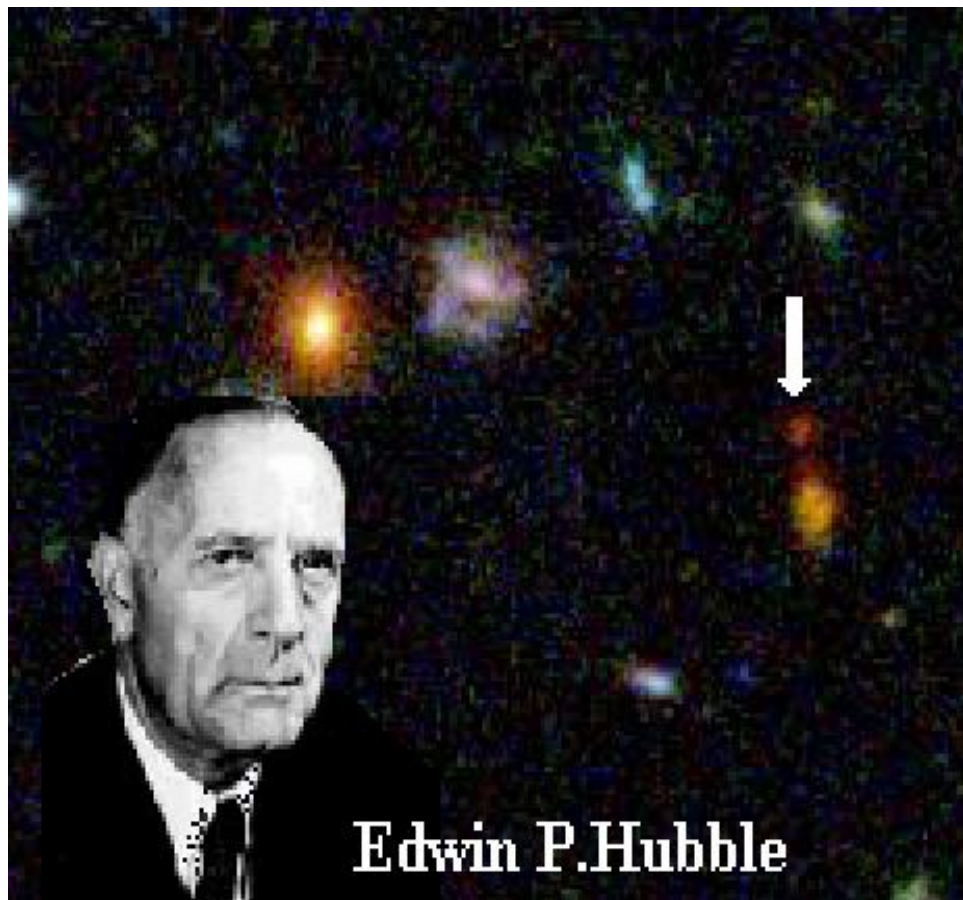


NEMZETI
KÖZSZOLGÁLATI
EGYETEM
A HAZA SZOLGÁLATÁBAN

Budapest, 2019. november 24.



Hubble 1923-ban kimutatja, hogy az Androméda-köd minden kétséget kizáróan Tejútrendszeren kívüli objektum



Androméda galaxis



Hubble törvény (1929)

$$v = H r$$

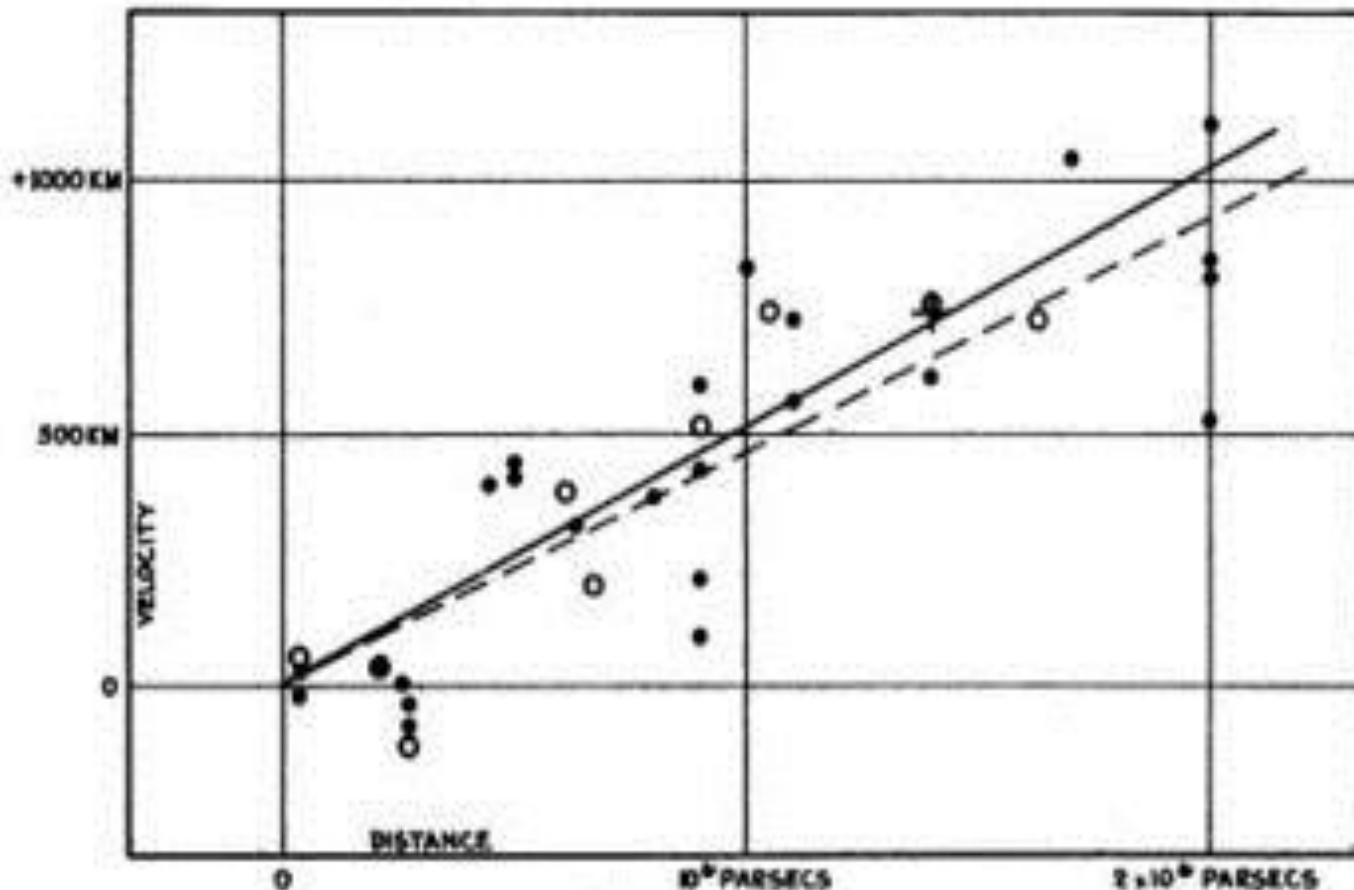


FIGURE 1

Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

Radial velocities, corrected for solar motion, are plotted against distances estimated from involved stars and mean luminosities of nebulae in a cluster. The black discs and full line represent the

1 pc
3,26 fé
 $3 \cdot 10^{13}$ km

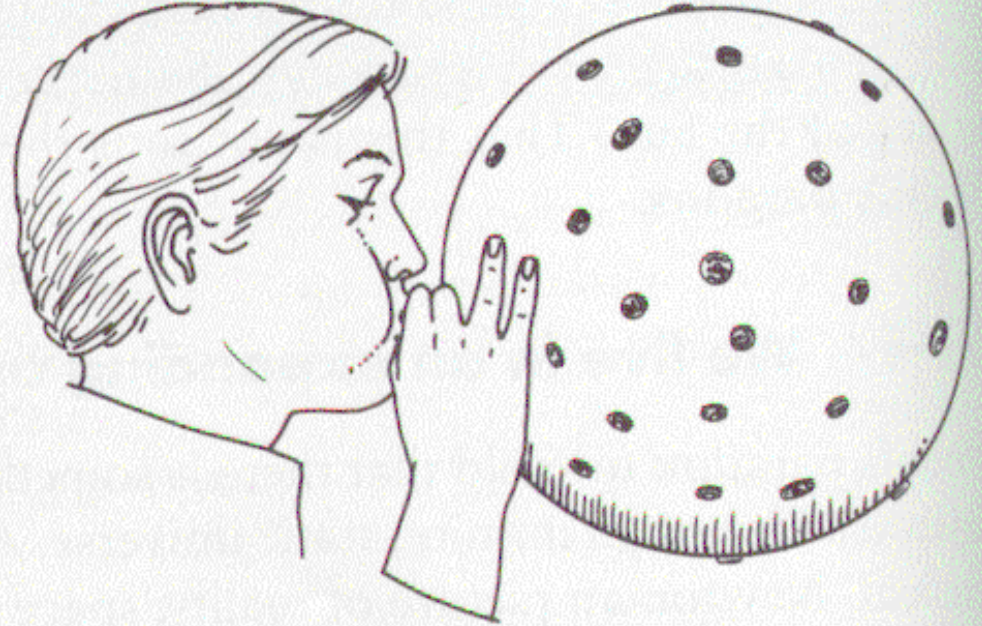
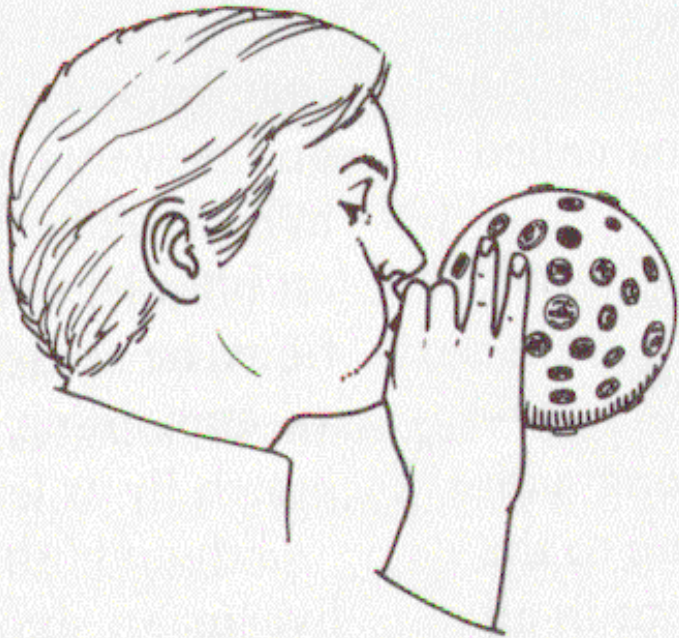
1 Mpc
 $3 \cdot 10^{16}$ km

Hubble idő és a Világ kora a standard modellben

- Hubble állandó **Hubble idő** a Világegyetem kora

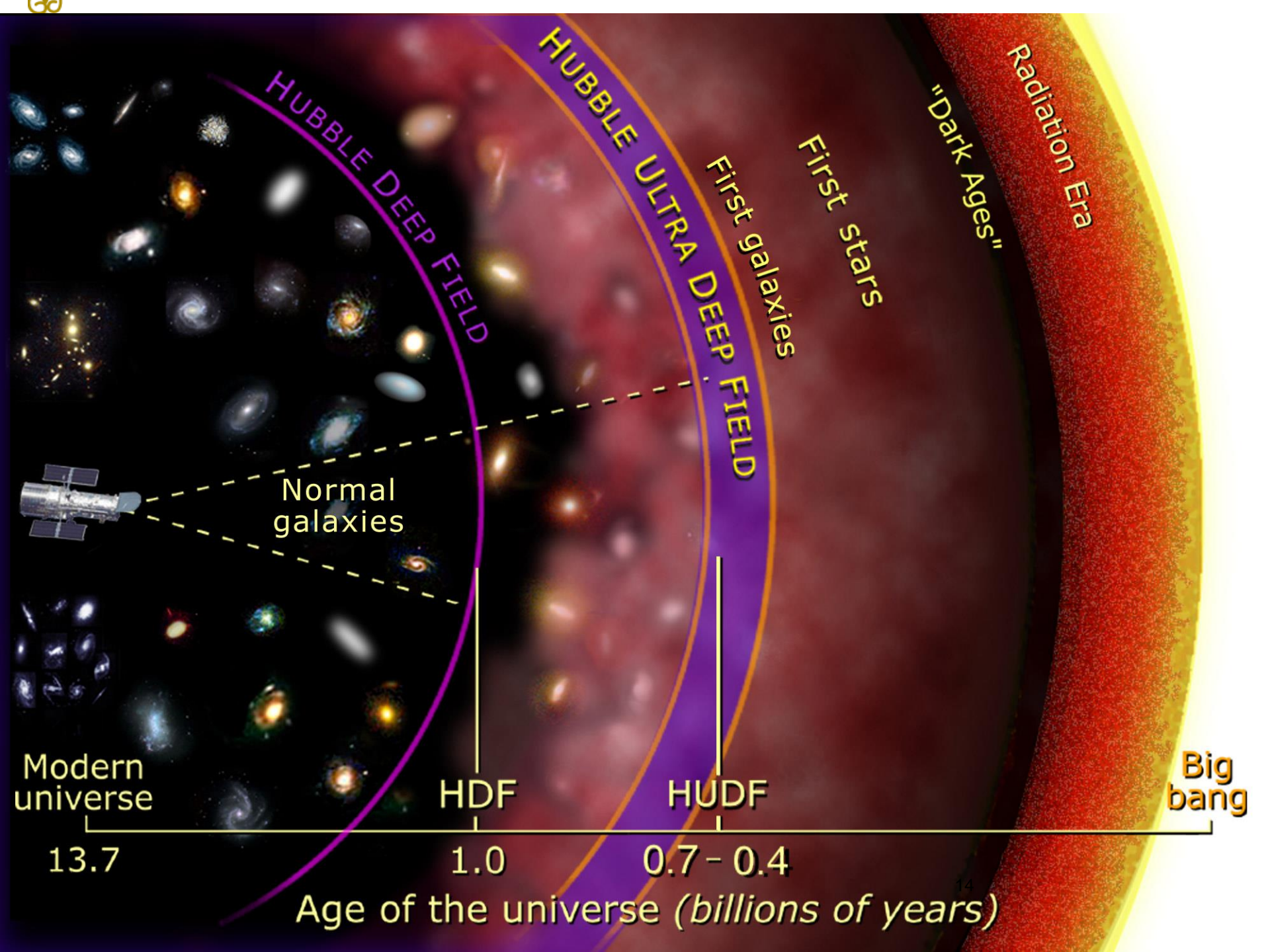
• H	$1/H$	$2/3H$
• km/sMpc	Gyr	Gyr
• 50	19,5	13,04
• 65	15	10,0
• 70		9,3
• 75		8,7
• 100	9,8	6,52
• 500	2	1,3

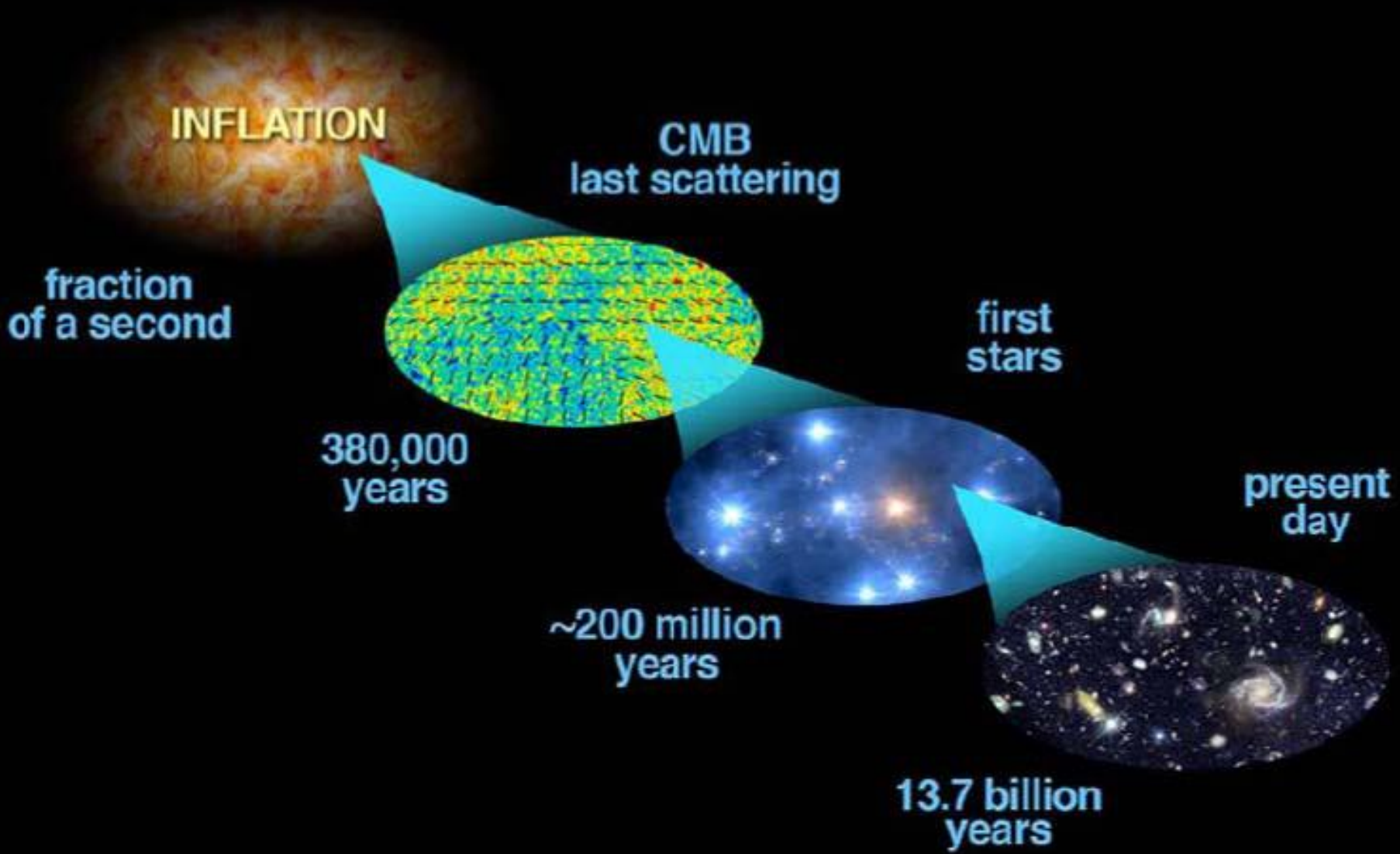
Táguló Világegyetem



1948: Az amerikai Gamow és Alpher kidolgozzák az ősrobbanás elméletét. Tízezer, esetleg 1 millió évvel az ősrobbanás után az Univerzum annyira lehűlt, hogy benne az anyag domináljon a sugárzás helyett. Azért a sugárzási energia maradványai is fellelhetők mintegy 5 Kelvines sugárzás formájában. Ez a jóslat igaznak bizonyult, mert Penzias és Wilson valóban talált majdnem ilyen hőmérsékletű maradványsugárzást. **Nobel-díj 1978!**







Általános relativitáselmélet

Einstein egyenletek

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu}$$

Friedmann megoldás

$$d\tau^2 = dt^2 - a^2(t) \left\{ \frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\varphi^2 \right\}$$

Friedmann egyenletek

$$H^2 \equiv \left(\frac{\dot{a}}{a} \right)^2 = \frac{8\pi G\rho}{3} - \frac{k}{a^2} + \frac{\Lambda}{3}$$

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3}(\rho + 3p) + \frac{\Lambda}{3}$$

a lassulási paraméter

$$q_0 = -\frac{\ddot{a}a}{\dot{a}^2} = -\frac{\ddot{a}}{aH_0^2}$$

Mint a feldobott kő gravitációs térben (Holdon).

$k = 0$ és $\Lambda = 0$ esetén a kritikus sűrűség

$$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G}$$

$$\rho_\Lambda = \frac{\Lambda}{8\pi G}$$

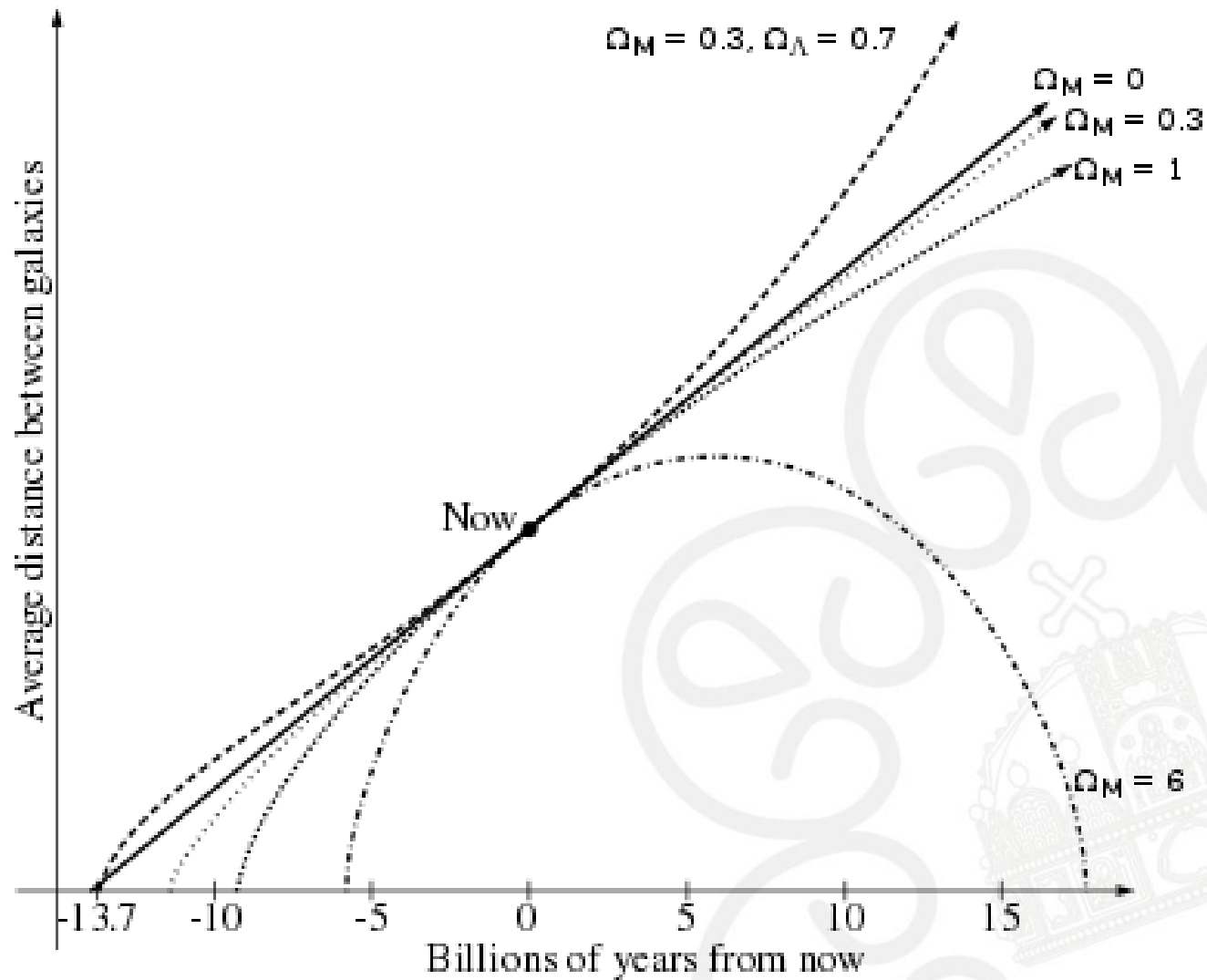
$$\Omega_i = \frac{\rho_i}{\rho_c}$$

$$\rho = f(p)$$

$$w_i = p_i / \rho_i$$

$$q_0 = \frac{1}{2} \sum_i \Omega_i (1 + 3w_i)$$

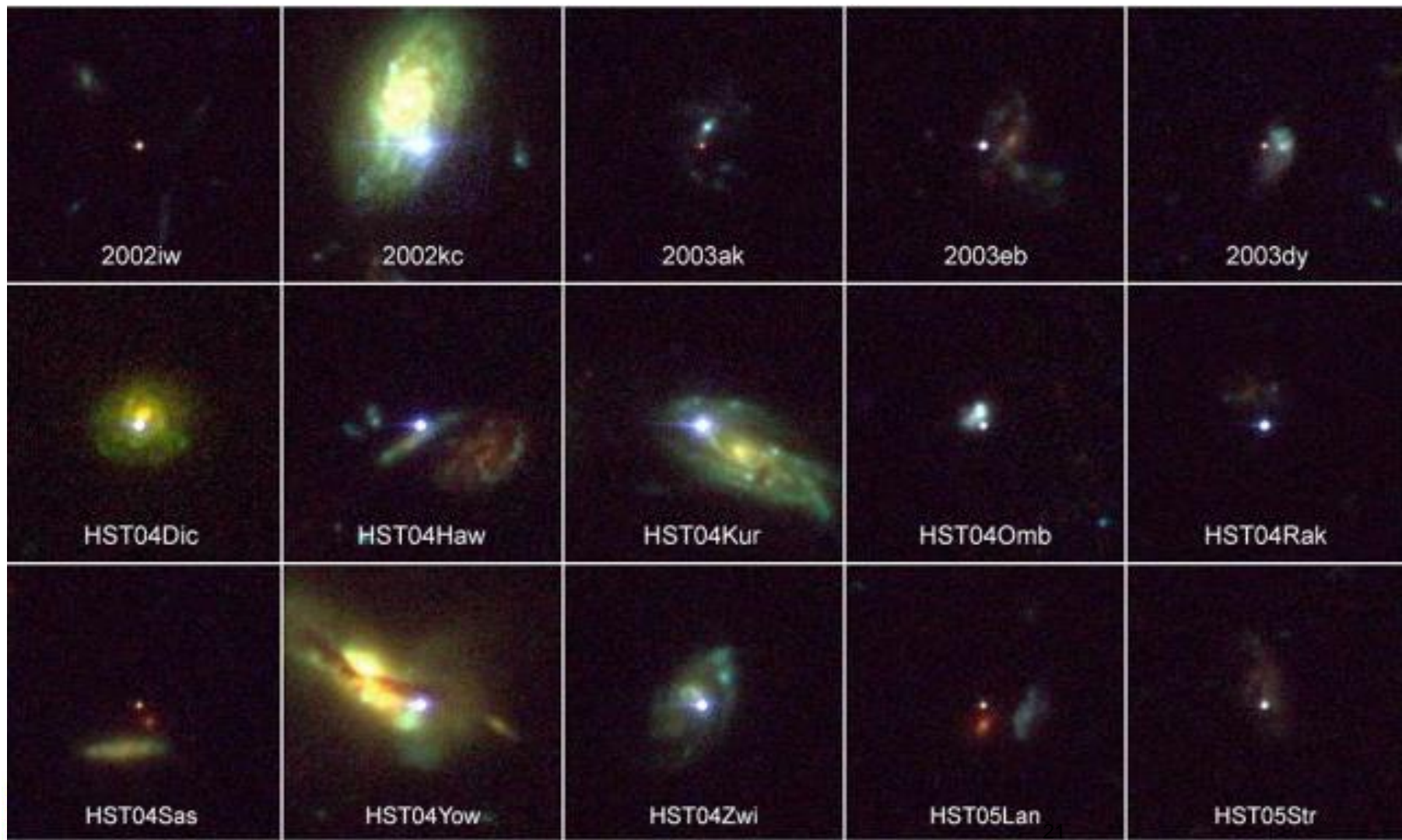
- fotonokra $w_i = 1/3$
- nemrelativisztikus
- anyagra $w_i = 0$



„történet” I.

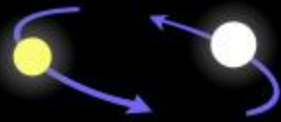
- 1938 Walter Baade: SN távolság indikátor
- 1983 Nobel-díj
- Chandrasekhar, csillagfejlődés (1,4 naptömeg)
- Fowler magfúzió a Világegyetemben (SN Ia)
- 80-as évek dán-britt 1,5 m távcső
- 2 év alatt 2 távoli SN, abból egy Ia $z=0.31$

Távoli szupernóvák a HST felvételein (NASA)



la típusú szupernovák

The progenitor of a Type Ia supernova



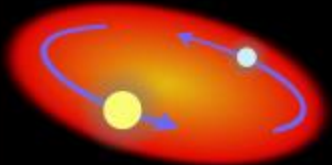
Two normal stars are in a binary pair.



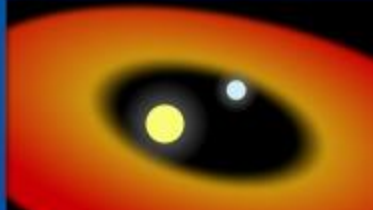
The more massive star becomes a giant...



...which spills gas onto the secondary star, causing it to expand and become engulfed.



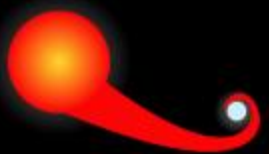
The secondary, lighter star and the core of the giant star spiral toward within a common envelope.



The common envelope is ejected, while the separation between the core and the secondary star decreases.



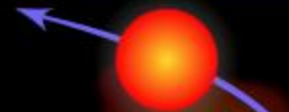
The remaining core of the giant collapses and becomes a white dwarf.



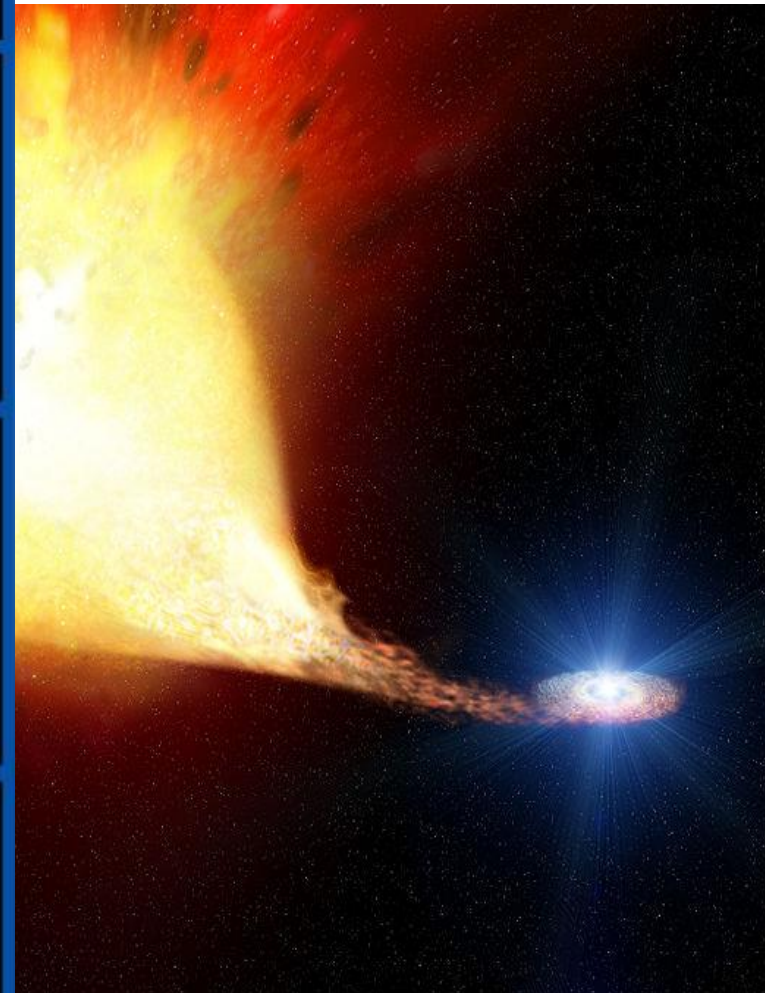
The aging companion star starts swelling, spilling gas onto the white dwarf.

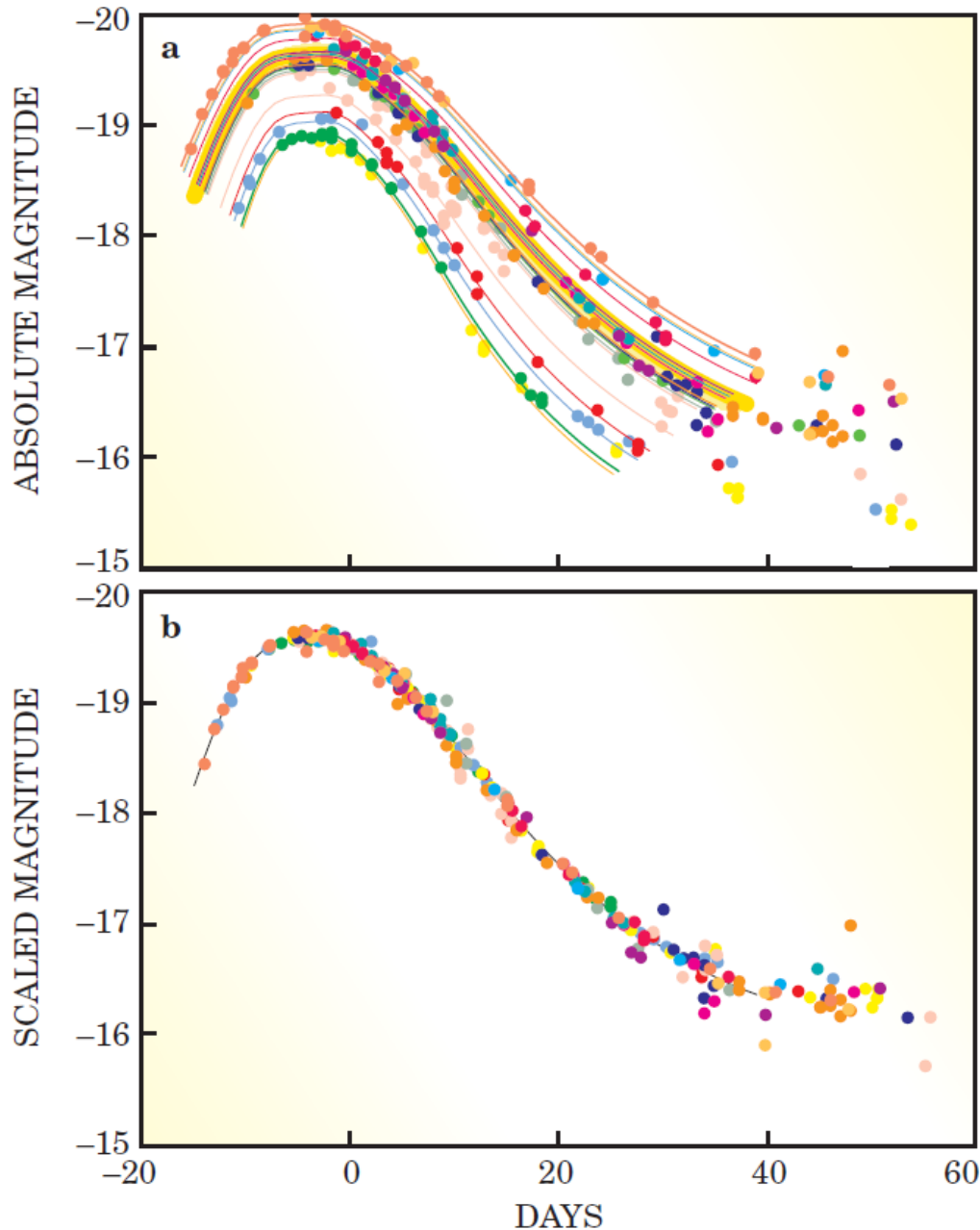


The white dwarf's mass increases until it reaches a critical mass and explodes...



...causing the companion star to be ejected away.





abogdan@head.cfa.harvard.edu
10/9/2011 8:59 du.

Az Ia típusú szupernovák (SN Ia) észlelt fényessége nem állandó, a maximális abszolút fényességük 2 magnitudoval is elterhet egymástól. Ezért is helytelen az SN Ia-kat "sztenderd gyertyának" nevezni, pontosabb kifejezés lenne a sztenderdizálható gyertya



„történet” II.

- **1988 Saul Perlmutter** (Lawrence Berkeley National Laboratory)
- **Supernova Cosmology Project** (első nagy z 1992)
- 1993 Hamuy és Mark Phillips standardizál
- **1994 Schmidt és Robert Kirshner**
- **High-z Supernova Search Team**
- „The HZT article is based on observations of 16 SNe Ia mainly analyzed by Adam Riess”

MEASUREMENTS OF Ω AND Λ FROM 42 HIGH-REDSHIFT SUPERNOVAE

S. PERLMUTTER,¹ G. ALDERING, G. GOLDBABER,¹ R. A. KNOP, P. NUGENT, P. G. CASTRO,² S. DEUSTUA, S. FABBRO,³
A. GOOBAR,⁴ D. E. GROOM, I. M. HOOK,⁵ A. G. KIM,^{1,6} M. Y. KIM, J. C. LEE,⁷ N. J. NUNES,² R. PAIN,³
C. R. PENNYPACKER,⁸ AND R. QUIMBY

Institute for Nuclear and Particle Astrophysics, E. O. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720

C. LIDMAN

European Southern Observatory, La Silla, Chile

D. S. FELLIS, M. IRWIN, AND R. G. MCMAHON
Institute of Astronomy, Cambridge, England, UK

AND

W. J. COUCH

University of New South Wales, Sydney, Australia

(THE SUPERNOVA COSMOLOGY PROJECT)

Received 1998 September 8; accepted 1998 December 17

P. RUIZ-LAPUENTE
Astronomy, University of Barcelona, Barcelona, Spain

N. WALTON
Isaac Newton Group, La Palma, Spain

B. SCHAEFER

OBSERVATIONAL EVIDENCE FROM SUPERNOVAE FOR AN ACCELERATING UNIVERSE AND A COSMOLOGICAL CONSTANT

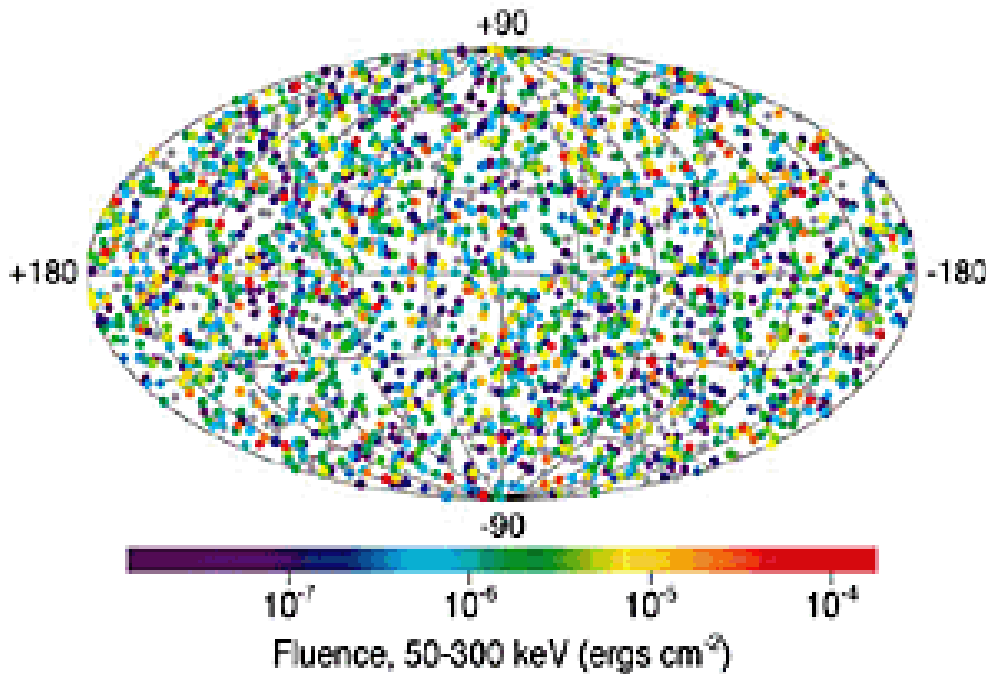
ADAM G. RIESS,¹ ALEXEI V. FILIPPENKO,¹ PETER CHALLIS,² ALEJANDRO CLOCCHIATTI,³ ALAN DIERCKS,⁴
PETER M. GARNAVICH,² RON L. GILLILAND,⁵ CRAIG J. HOGAN,⁴ SAURABH JHA,² ROBERT P. KIRSHNER,²
B. LEIBUNDGUT,⁶ M. M. PHILLIPS,⁷ DAVID REISS,⁴ BRIAN P. SCHMIDT,^{8,9} ROBERT A. SCHOMMER,⁷
R. CHRIS SMITH,^{7,10} J. SPYROMILIO,⁶ CHRISTOPHER STUBBS,⁴
NICHOLAS B. SUNTZEFF,⁷ AND JOHN TONRY¹¹

Received 1998 March 13; revised 1998 May 6

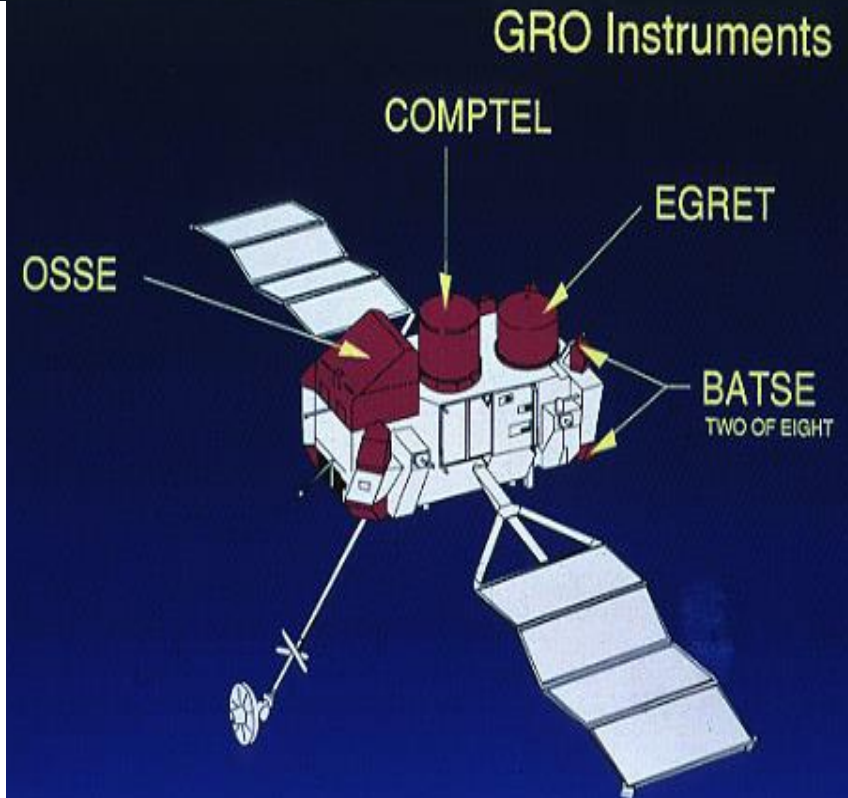
Budapest, 2015. november 24.

A CGRO előtt több műszer 300-400 GRB-t látott.
CGRO 2700 GRB + 1300 nem triggerelt 1991-2000.

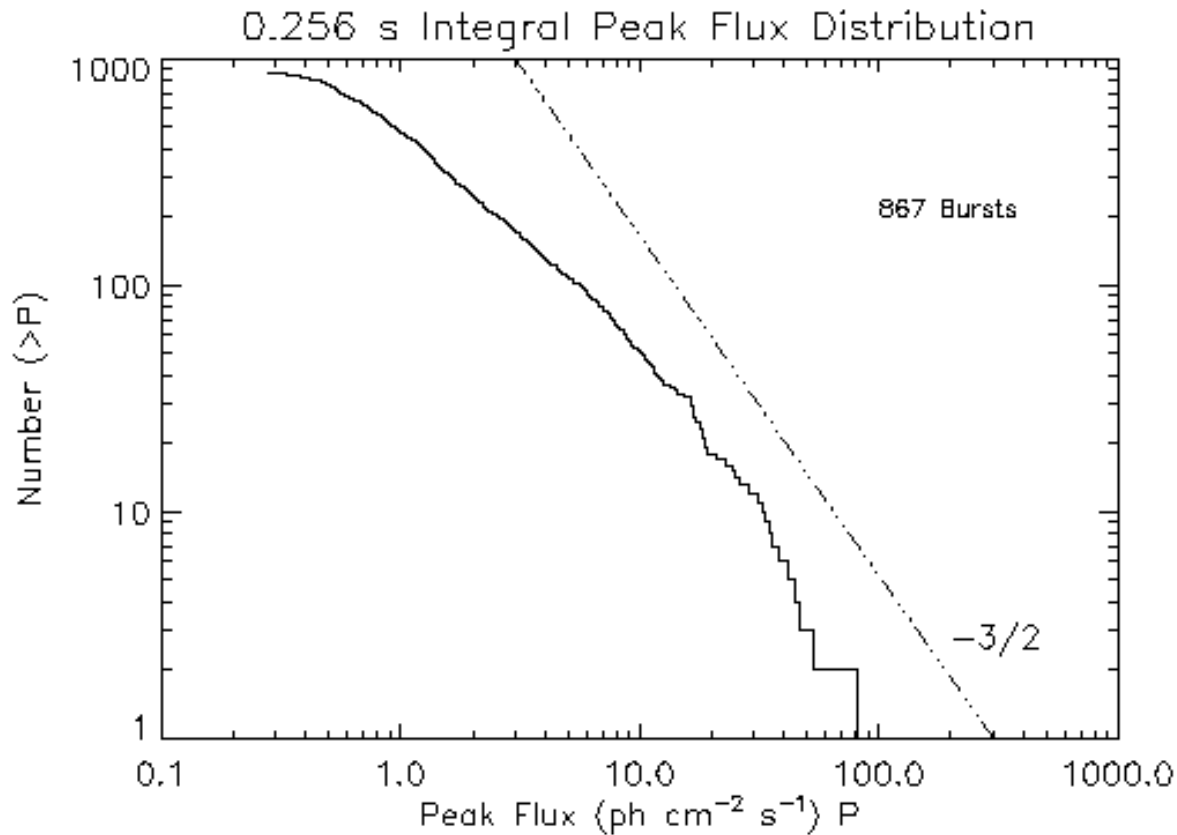
2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



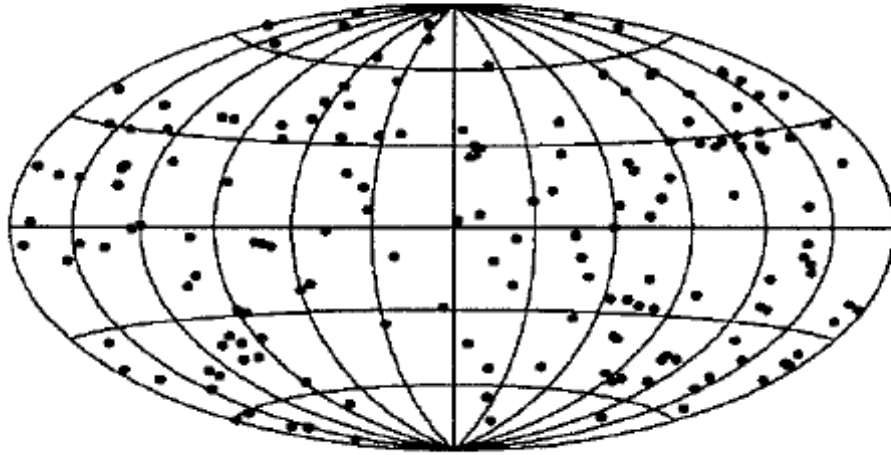
Gamma-ray bursts come from all directions.



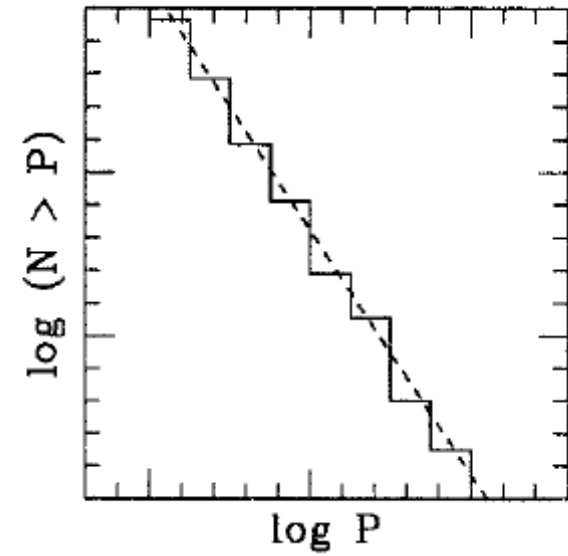
Az ún. logN-logS ábra. Homogén esetben
-1,5 a meredeksége az eloszlásnak.



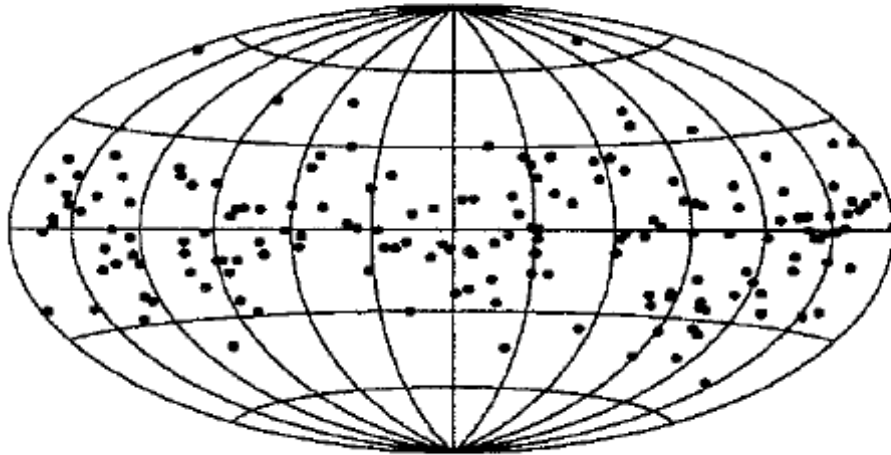
R_S : Isotropic



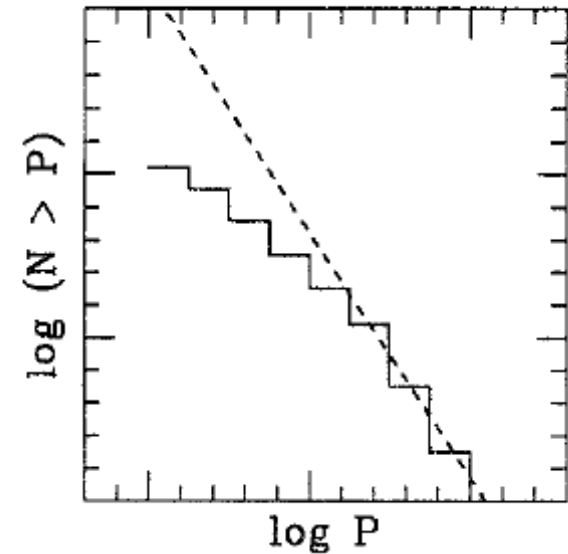
R_S : Homogeneous



R_D : Anisotropic



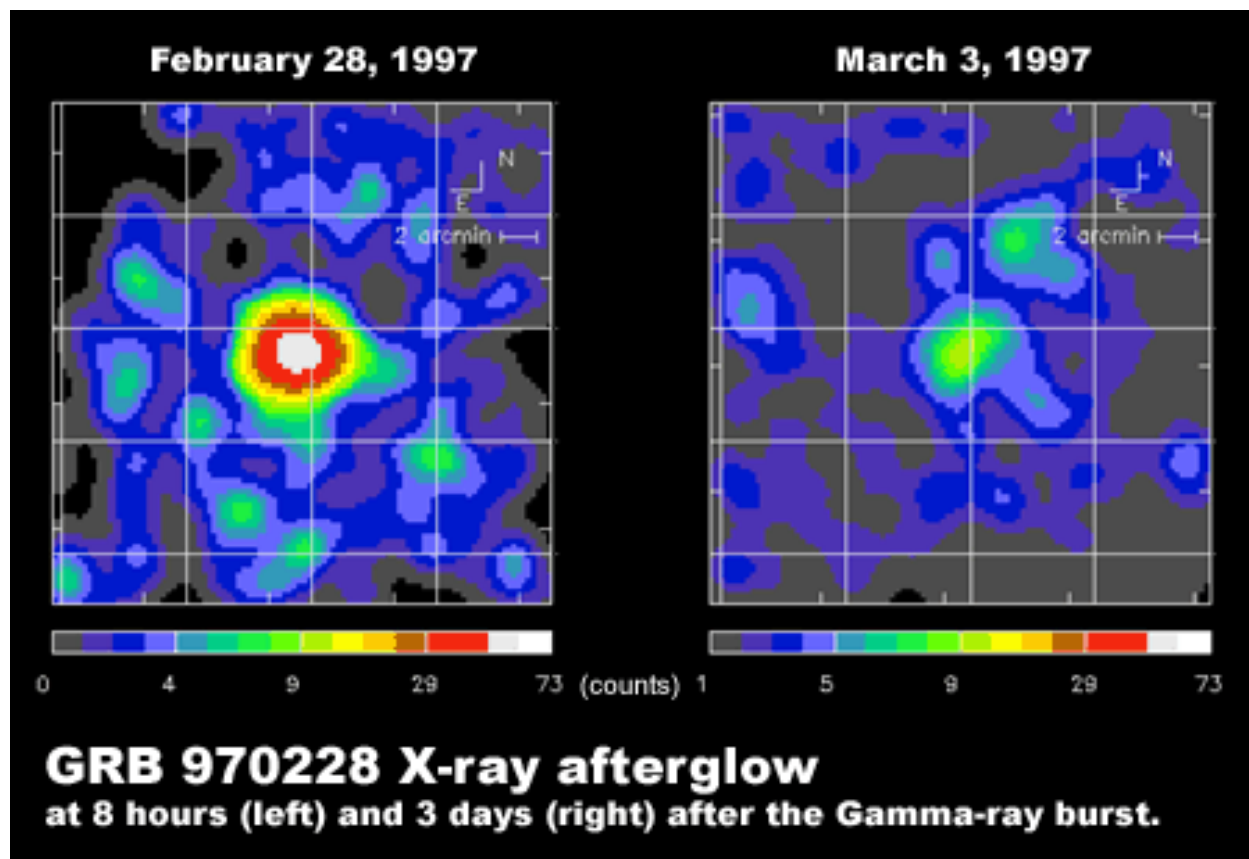
R_D : Inhomogeneous



Beppo- SAX fellövés 1996.

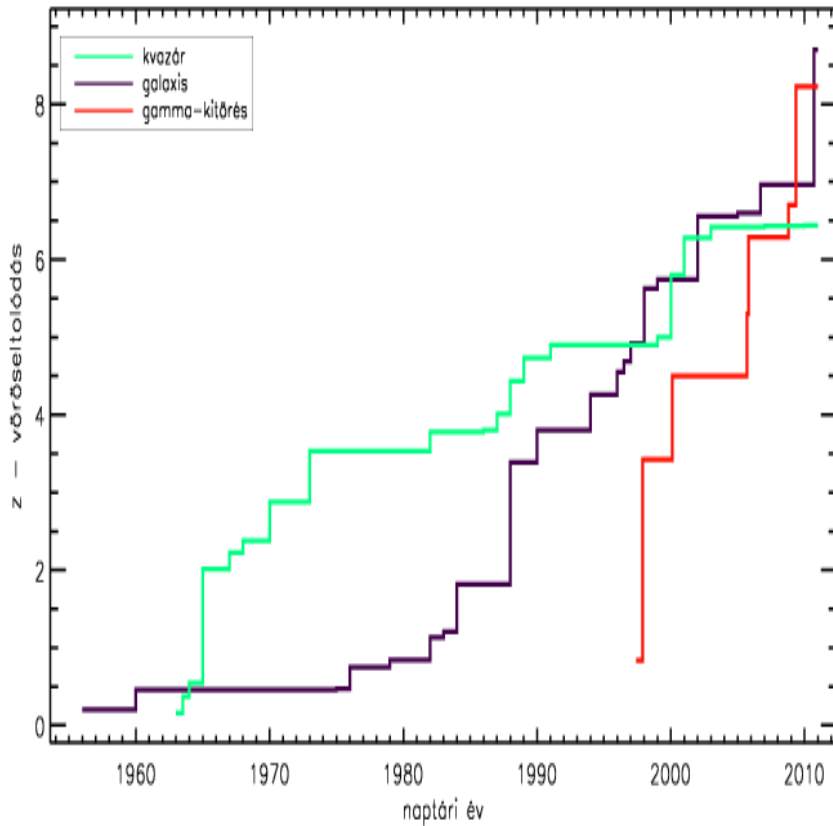
1996 magyar
eredmény a
GRB-k távol
vannak
 $z=1-4$ akár
több is.

az első utófény ($z = 0,7$)

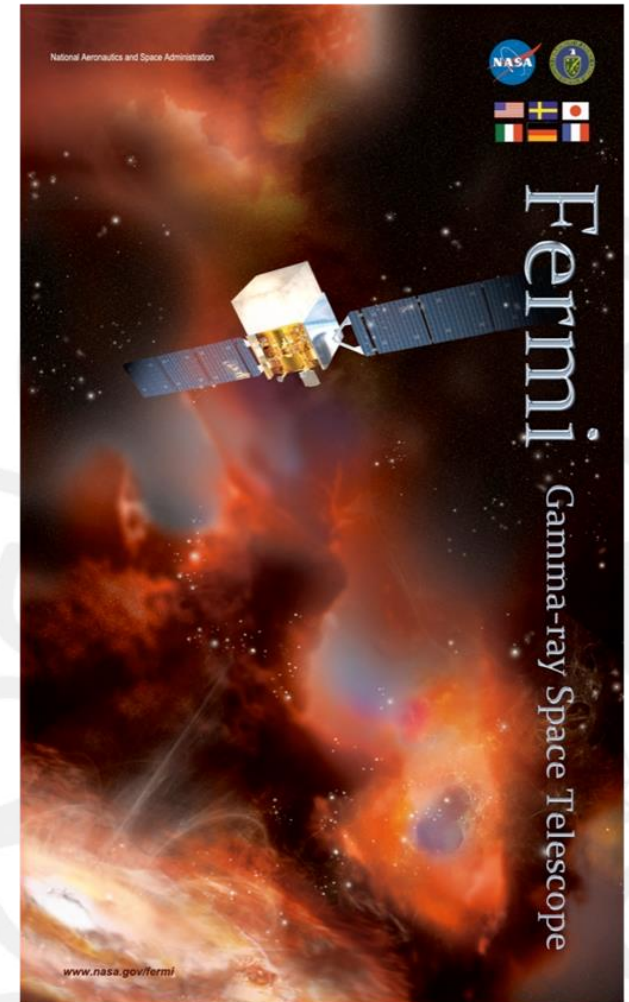
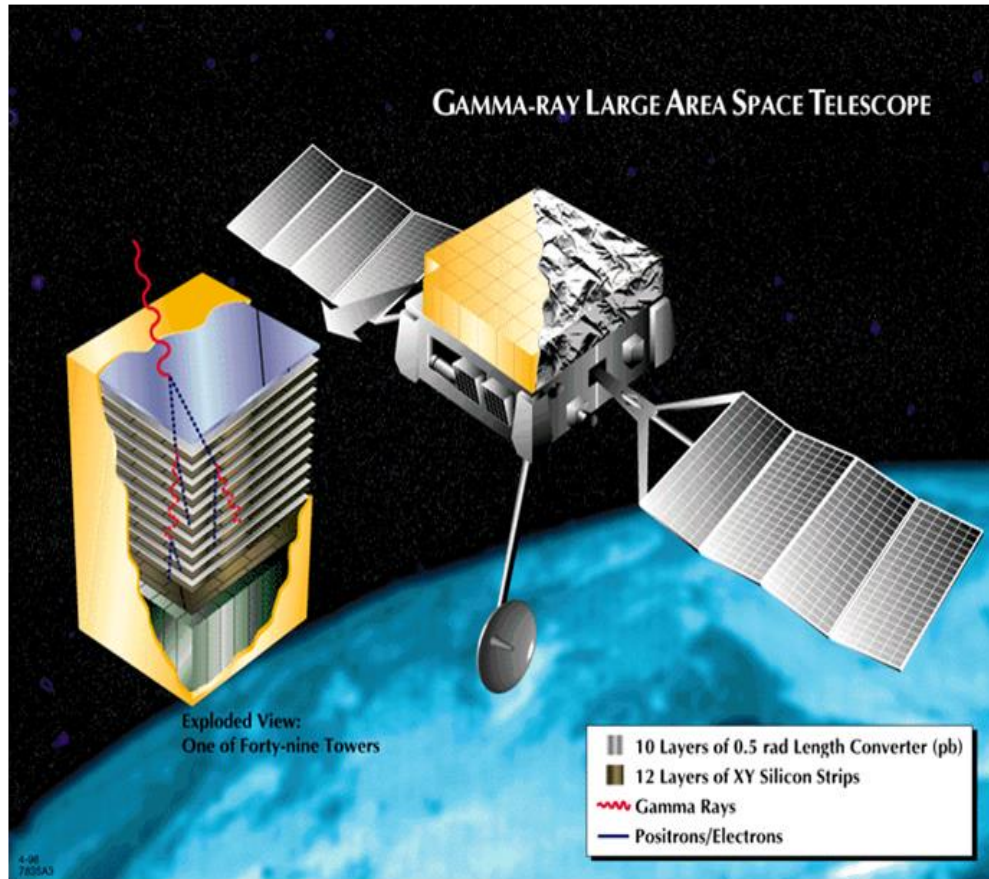


A **SWIFT** egyre távolabbiakat „lát”.

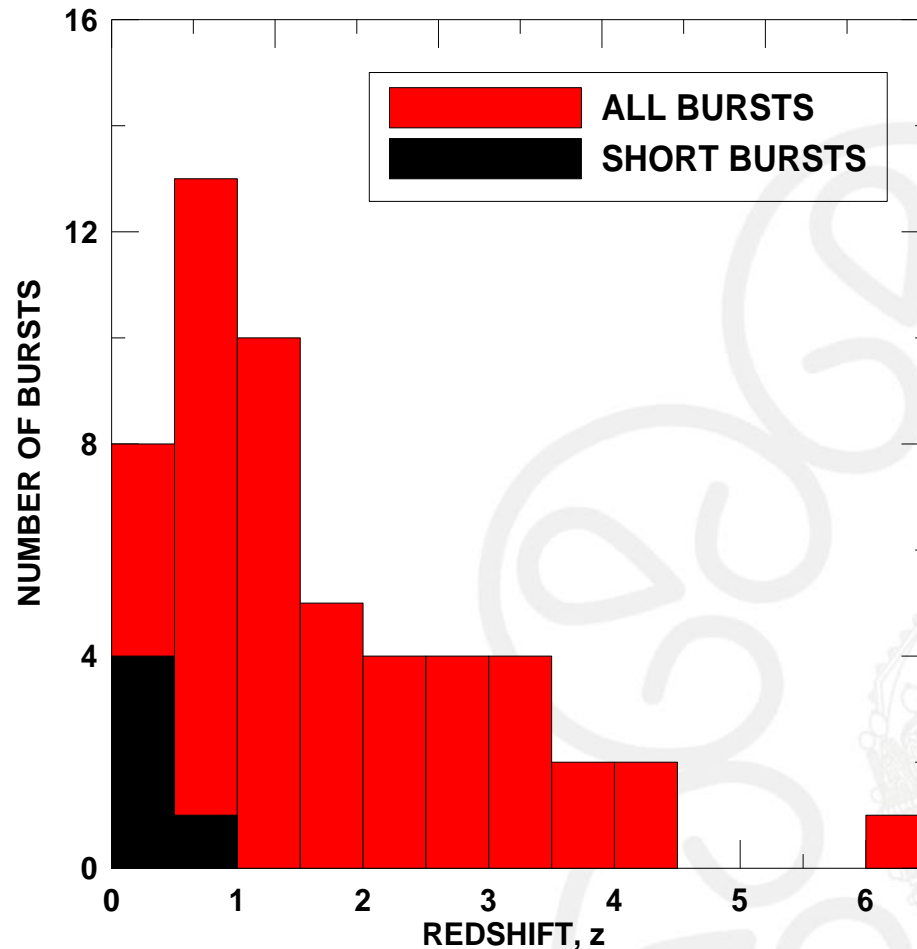
2004 -



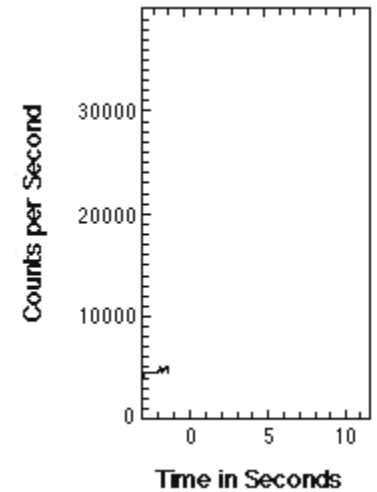
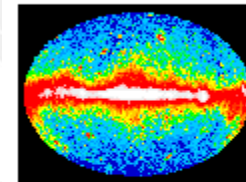
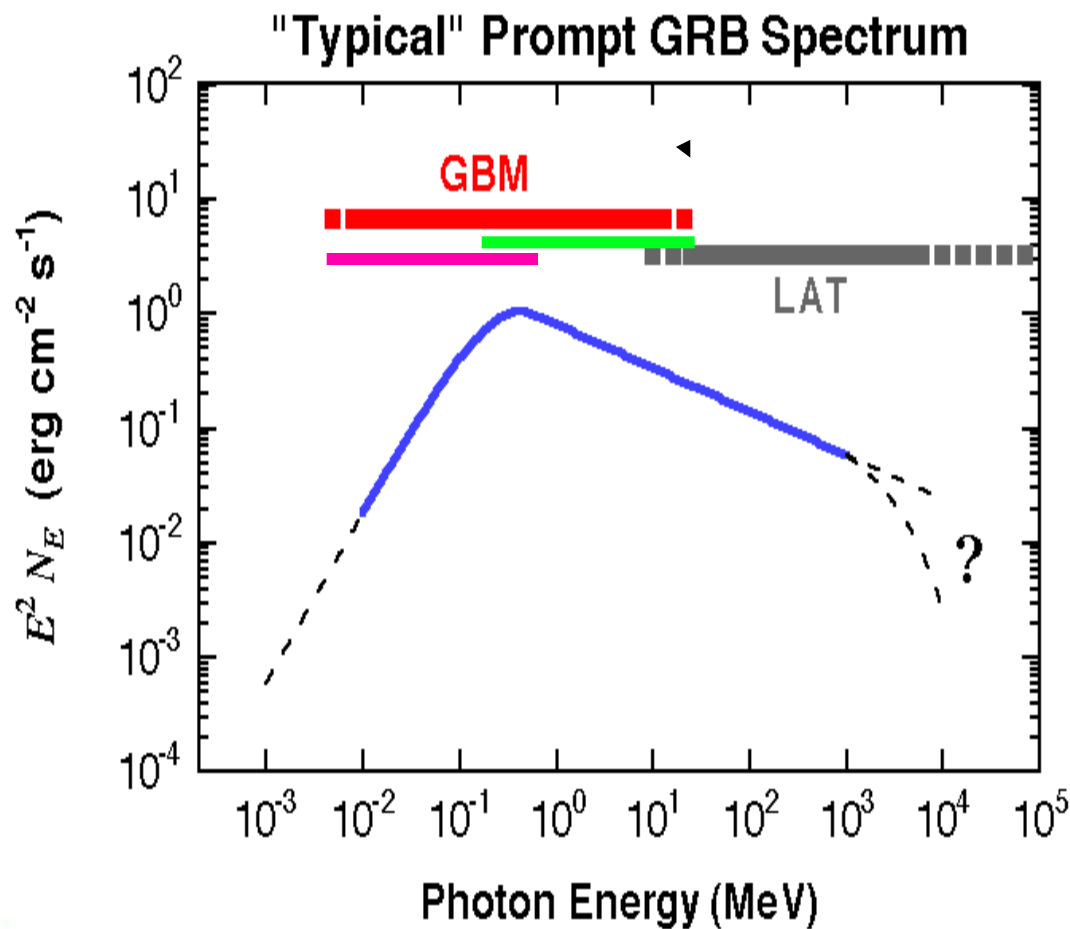
GLAST (2008 -) átnevezték FERMIre



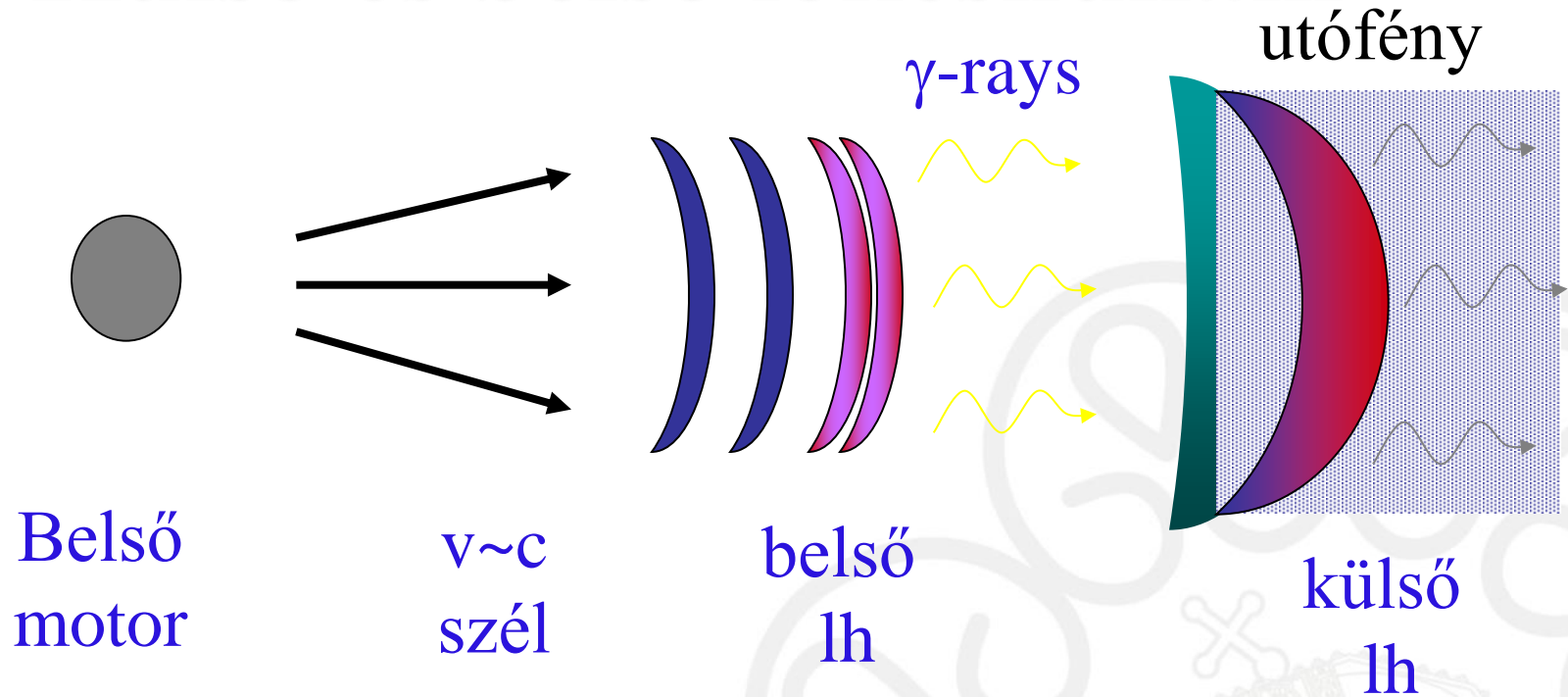
z eloszlás hosszúakra és rövidekre



Rövid villanás, ami gammában mindennél fényesebb.



Külső és belső lökéshullám



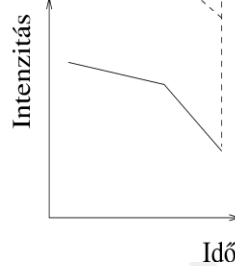
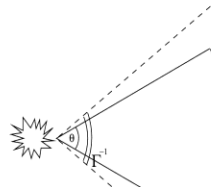
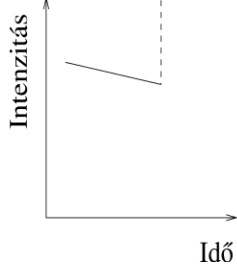
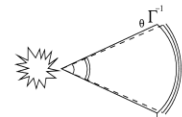
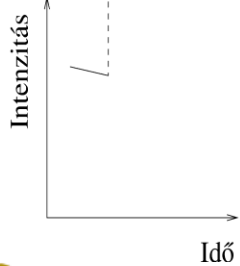
A belső motort nem lehet megfigyelni.

A gamma sugarak hordoznak a legtöbb információt róla.

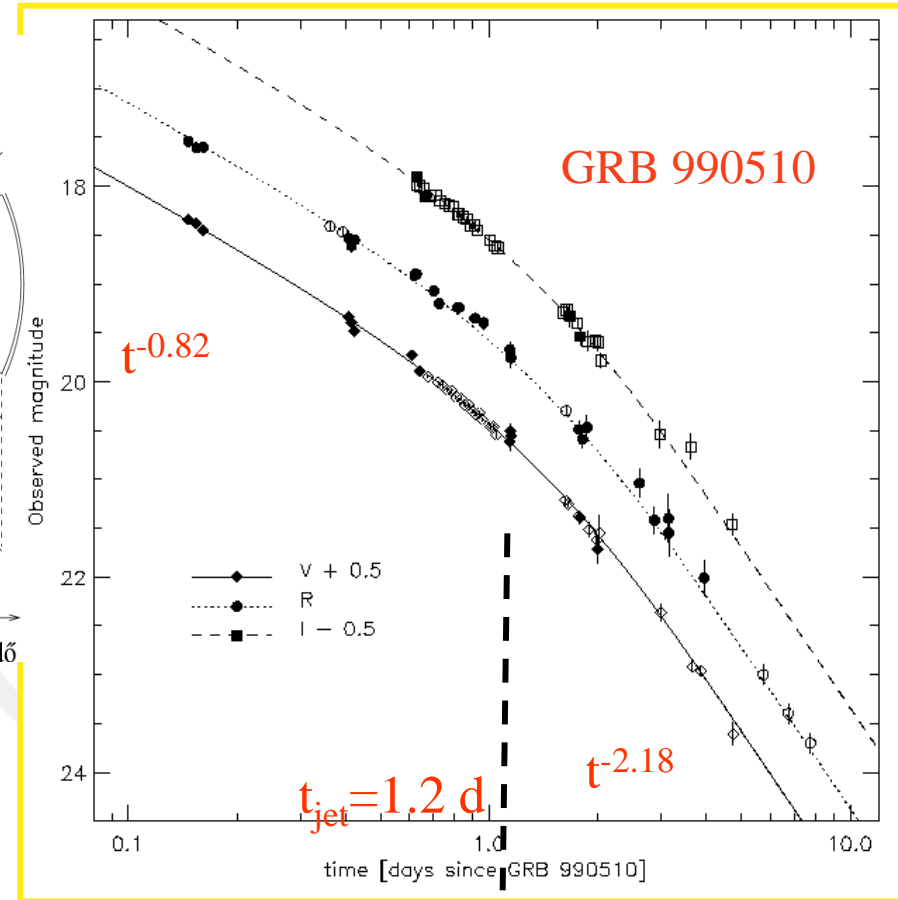
jetre utaló jel

Törés a fénygörbében

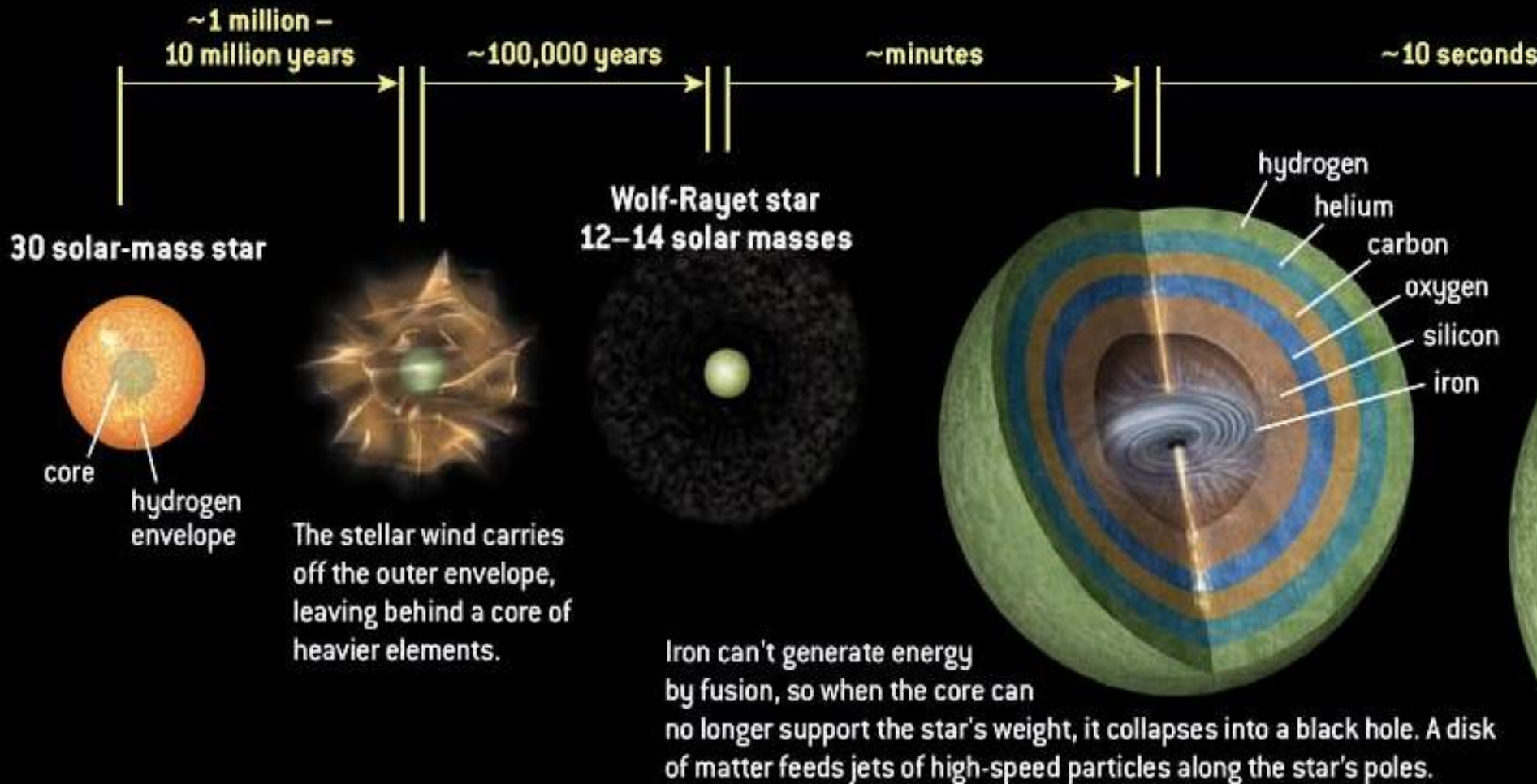
(központi motor)



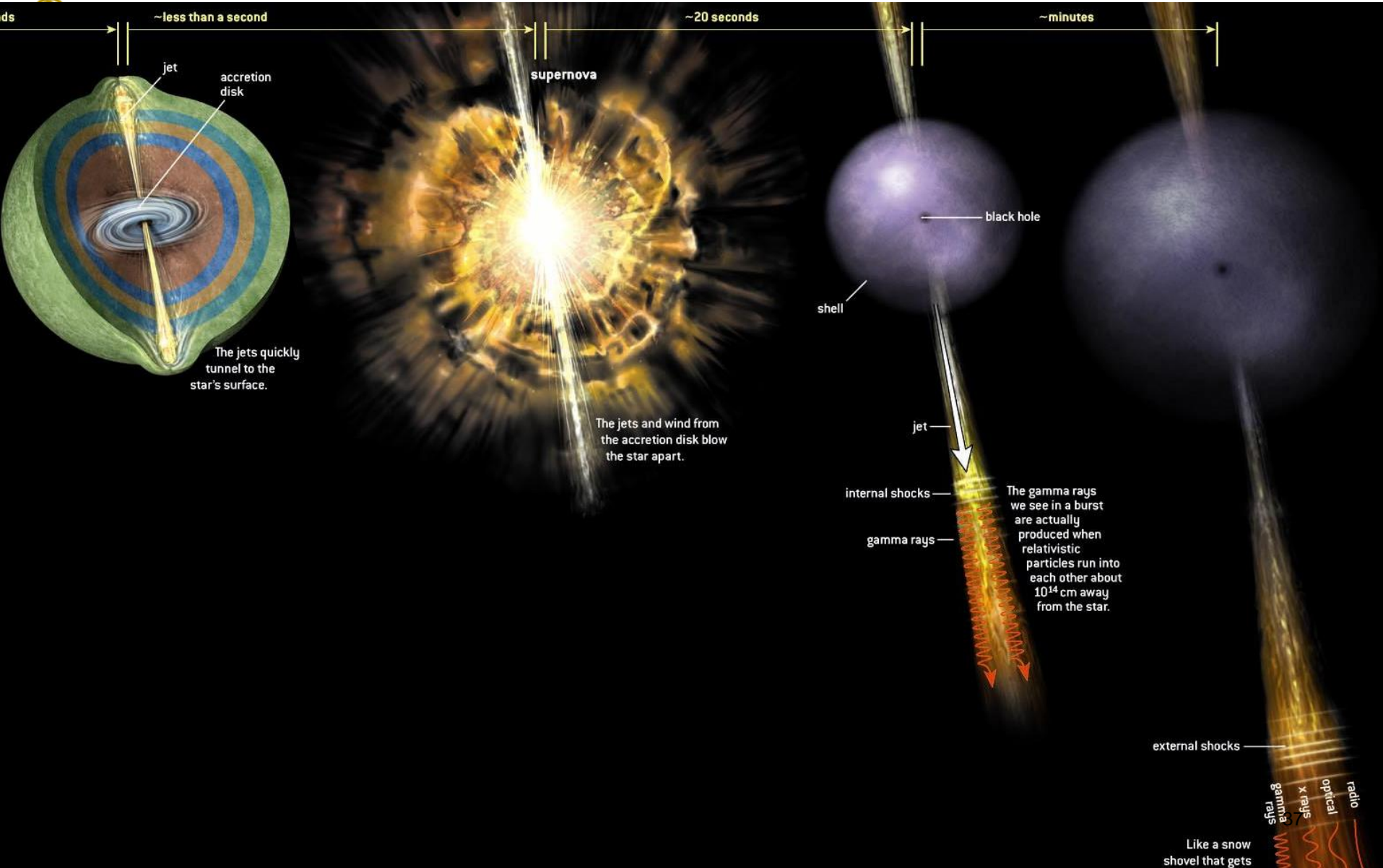
Akromatikus törés a fénygörbében



Hosszú GRBk “kollapszárók”-ból



Kollapszár (folytatás)





GRB 980425 / SN 1998bw: $z = 0.0085$
GRB 030329 / SN 2003dh: $z = 0.1687$
GRB 031203 / SN 2003lw: $z = 0.1055$
GRB 060218 / SN 2006aj: $z = 0.0335$
XRF 080109 / SN 2008D: $z = 0.006494$

GRB091127: SN 2009nz, $z = 0.490$

XRF 100316: SN 2010bh, $z = 0.0591$

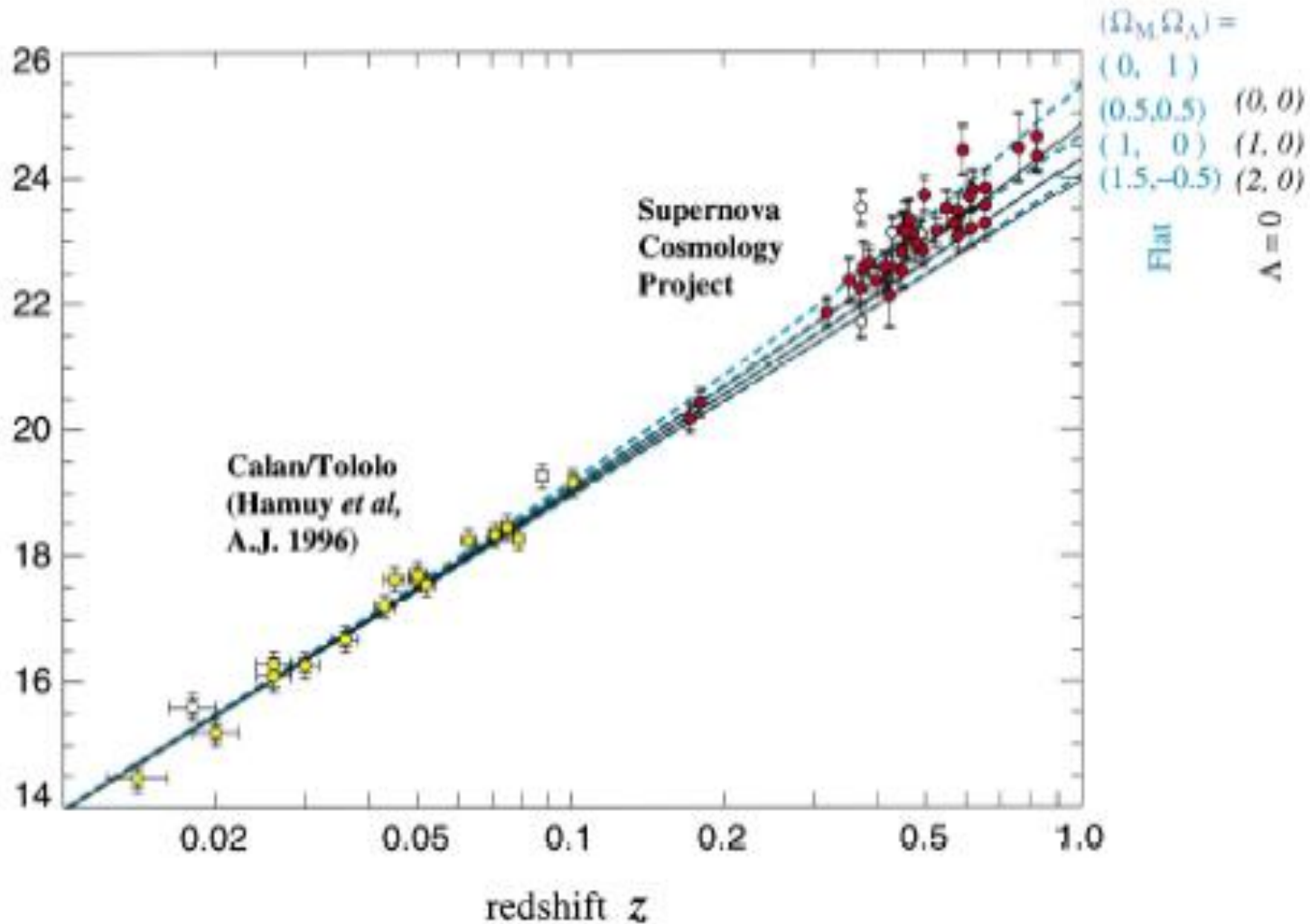
GRB120422A: SN 2012bz, $z = 0.283$

Mind SN Ic szupernova

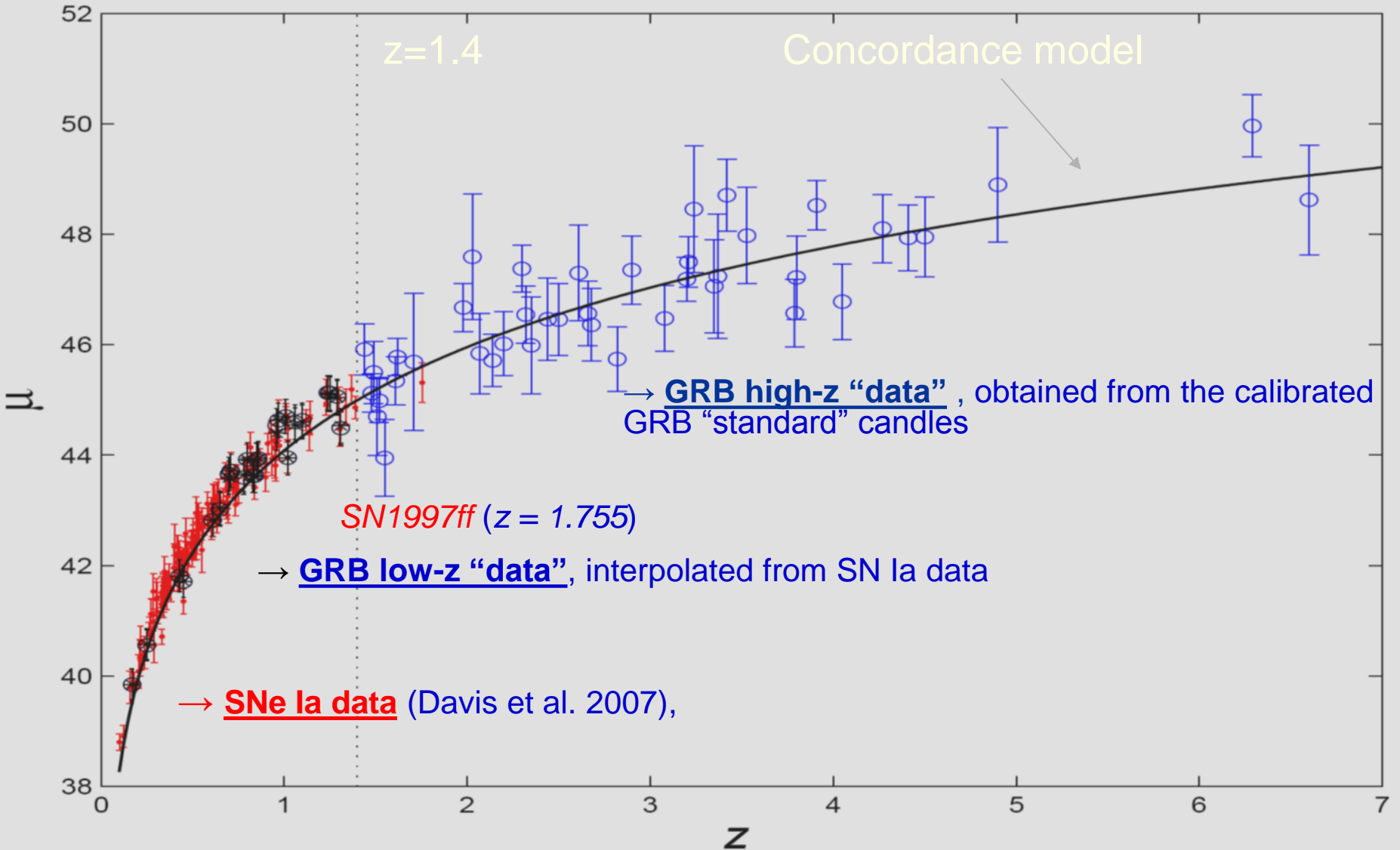
2011 évi Fizikai Nobel-díj

PERLMUTTER ET AL.

Vol. 517

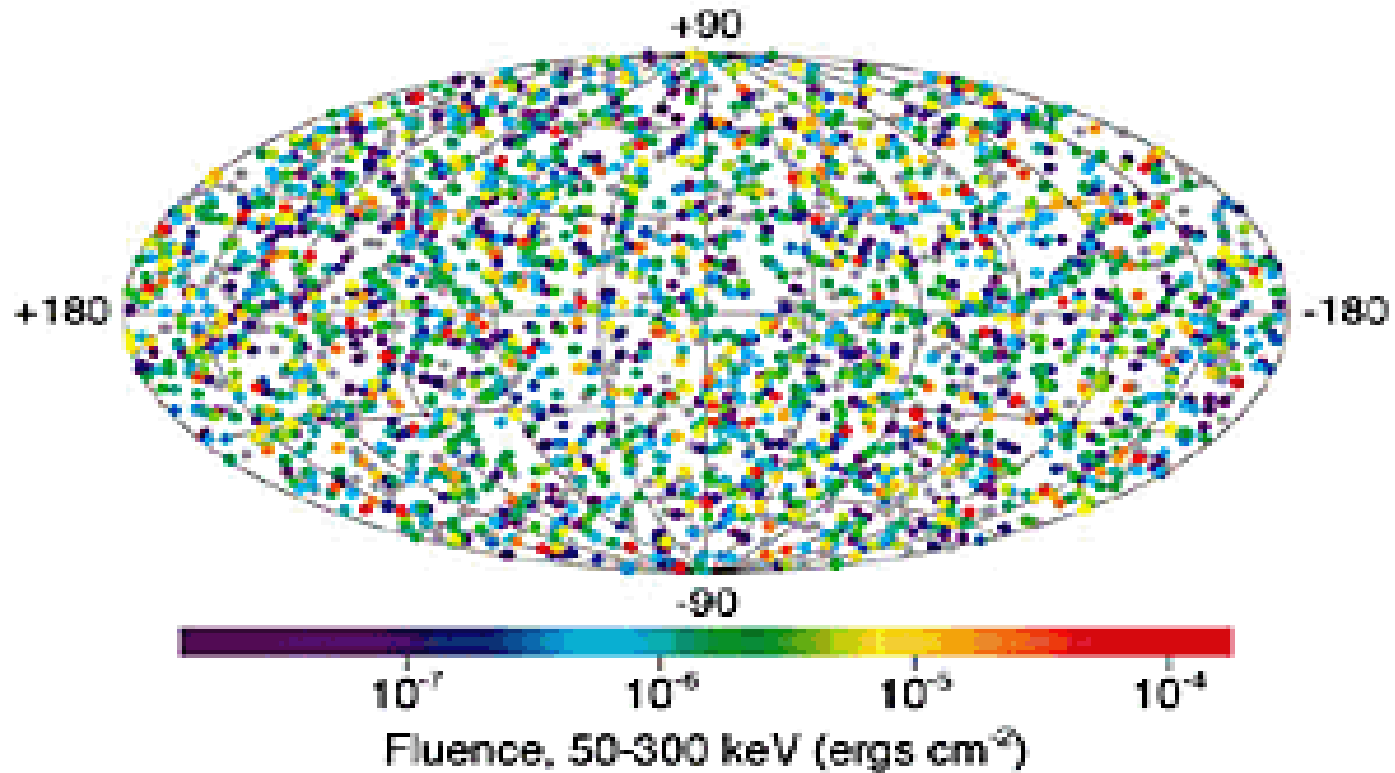


Hubble Diagram la szupernovákkal és GRBkkel



Égi eloszlás. Izotrop?

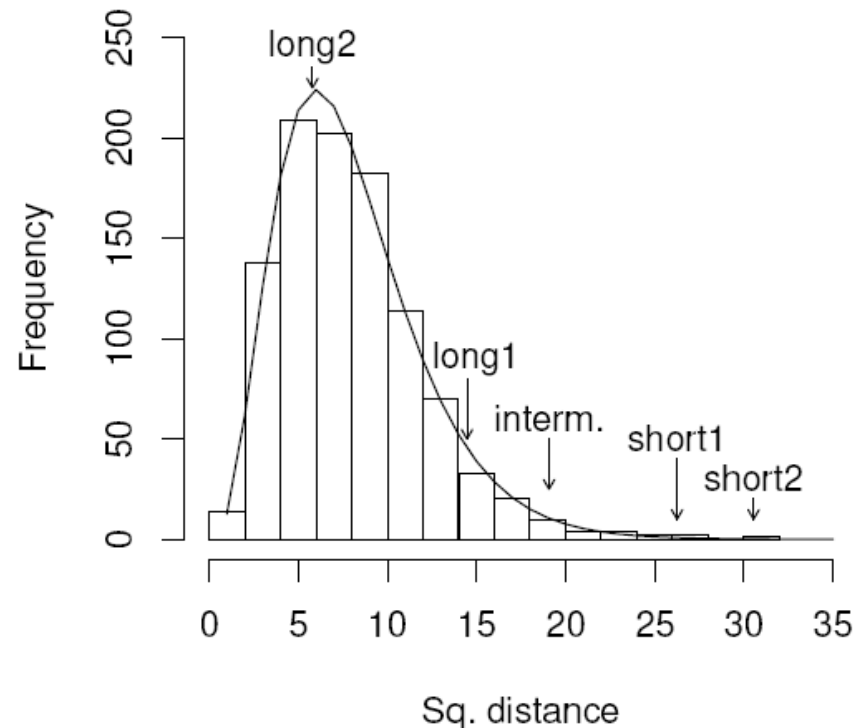
2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



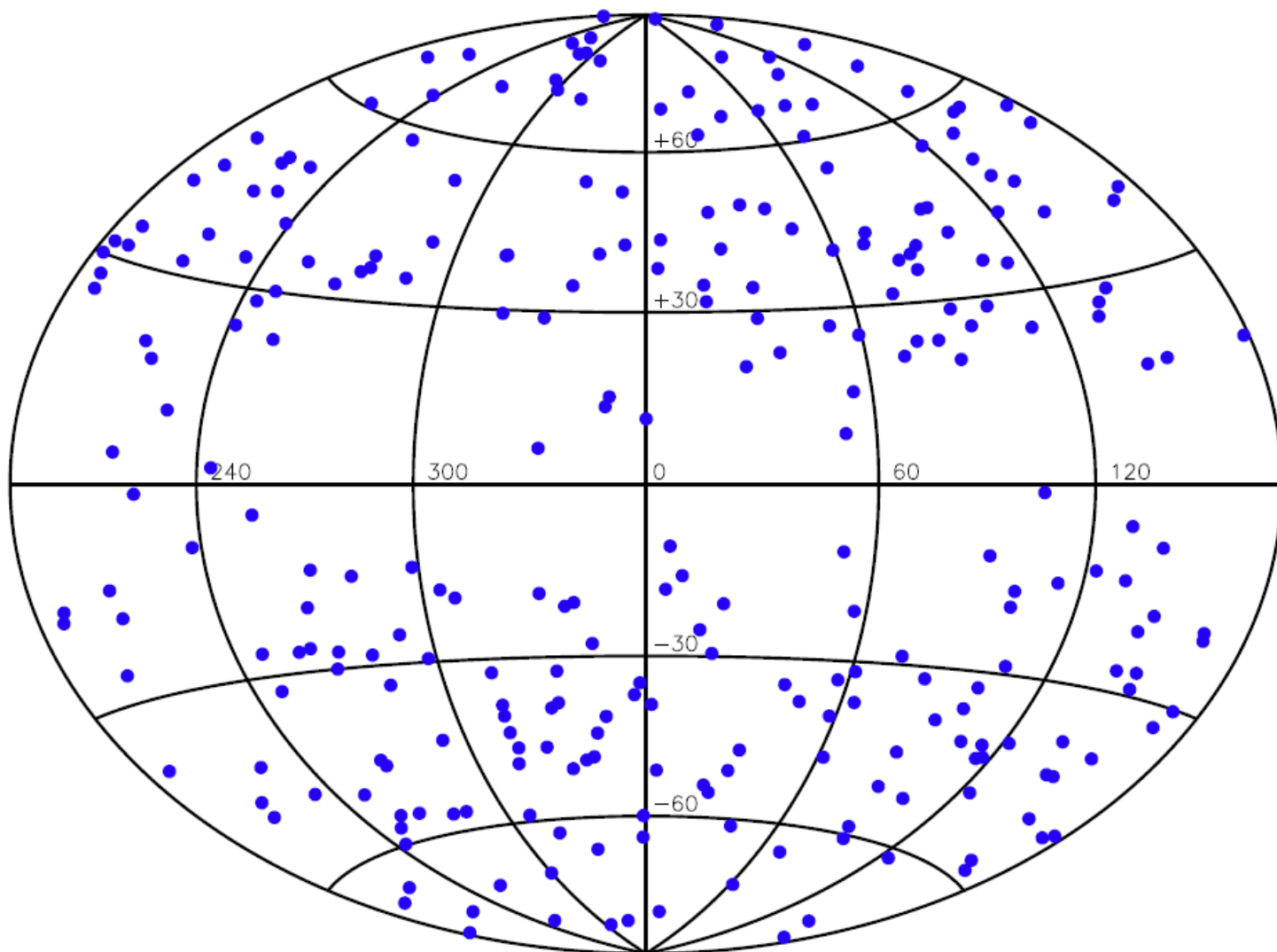
Gamma-ray bursts come from all directions.

Vavrek et al. MNRAS 391, 1741, 2008

- Long1 izotróp
- Long2 izotróp
- Anizotróp
- Interm. 98,51%
- Short1 99,90%
- Short2 99,98%

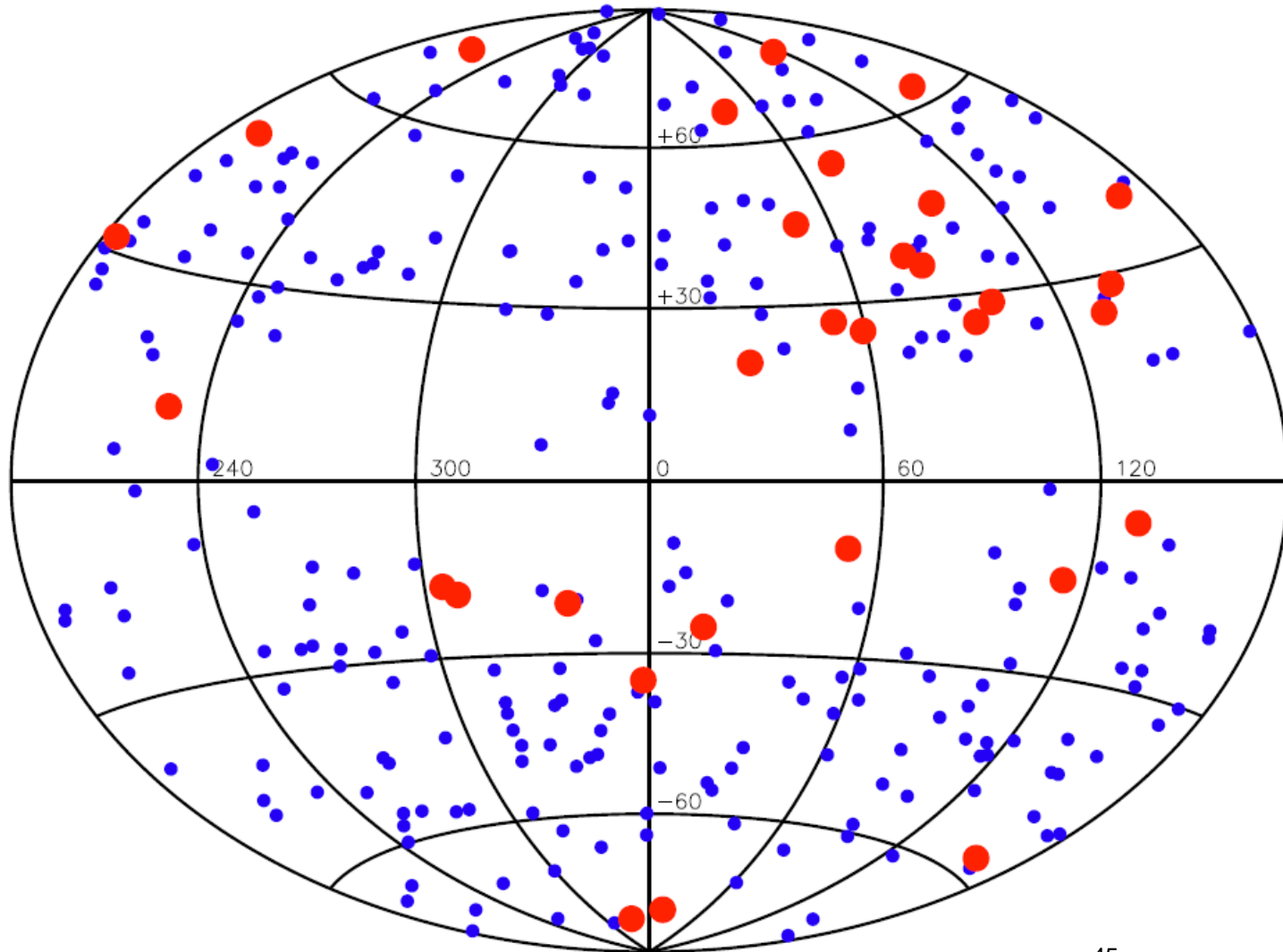


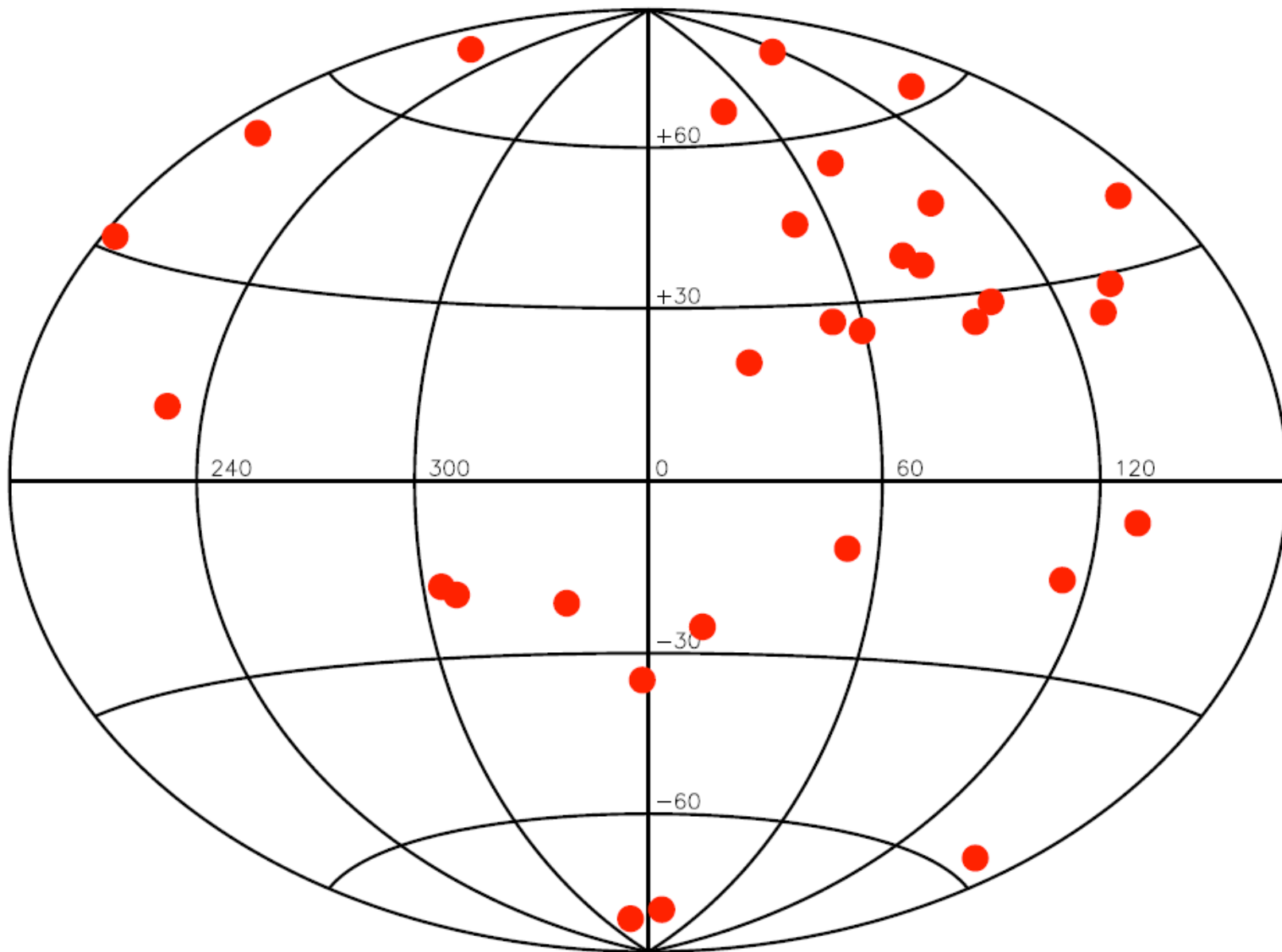
Égi eloszlás 283 ismert távolságú GRB-re.



Budapest, 2015. november 24.

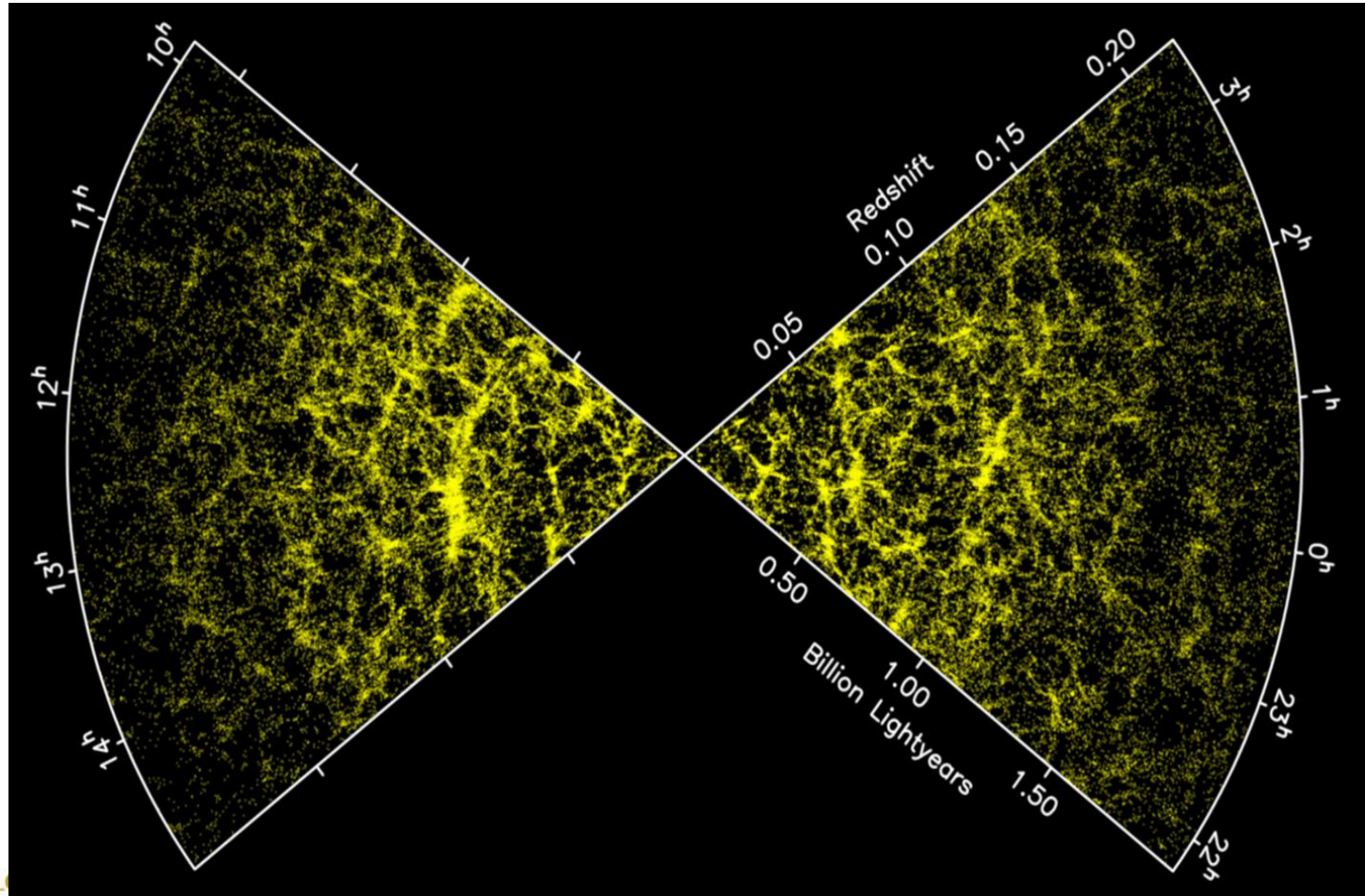
31 GRB $z = 1,6$ és $2,1$ között.





Budapest, 2015. november 24.

A Világegyetem egy szelete, 1-2 milliárd fényéves környezetünkben ($z < 0.2$)



Geller és Huchra

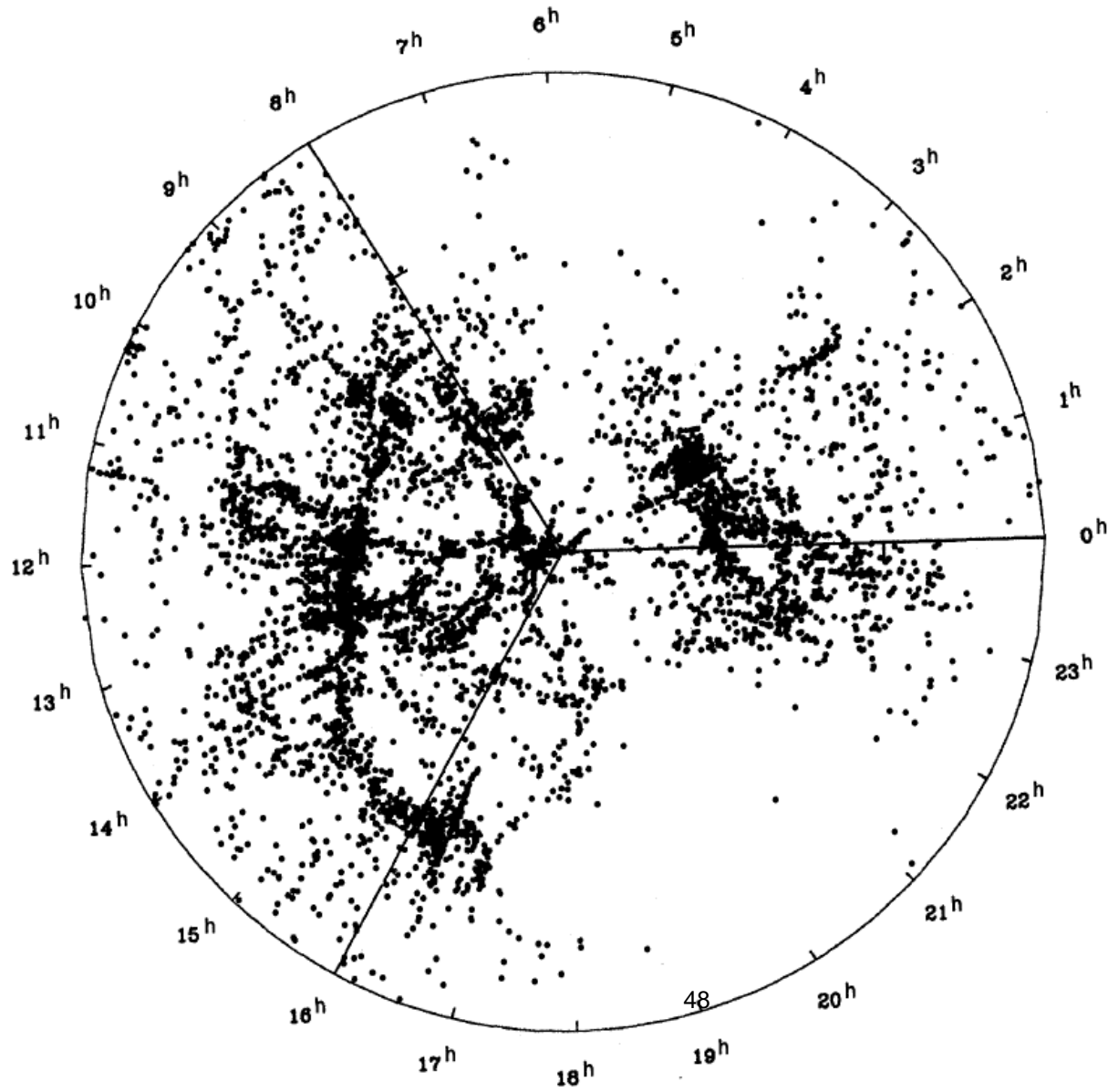
„Nagy Fal”

1989,

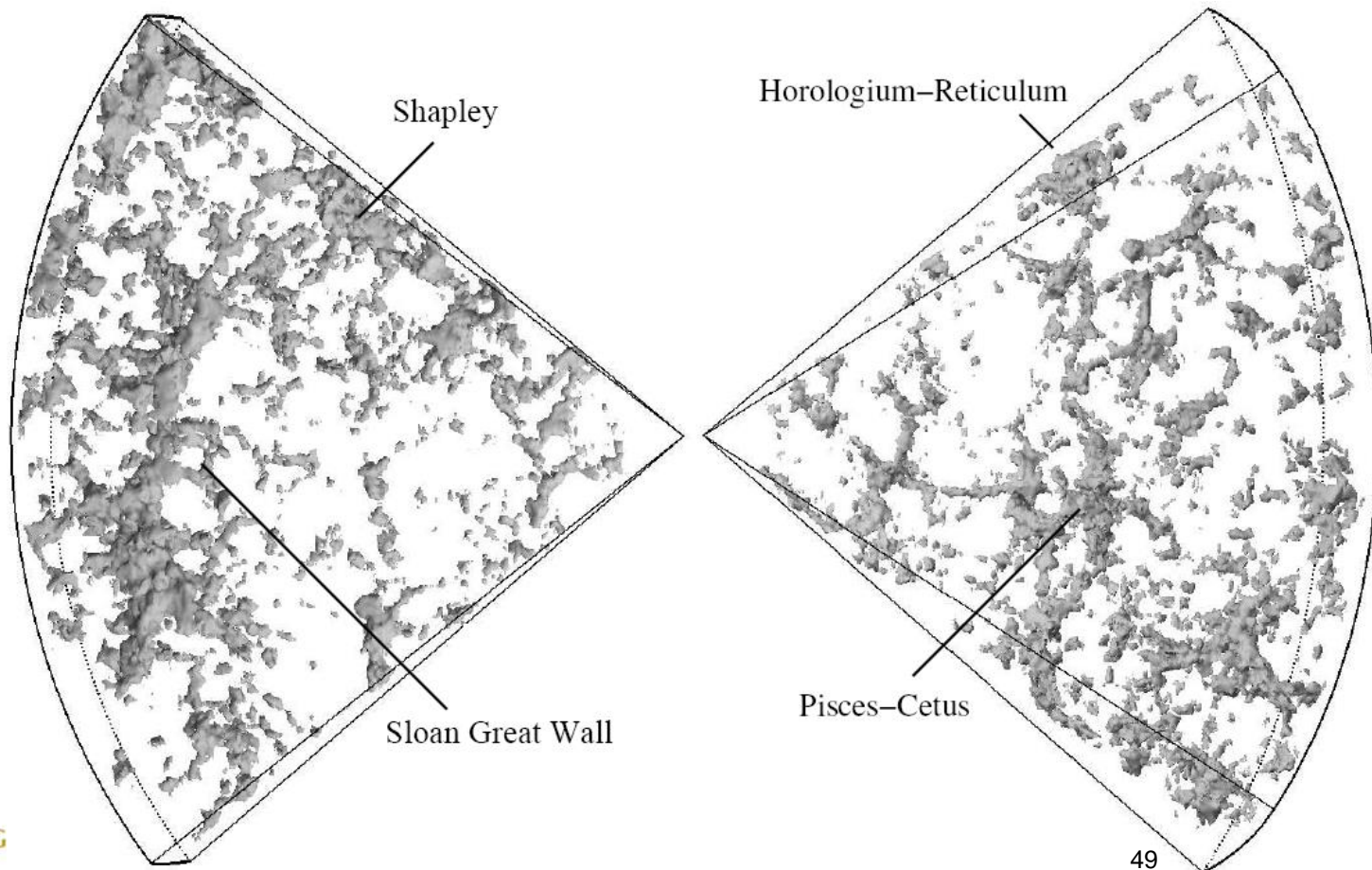
$z \sim 0,03$

~ 200

Mpc



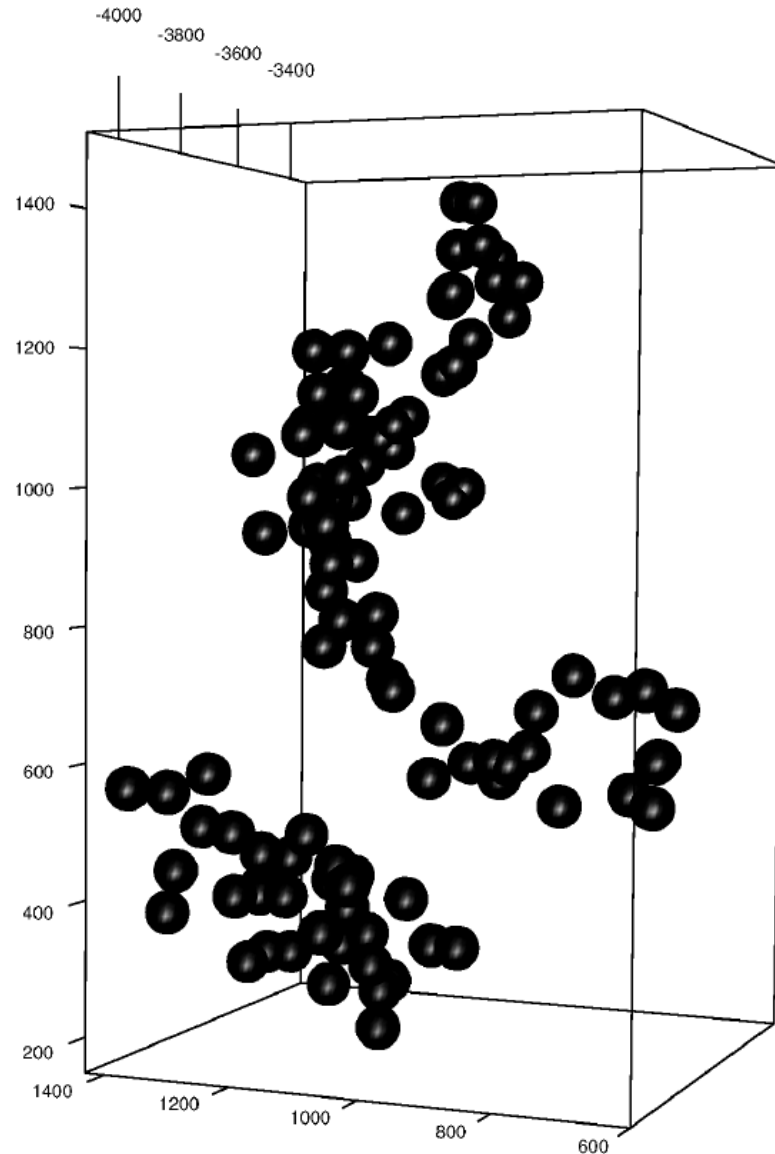
2003 Sloan Nagy Fal, $z \sim 0,073 \sim 450$ Mpc



Huge-LQG,
73 QSO,

$z \sim 1,2-1,3$

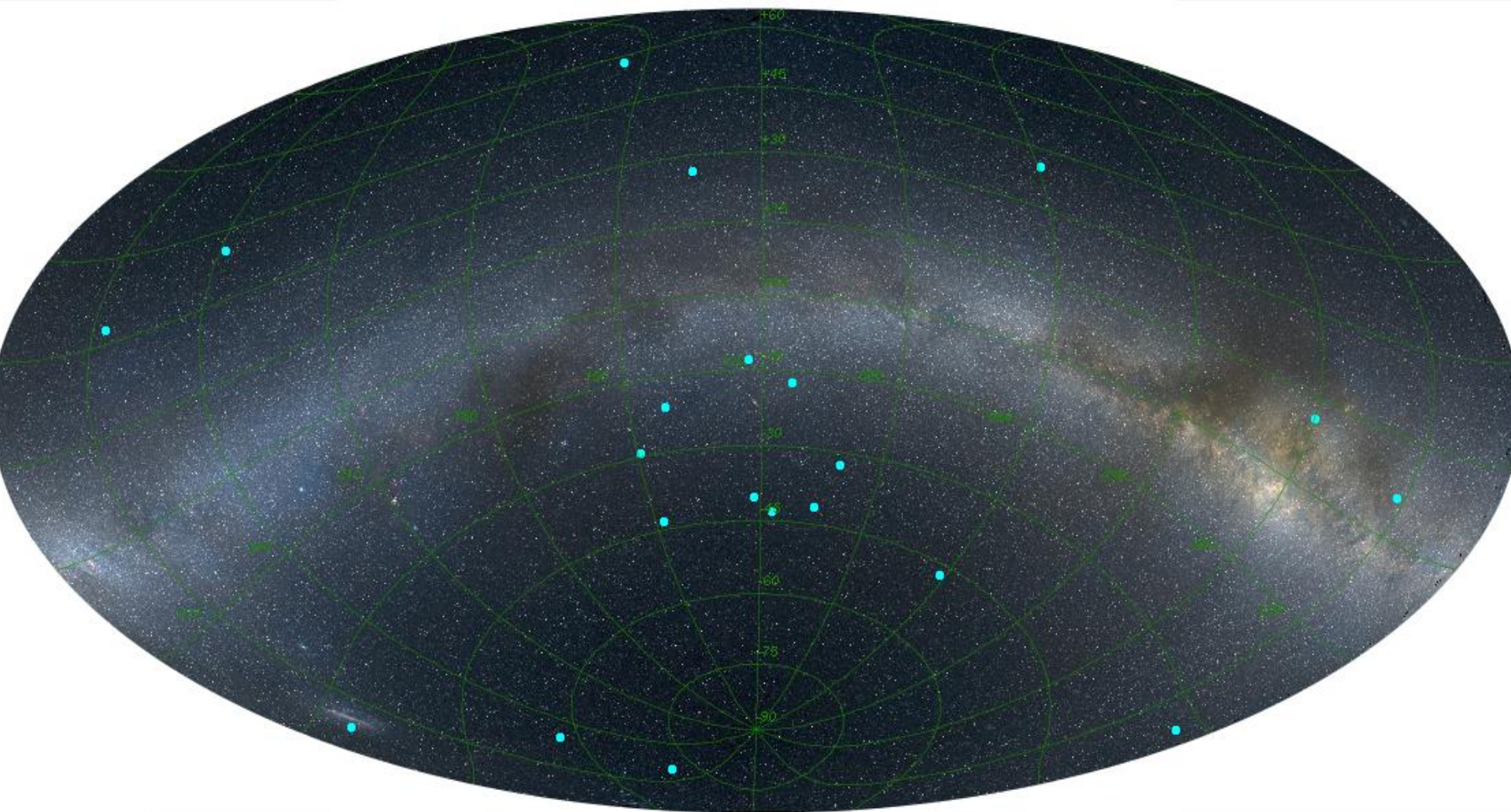
$\sim 500-800$
Mpc



Gamma-kitörések

- $z \sim 1,6 - 2,1$ 15-19 GRBs
- méret ~ 2000 Mpc

Égi spirál?

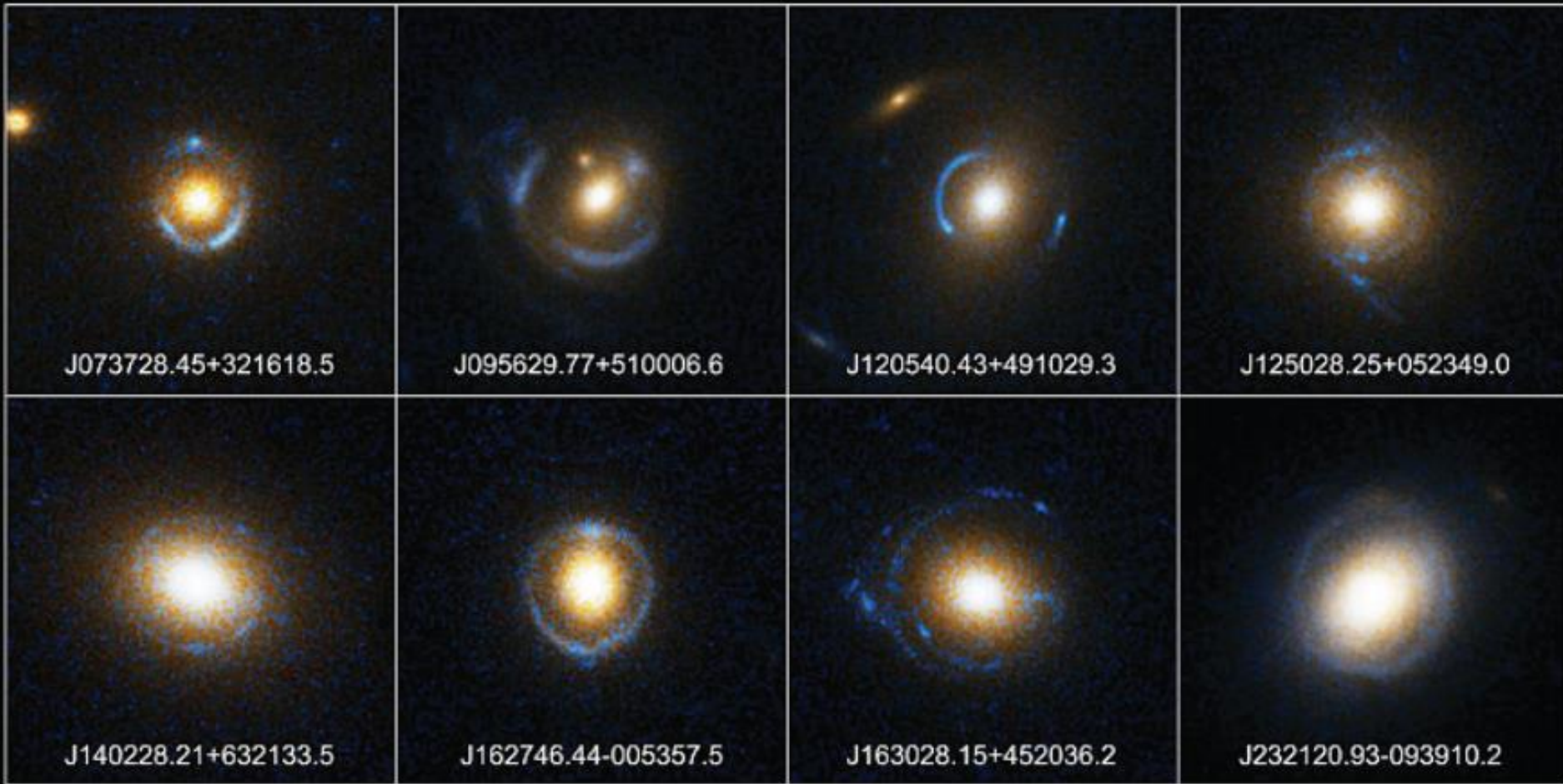


Köszönöm a figyelmet

Rövid kitörések modellje.



Einstein-gyűrűk



Einstein Ring Gravitational Lenses
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys