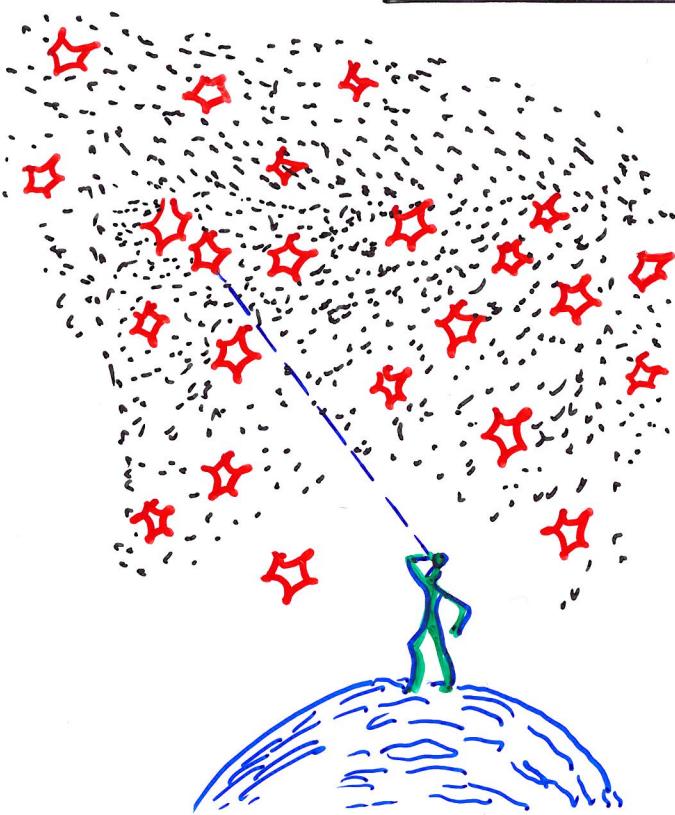


Temné stránky Vesmíru

- Temná noc - Kepler, Olbers
současná kosmologie (struktura a vývoj Vesmíru v ~ 7 minutách)
- Temná hmota v galaxiích
černé díry v jádrech (Galaxy)
galaktická hala z temné hmoty
Rušta pád 'Machos' (Massive compact halo objects)
WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles)
 \times MOND (Modification Of Newton Dynamics)
- Temná hmota v kupačích galaxiích
- Temná energie a zrychlená expanze Vesmíru
Nesnesitelná lehkost prostoru času
(nepatrná Λ) -
Antropický princip, multiverza atd.
- Temná souvislost fundamentu teoretické fyziky (obecná relativita a kvantová teorie)
- Budil řík svedho!? "Nature, and Nature's laws lay hid in Night."
(e) God said, Let Newton be! and all was light"

TEMNÉ NOCI

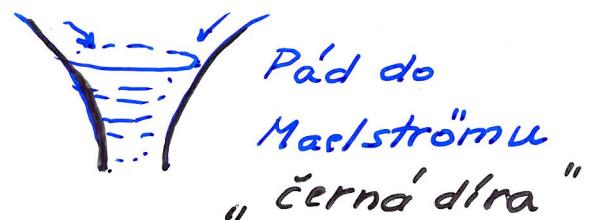


„Hledě dlouhō do tmy
z prahu, stojí v pochybách
a v strachu,
dlouhō snil jsem, jak si
nikdo netroufal snít
mimo mne...“ Krkavec

E. A. Poe Havran

(* 19. 1. 1809, † 7. 10. 1849)

200 let 160 let



Jestliže Vesmír je prostorově nekonečný a hvězdy jsou v něm rovnoměrně rozloženy až do nekonečna, pohled v každém směru se musí nutně setkat s povrchem nějaké hvězdy. Proč je v noci tma?

Kepler: „Rozprava s hvězdným poslem, kterého řed' mezi smrtelníky vyslal Galileo Galilei, padovský matematik“ Praha, 1610

Olbersův paradox (Heinrich Olbers, Brémy 1823): nemůly by být žádne tmavé mezery mezi hvězdami; jestliže vš. hvězdy jako Slunce, každá část oblohy by měla zářit jako sluneční disk!

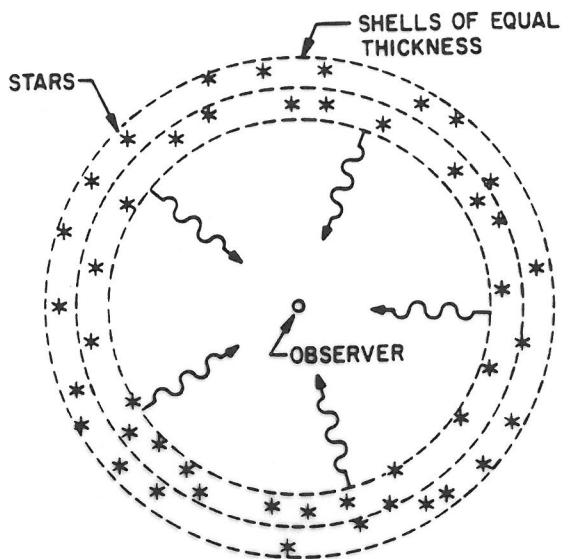


Figure 12.2. Shells of stars at all distances (only two shells are shown) with the observer at the center. The amount of light reaching the observer is the same from each shell. (With permission from E. R. Harrison, American Journal of Physics 45, 121, 1977.)

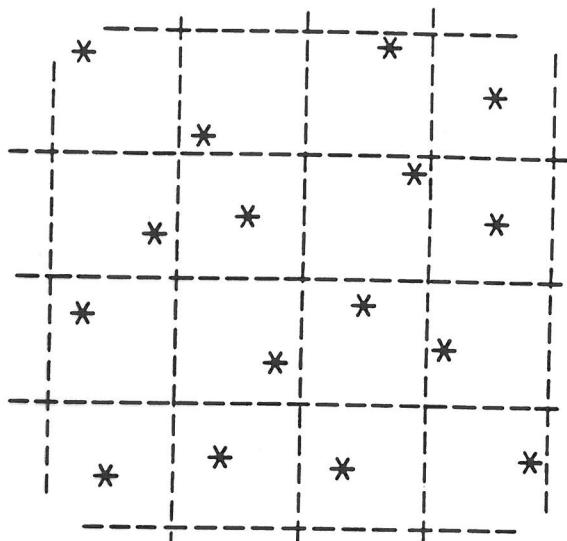


Figure 12.3. A forest in which each tree occupies an average area A . If each tree has a width w the lookout limit in the forest is A/w . In the Newtonian universe each star occupies an average volume V . If the cross section of each star is a (the area of its disk), the lookout limit in the universe is V/a . (With permission from E. R. Harrison, American Journal of Physics 45, 121, 1977.).

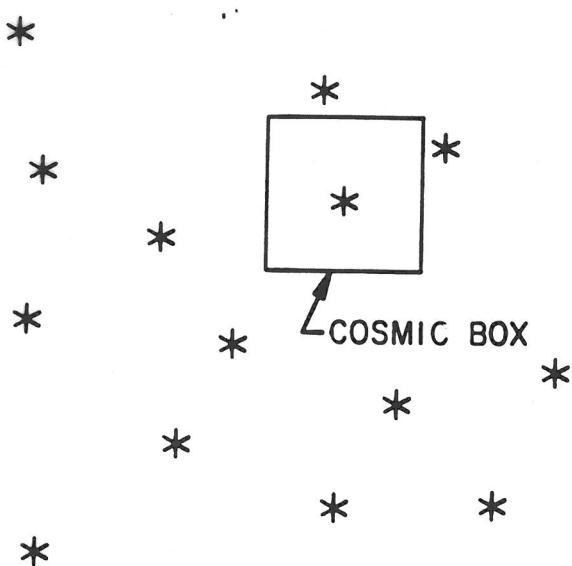


Figure 12.6. A star is surrounded by reflecting walls that form a box of the same volume as the average volume V occupied by each star. The conditions for filling this cosmic box with radiation from a single star are the same as the conditions for filling the whole of space with radiation from all stars. (With permission from E. R. Harrison, American Journal of Physics 45, 123, 1977.)

T2, MFFUK

TF, Bratislavice

Bratislava

US

Augustin Wášler

Brno
Kralupy

7. 1. 1997

Chlum

u Třeboni

Carolinum

Pohledy do minulosti

19. 2. 2008, 14. 1. 2009, 18. 5. 2009
30. 4. 2006, 3. 5. 2007, 4. 12. 2007

12. 12. 2002

5. 4. 2002

11. 1. 2002

8. 12. 2001

23. 11. 2000

17. 4. 2000

20. 4. 1995

21. 2. 1995

21. 3. 1993

21. 4. 1992

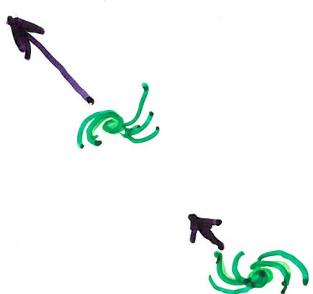
4. 10. 1991

PKS 2000-330 :

$$t_{\text{em.}} \approx t_0 (9. \text{ října 1908}) - 11.5 \times 10^9 \text{ let}$$

$$t_{\oplus} \approx t_0 (\dots) - 4.5 \times 10^9 \text{ let}$$

Stáří vesmíru



MY

1929

Hubbleova
„konstanta“

$$V = H_0 l$$

km/s ↑ $\frac{1}{S}$ Mpc
 ↑ ↓ ↓
 km/s $\frac{1}{S}$ (3 miliony sv. let)

$$H_0 = 50 - 100 \text{ km/s Mpc}$$



$$T_0 \approx \frac{1}{H_0} \equiv (9 \div 2) 10^{10} \text{ let}$$

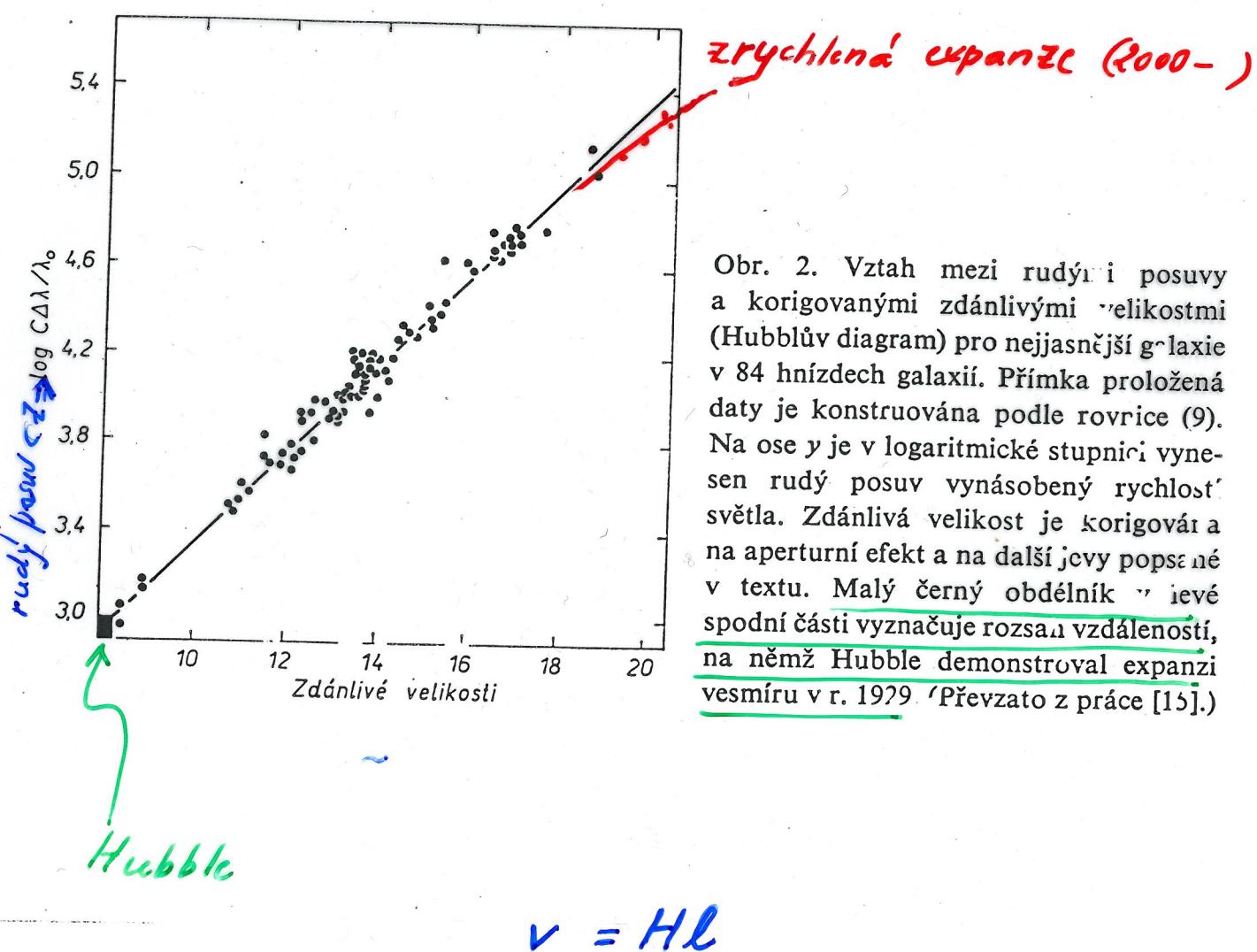
$$(8) \quad m = M + 25 - 5 \log H_{0[\text{km/sMpc}]} + 5 \log cz_{[\text{km/s}]} + 1,086(1 - q_0)z + O(z^2)$$

tvořící základ observačního studia dynamiky vesmíru. Za předpokladu, že mezi galaxiemi lze vybrat „standardní svíčky“, tj. galaxie, jejichž vnitřní svítivosti (absolutní velikosti) jsou přibližně stejné, ze vztahu (7) v prvé aproximaci dostaneme

(9)

$$m = \text{konst} + 5 \log cz_{[\text{km/s}]}.$$

Empiricky tento vztah nalezl poprvé Hubble v r. 1929 a z něho usoudil na svůj zákon (1). Jak je zvykem, budeme korelací mezi rudým posuvem a zdánlivou velikostí

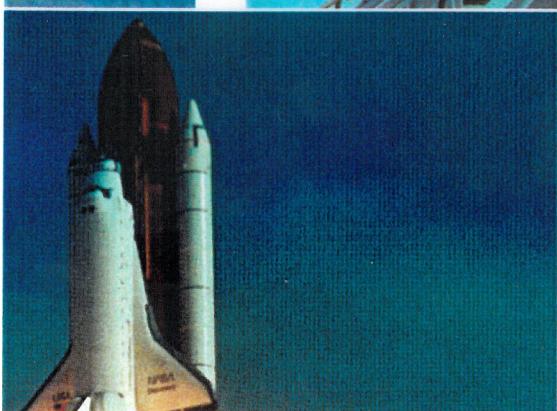
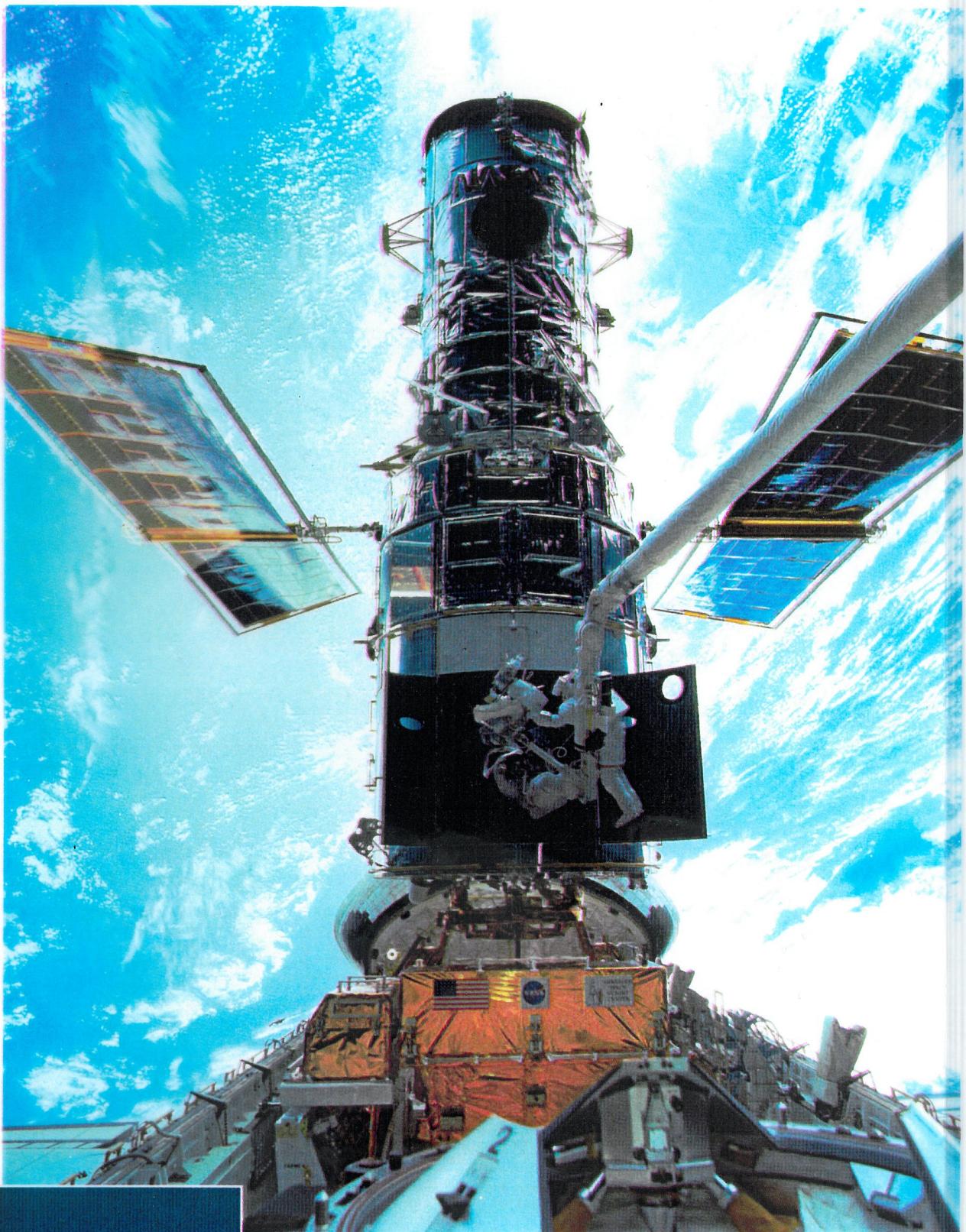


24. 4. 1990

2.4m 1993 - 2002 - NYNI'

RADE

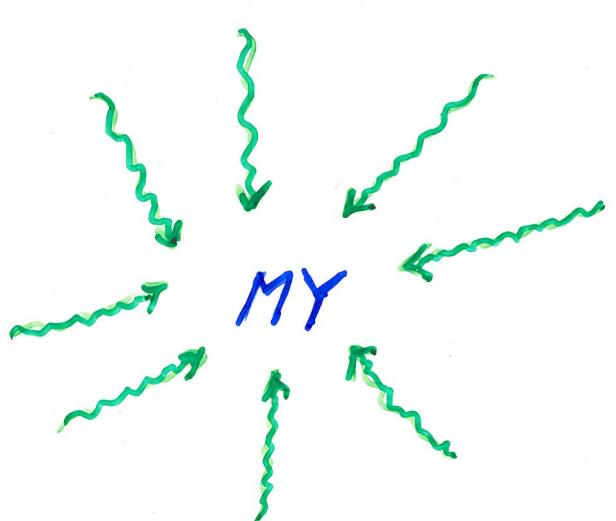
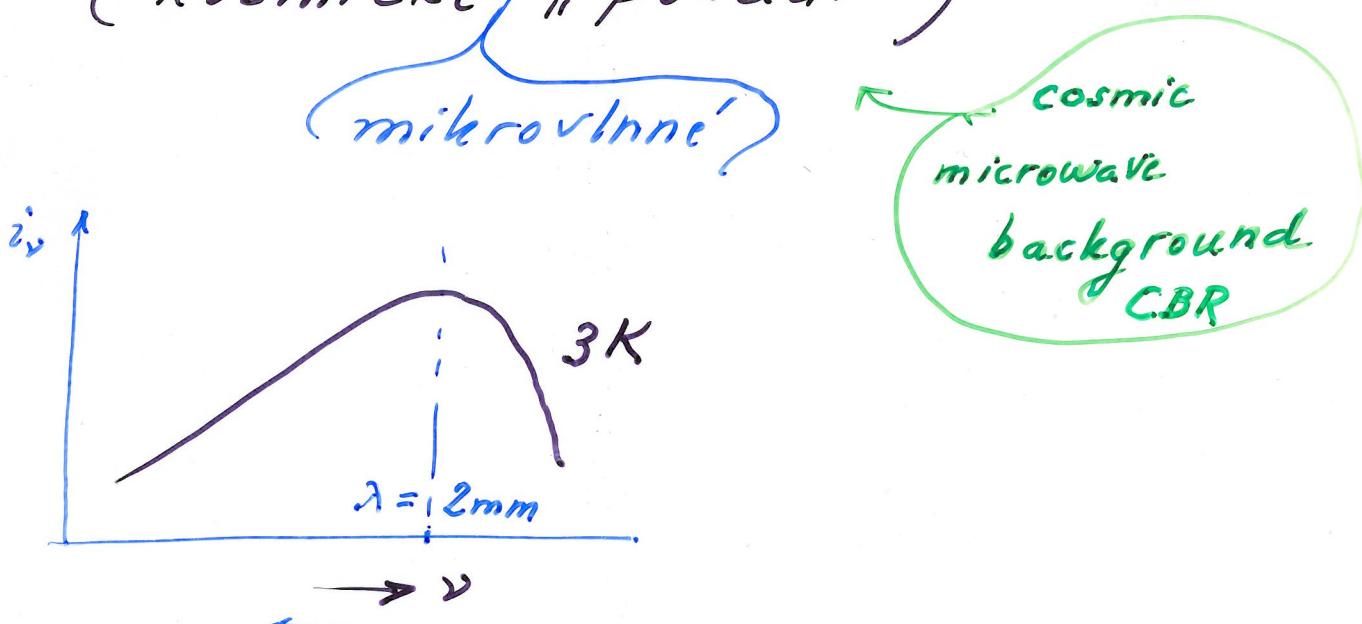
It observatory
unique among
it improves
nology would
ing mission,
shuttle astro-
lling newer,
ry few years.



During the first servicing mission in 1993, Hubble received a new camera, additional optics to compensate for flaws in the original mirror, and improved solar arrays. During the second mission in 1997, Hubble gained an infrared camera and a much

1965 Penzias & Wilson (Nobel 1978)
 (Gamow, Dicke, Peebles, ...)

Reliktové kosmické elmag. záření
 (kosmický "pozadí")



isotropie
 $3 \cdot 10^{-5} \dots 90^\circ \cdot 10'$
 $10^{-2} \dots < 10'$

Moz galaktický
 prostor není ^{upříležitost} chladný:

3 K nad absolutním nulou

~ 400 kvant záření
 (fotonů) ν 1cm^3

10^9 fotonů na 1 atom
 ve vesmíru (?)

je "funební"
 ("funerals")

Planck (spacecraft)

From Wikipedia, the free encyclopedia

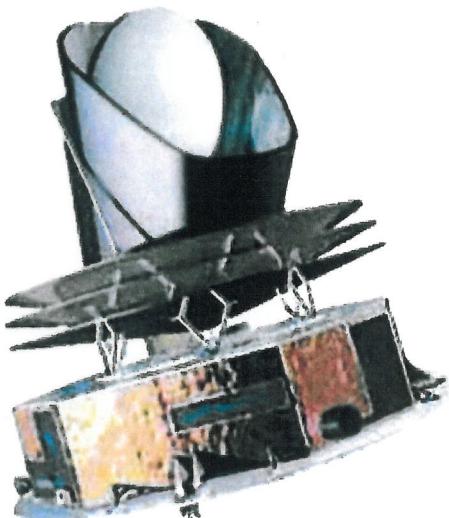
Planck is a space observatory designed to observe the anisotropies of the cosmic microwave background (CMB) over the entire sky, using high sensitivity and angular resolution. Planck was built in the Cannes Mandelieu Space Center and created as the third Medium-Sized Mission (M3) of the European Space Agency (ESA) Horizon 2000 Scientific Programme. The project—initially called COBRAS/SAMBA after its approval—is named in honour of the German scientist Max Planck (1858–1947), who won the Nobel Prize for Physics in 1918.

The mission will complement and improve upon observations made by the NASA WMAP probe, which has measured the anisotropies at larger angular scales and lower sensitivity than Planck. Planck will provide a major source of information relevant to several cosmological and astrophysical issues, such as testing theories of the early universe and the origin of cosmic structure.

Contents

- 1 Instruments
 - 1.1 Low Frequency Instrument
 - 1.2 High Frequency

Planck



General information

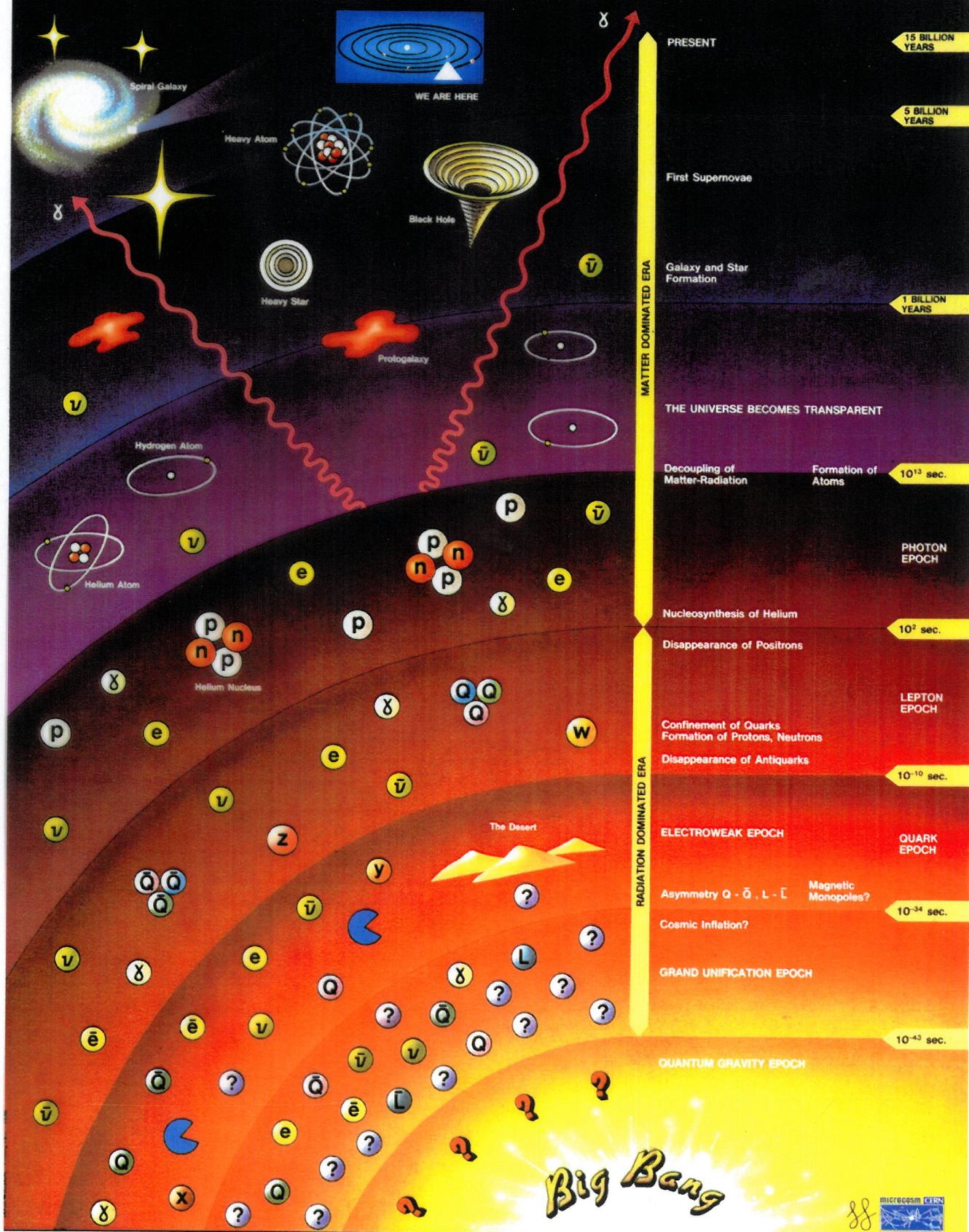
Organization	European Space Agency
Launch date	<u>14 May 2009, 13:12 GMT</u>
Launched from	Guiana Space Centre French Guiana
Launch vehicle	Ariane 5
Location	1.5 million km (L2 Lagrangian point)
Wavelength	350 to 10,000 μm

Instruments

Low Frequency Instrument (LFI)	30–70 GHz receivers
High Frequency Instrument (HFI)	100–857 GHz receivers

Website	Planck Science Team Home (http://www.rssd.esa.int/index.php?project=PLANCK)
----------------	--

History of the Universe



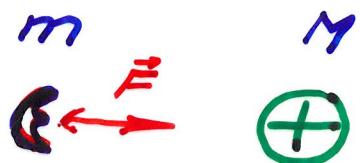
HISTORIE VESMÍRU (1.5×10^{10} let)

V ROCE

1. ledna Big Bang ~~Tvorba D, He, Li (200 sec)~~
1. 1. Oh 1min oddělení/záření od hmoty
("decoupling" - rekombinace)
5. 1. První hrázdy a současné černé díry
16. 1. nejstarší galaxie
27. 3. kvasary - maxim. aktivita
9. 9. vznik Slunce a Země
28. 9. život na Zemi "dnes"
- rostlinky, první obratlovcí
20. - 24. 12. lesy, růby, plazy
25. 12. ssavci
28. 12. vymření jehoří
31. 12.
- 4 sek A.D.
- 0.2 sek 1 MY
12. 1. Země příliš tepla pro život
7. 4. Slunce krvavý obr
16. 4. Andromeda pohltí Mléčnou dráhu
- 10^{40} let rozpad protonů
- do 10^{70} let rozpad (vypaření) gigant. černých dier

NE NEKONVENČNOST
ALE VĚČNOST ANO

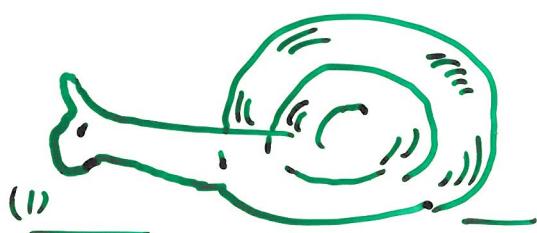
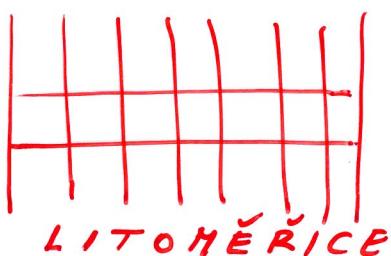
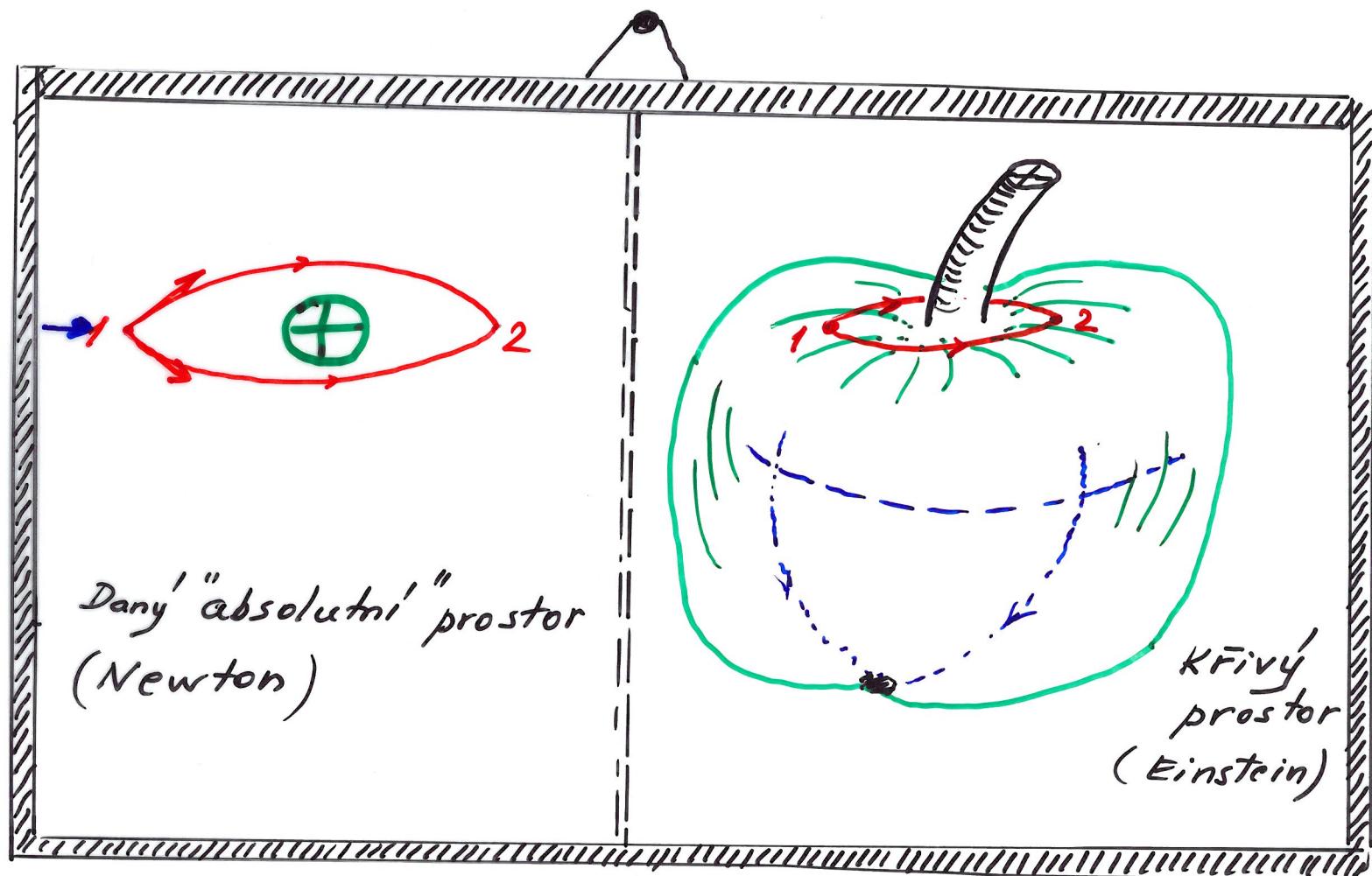
NEWTON:



$$|\vec{F}| = \frac{GmM}{r^2}$$

\Rightarrow "Laplace" $\Delta \phi = 4\pi G \rho$ $\leftrightarrow R...$ hustota hmoty $\leftrightarrow T_{\mu\nu}$

$\phi = -GM/r$ (gravitace)



ERNST MACH: $A \leftrightarrow B$

OBECNÁ TEORIE

RELATIVITY

anob

Einsteinova teorie gravitace



$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$

Křivost \equiv gravitace

Hmota
- energie

$x^\mu \rightarrow x^\mu + dx^\mu$

Prostor (o čas)

$ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$
 $= g_{\mu\nu} (dx^\mu)^2 + ...$

y ℓ $\ell^2 = x^2 + y^2$

$R_{..} = g_{..} \partial \partial g + g (\partial g)^2 ...$

**HMOTA ŘÍKÁ PROSTORU JAK SE ZAKŘIVOVAT
PROSTOR ŘÍKÁ HMOTĚ JAK SE POHYBOVAT**

Bending of light, Prague 1911

898

4. Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes; von A. Einstein.

Die Frage, ob die Ausbreitung des Lichtes durch die Schwerkraft beeinflußt wird, habe ich schon an einer vor 3 Jahren erschienenen Abhandlung zu beantworten gesucht.¹⁾ Ich komme auf dies Thema wieder zurück, weil mich meine damalige Darstellung des Gegenstandes nicht befriedigt, noch mehr aber, weil ich nun nachträglich einsehe, daß eine der wichtigsten Konsequenzen jener Betrachtung der experimentellen Prüfung zugänglich ist. Es ergibt sich nämlich, daß Lichtstrahlen, die in der Nähe der Sonne vorbeigehen, durch das Gravitationsfeld derselben nach der vorzubringenden Theorie eine Ablenkung erfahren, so daß eine scheinbare Vergrößerung des Winkelabstandes eines nahe an der Sonne erscheinenden Fixsternes von dieser im Betrage von fast einer Bogensekunde eintritt.

Es haben sich bei der Durchführung der Überlegungen auch noch weitere Resultate ergeben, die sich auf die Gravitation beziehen. Da aber die Darlegung der ganzen Betrachtung ziemlich unübersichtlich würde, sollen im folgenden nur einige ganz elementare Überlegungen gegeben werden, aus denen man sich bequem über die Voraussetzungen und den Gedankengang der Theorie orientieren kann. Die hier abgeleiteten Beziehungen sind, auch wenn die theoretische Grundlage zutrifft, nur in erster Näherung gültig.

§ 1. Hypothese über die physikalische Natur des Gravitationsfeldes.

In einem homogenen Schwerkraft (Schwerebeschleunigung γ) befindet sich ein ruhendes Koordinatensystem K , das so orientiert sei, daß die Kraftlinien des Schwerkiefedes in Richtung

1) A. Einstein, Jahrb. f. Radioakt. u. Elektronik IV, 4.

208 A. Einstein. Einfluß der Schwerkraft usw.

Nach Gleichung (4) erleidet ein an einem Himmelskörper vorbeigehender Lichtstrahl eine Ablenkung nach der Seite sinkenden Gravitationspotentials, also nach der dem Himmelskörper zugewandten Seite von der Größe

$$\alpha = \frac{1}{c^2} \int \frac{kM}{r^2} \cos \vartheta \cdot ds = \frac{2kM}{c^2 A},$$

$$\alpha = \pm \frac{\pi}{2}$$

wobei k die Gravitationskonstante, M die Masse des Himmelskörpers, A den Abstand des Lichtstrahles vom Mittelpunkt des Himmelskörpers bedeutet. Ein an der Sonne vorbeigehender Lichtstrahl erleidet demnach eine Ablenkung vom Betrage $4 \cdot 10^{-6}$

$= 0,83$ Bogensekunden.

Um diesen Betrag erscheint die Winkeldistanz des Sternes vom Sonnenmittelpunkt durch die Krümmung des Strahles vergrößert. Da die Fixsterne der der Sonne zugewandten Himmelspartien bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbar werden, ist diese Konsequenz der Theorie mit der Erfahrung vergleichbar. Beim Planeten Jupiter erreicht die zu erwartende Verschiebung etwa $1/100$ des angegebenen Betrages. Es wäre dringend zu wünschen, daß sich Astronomen der hier aufgerollten Frage annähmen, auch wenn die im vorigen gegebenen Überlegungen ungenügend fundiert oder gar abenteuerlich erscheinen sollten. Denn abgesehen von jeder Theorie muß man sich fragen, ob mit den heutigen Mitteln ein Einfluß der Gravitationsfelder auf die Ausbreitung des Lichtes sich konstatieren läßt.

Prag, Juni 1911.

(Eingegangen 21. Juni 1911.)

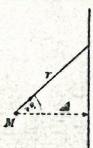


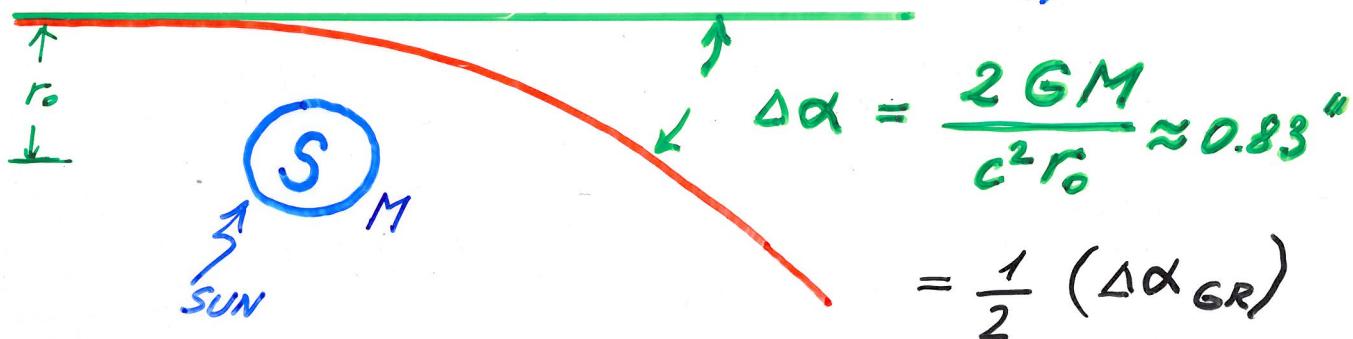
Fig. 3.

The first and last pages of Einstein's paper "On the Influence of Gravity on the Propagation of Light" which was written in Prague in 1911 and marked the beginning of Einstein's systematic concentration on the construction of a relativistic theory of gravity; this ended only in 1915 when Einstein arrived at the final formulation of general relativity. Although the paper is best known for the prediction that the deflection of light due to the Sun is an observable effect, it is of even greater importance for the very foundation of the future theory of gravity. It contains what Eddington considered to be the original statement of the principle of equivalence, thus discounting Einstein's formulation of 1907, and about which Einstein's collaborator Bannesh Hoffmann says that "his argument [Einstein's principle of equivalence], particularly in its 1911 form, must rank as one of the most remarkable in the history of science".

Bending of light in grav. field of Sun

Equivalence principle :

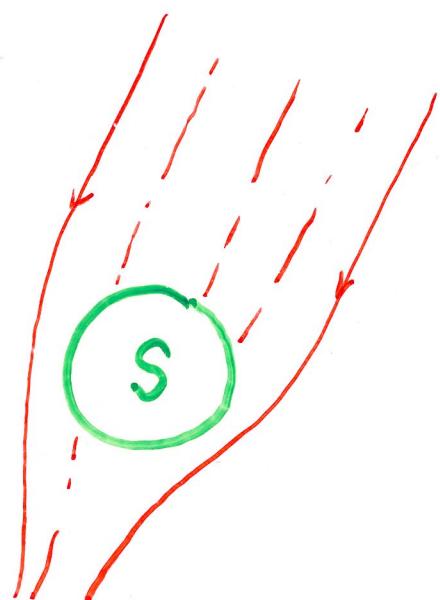
$$c = c_0 \left(1 + \frac{\Phi}{c_0^2}\right)$$



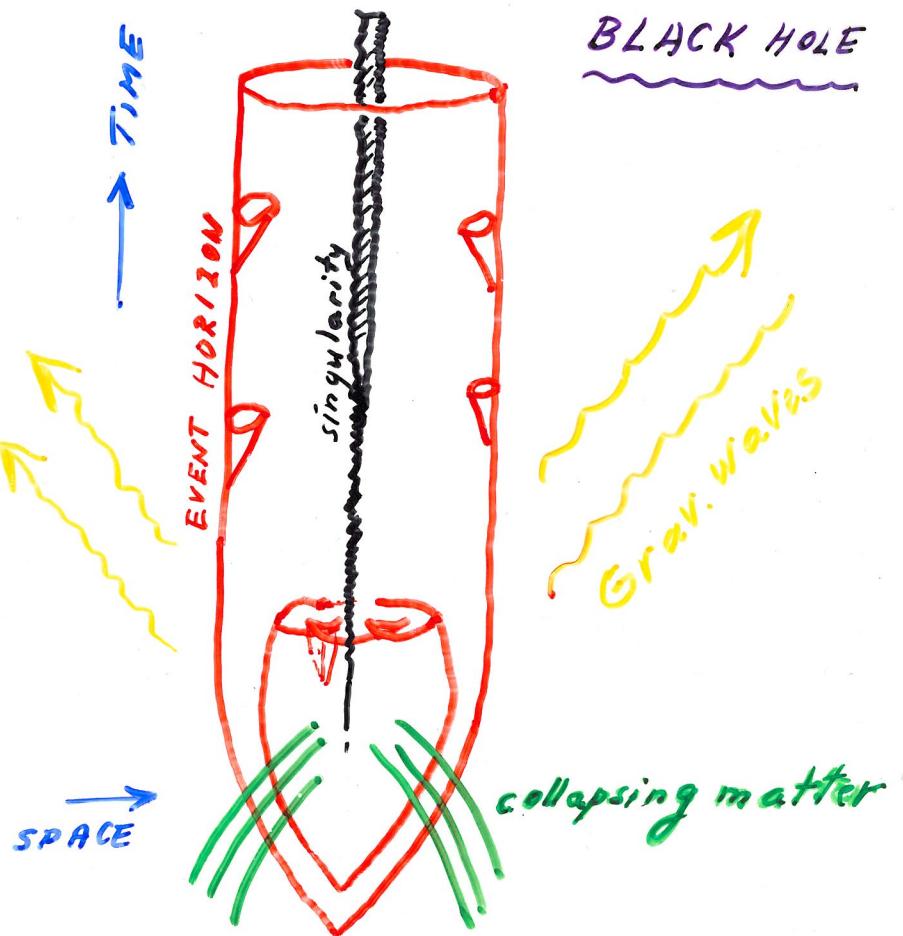
Newton, Laplace, Soldner, Einstein

Eddington 1919

... QSO's VLBI (Brans-Dicke)

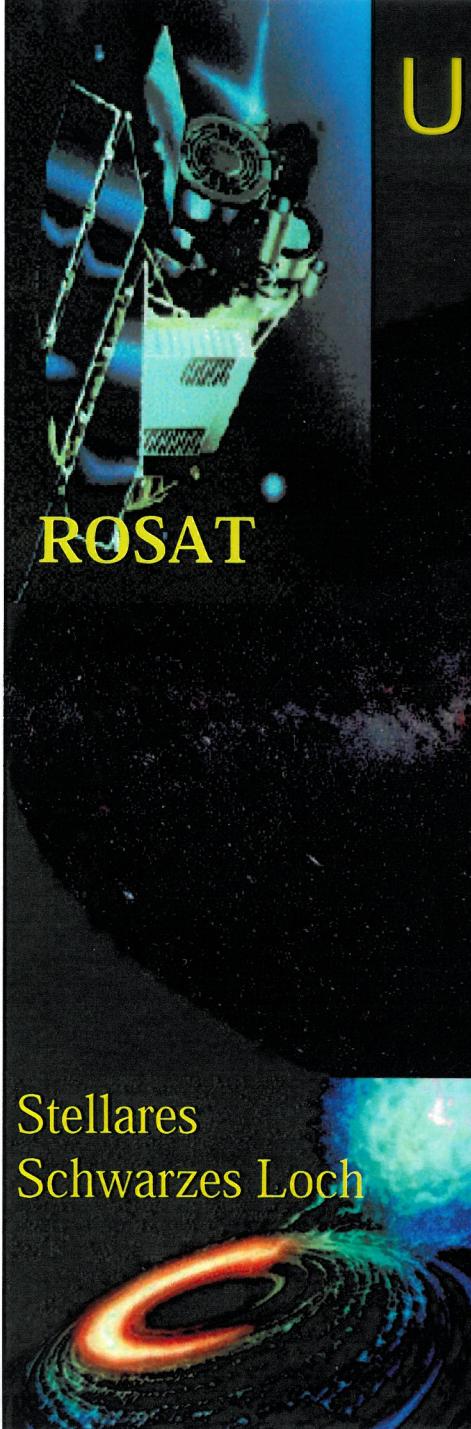


Prague 1911



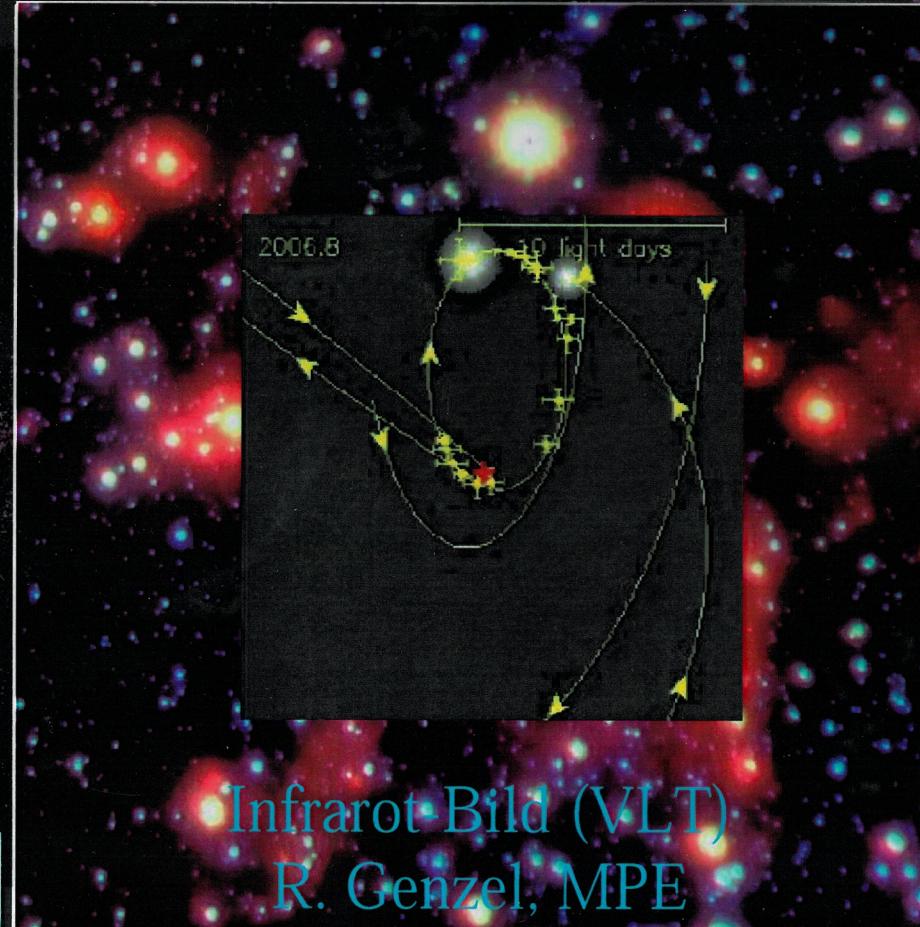
Collapsus pictus 2008

Stellares
Schwarzes Loch



ROSAT

Unsere Milchstrasse

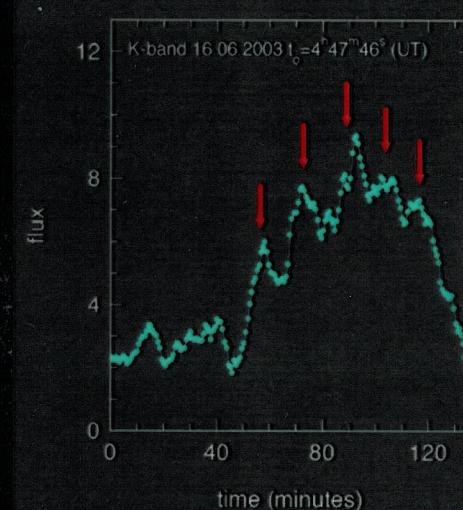


Infrarot Bild (VLT)
R. Genzel, MPE

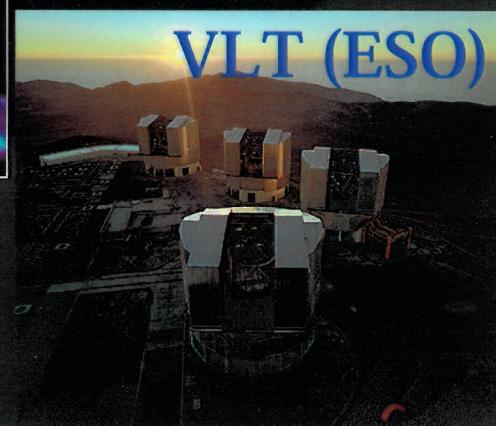
Schnell rotierendes
Schwarzes Loch mit 2-3
Millionen Sonnenmassen



Chandra



VLT (ESO)



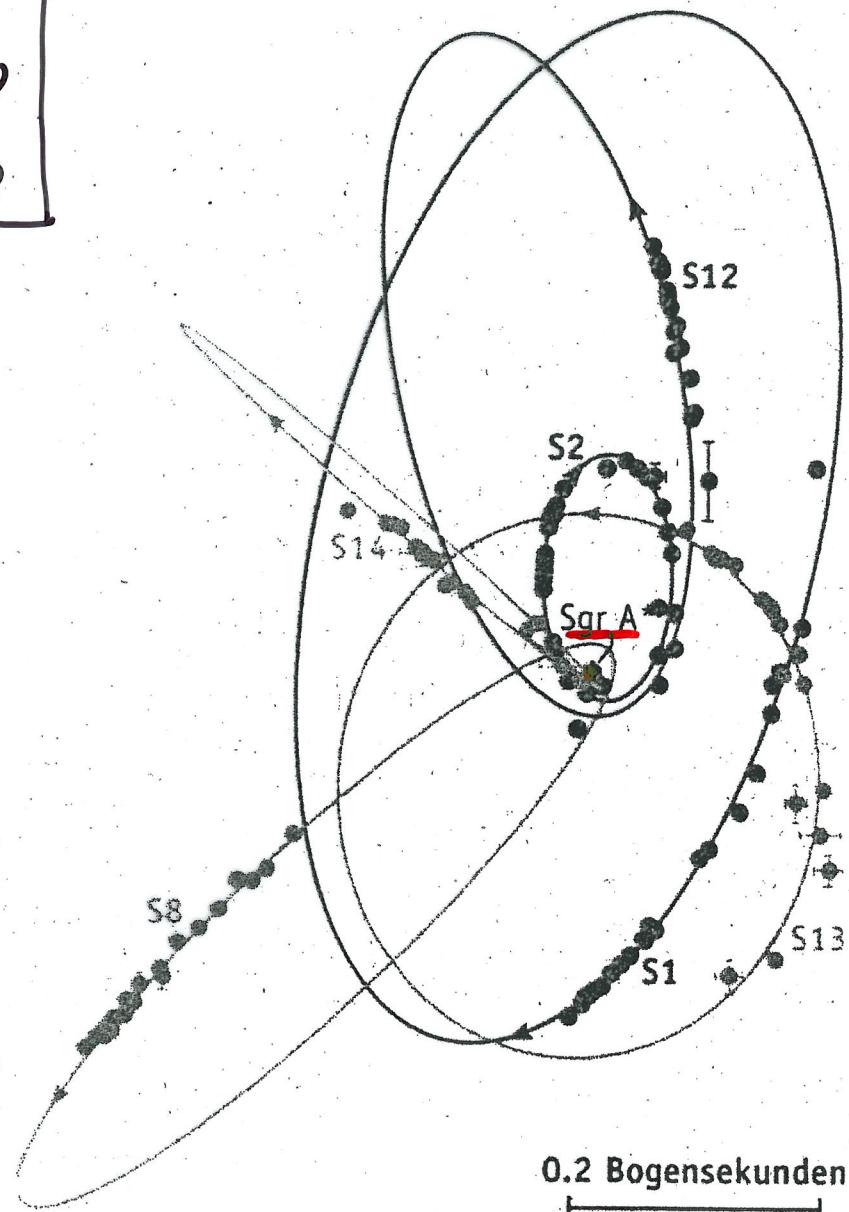
Hvězda

S2 na jaře 2002 $V \sim 10000$ km/s ve vzdálosti ≈ 10 svět. hodin
od Sgr A - $T \sim 15$ let ($\sim 3x$ slunce-Pluto)

V centru:

ČERNÁ DÍRA

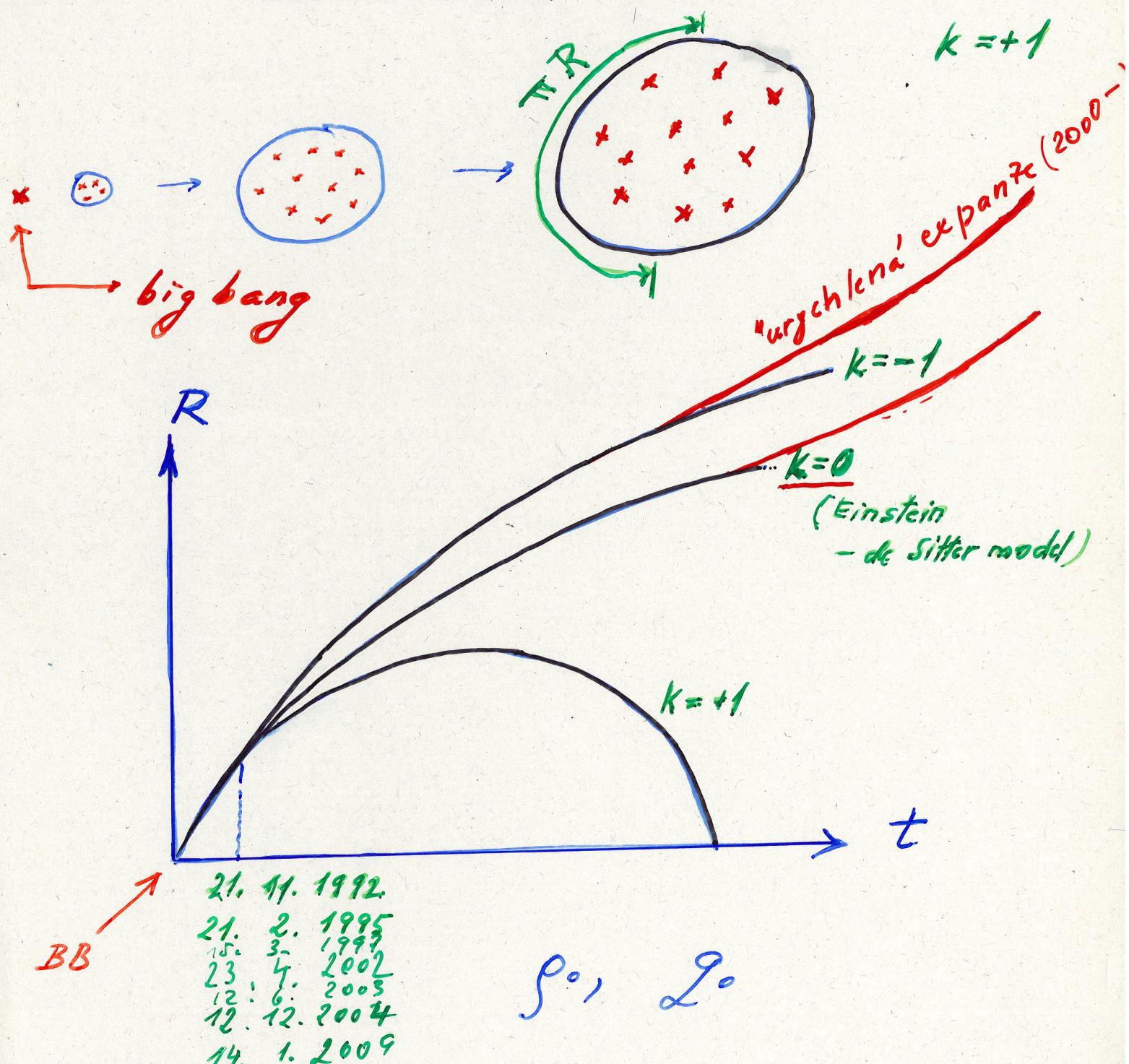
$M \sim 3$ miliony M_\odot



Gillessen & Genzel,
Sterne und Weltraum, December 2006

Gen. relativity + isotropy & homog.

\Rightarrow time evolution of the models



dark matter, Hubble's relation
 \rightarrow dark energy, mutual interconnections

$$K=0 \quad \rho = \rho_{\text{crit}} = \frac{3H_0^2}{8\pi G} \quad k=+1 \quad \rho > \rho_{\text{crit}}$$

$$-1 \quad \rho < \rho_{\text{crit}}$$

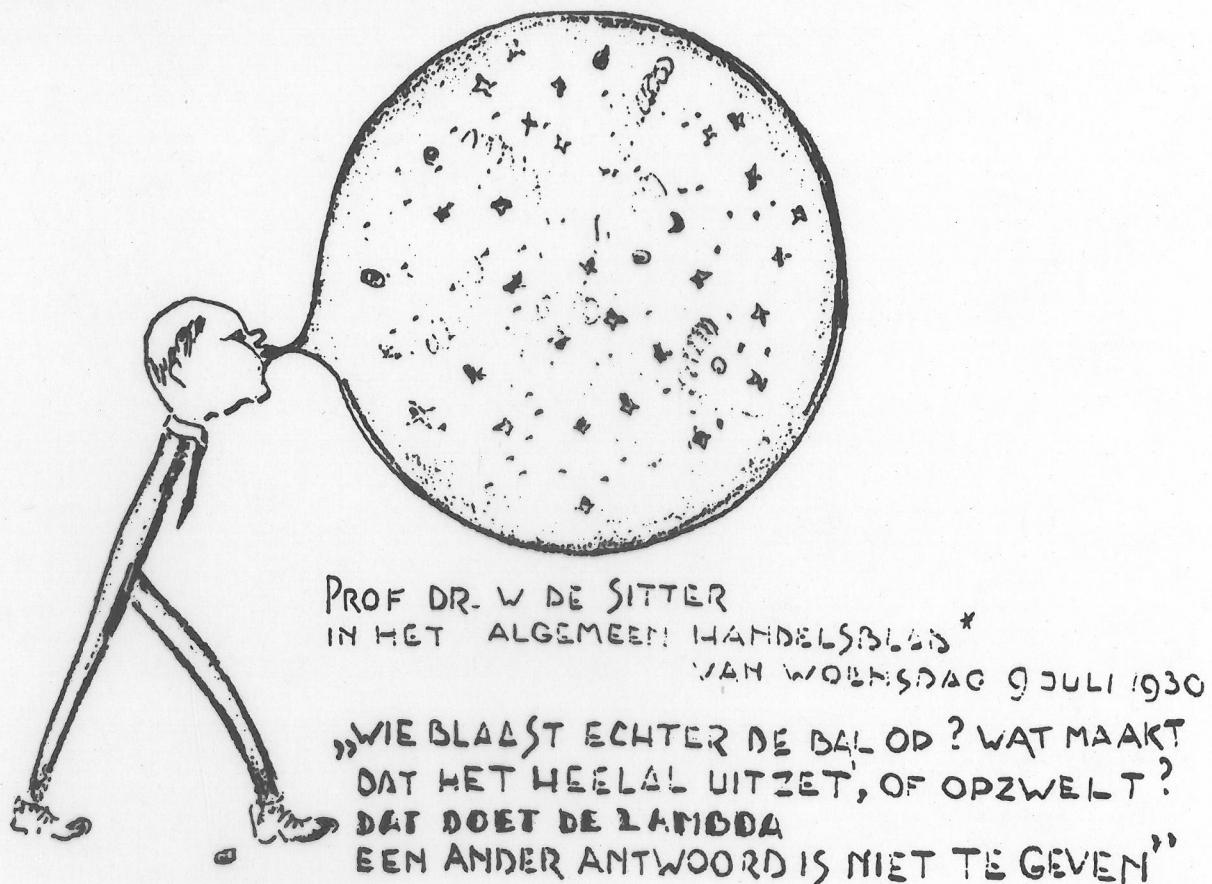


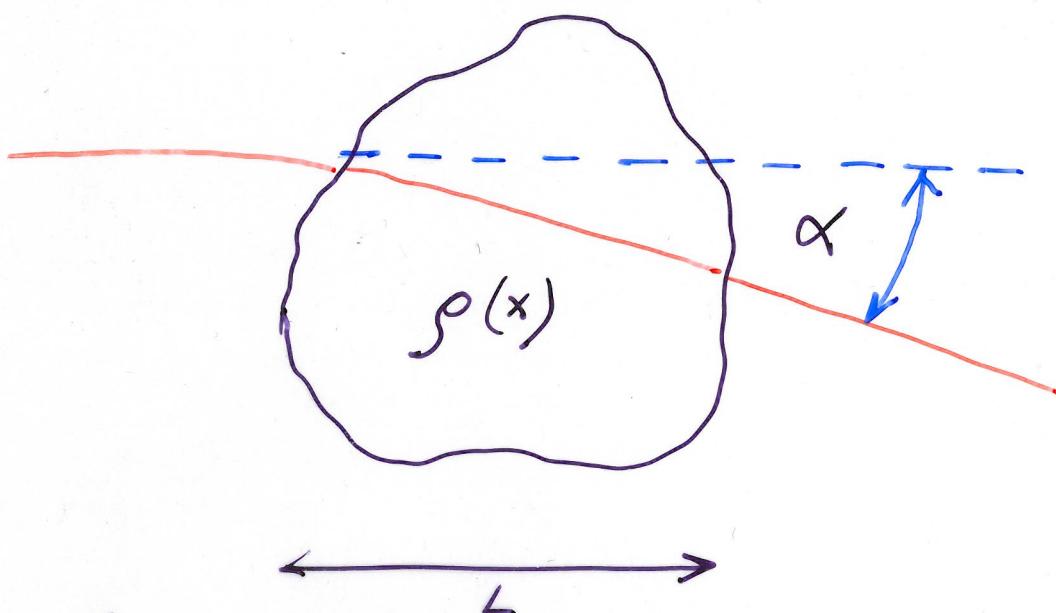
Figure 5.2. This sketch appeared following an interview of de Sitter published in a Dutch newspaper. The quote is translated by van der Laan as: "What, however, blows up the ball? What makes the universe expand or swell up? That is done by the Lambda. Another answer cannot be given."

we need some other resolution to the mystery of what caused the universe to expand from whatever it was like before it was expanding, whatever that means. It is notable that in the most popular of the proposed solutions to the mystery, the inflation scenario discussed in section 17, the expansion of the very early universe was driven by a large effective cosmological constant, just as pictured in figure 5.2. The balloon analogy remains a standard device for explaining what the expansion of the universe means, and, in the inflation picture, even a reasonable approximation to what might have caused it.

The abrupt change in the accepted picture for the physical universe, from static to expanding, was a quiet revolution, for once the concept of expansion was generally recognized it was accepted with little organized resistance. Who dis-

Gravitační čočky

1936 A.E. "inspirován" českým ing. Mandlem
rozvoj v 80. letech, zvl. ~1989 - ...



např. galaxie nebo kupa galaxií
prostorově omezená, transparentní grav. čočka

Limita slabého pole

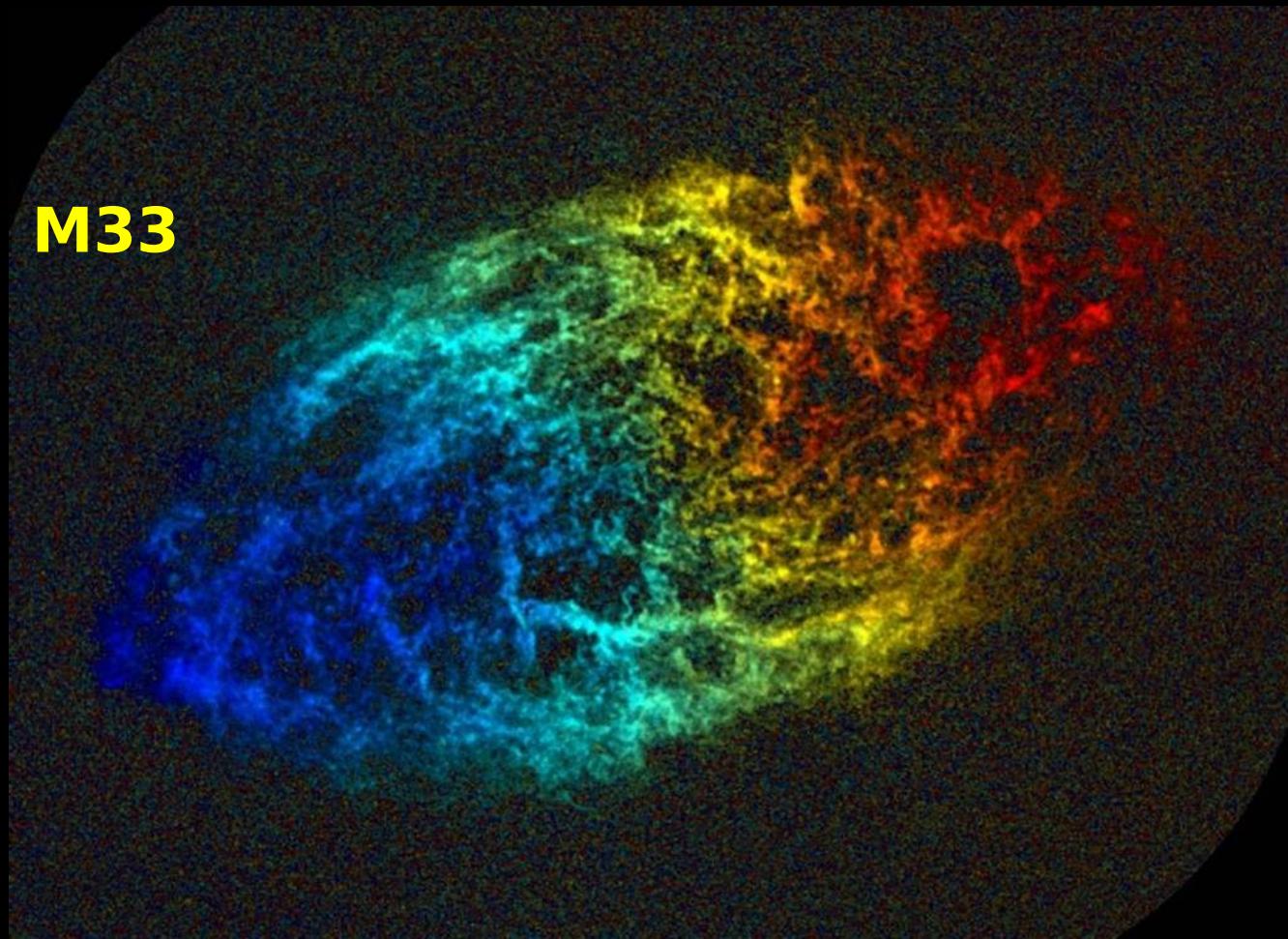
$$ds^2 = -(1+2\phi_N)dt^2 + (1-2\phi_N)dl^2$$

$$\phi_N = -G \int dx'^3 \frac{\rho(x')}{|x-x'|} \quad \text{Euclid.}$$

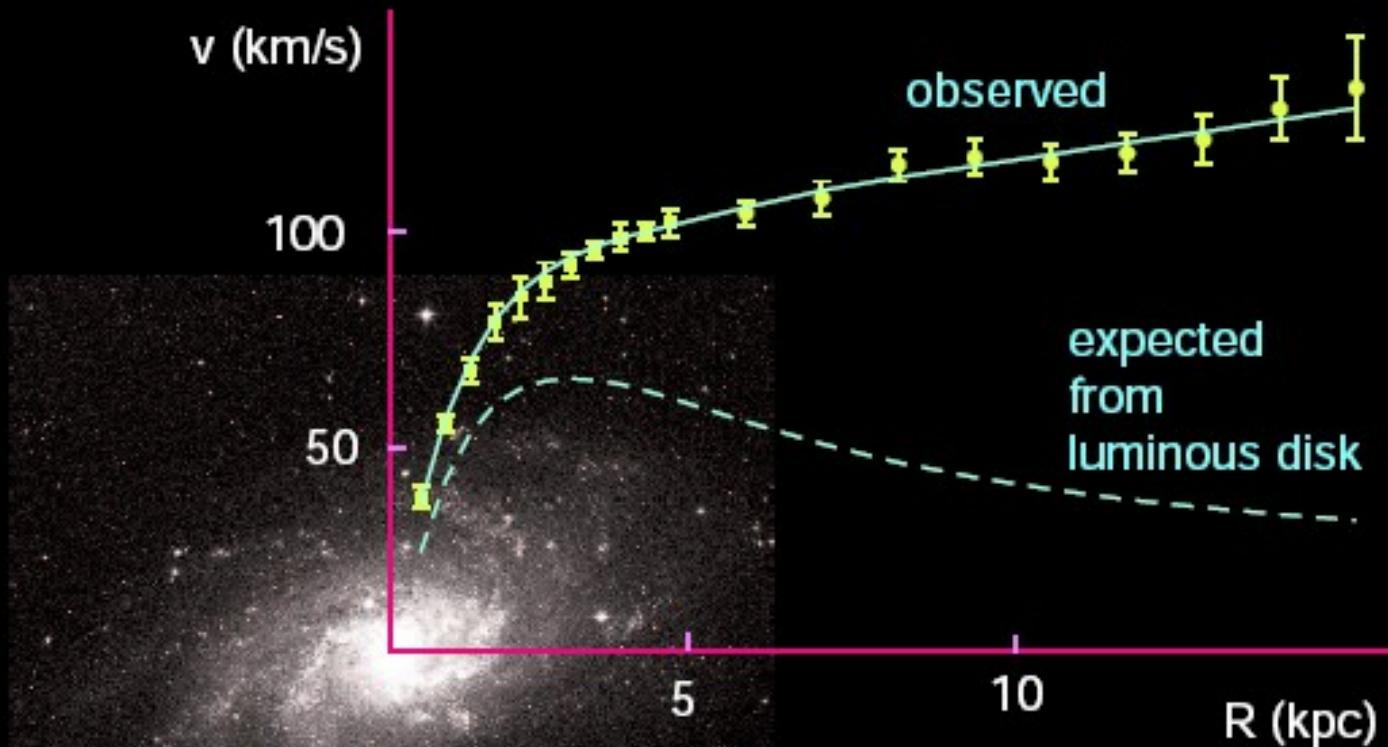
Pro $\alpha L \ll L$ ("vzdy" - galaxie $L \sim 30 \text{ kpc}$, $\alpha \sim 1$)
 $\Rightarrow \alpha L \sim 0.3 p \ll 30 \text{ kpc}$

integrace "přes zdroj" (Φ_N) po průměru

Mapování kinematiky pozorováním atomárního H (21 cm)



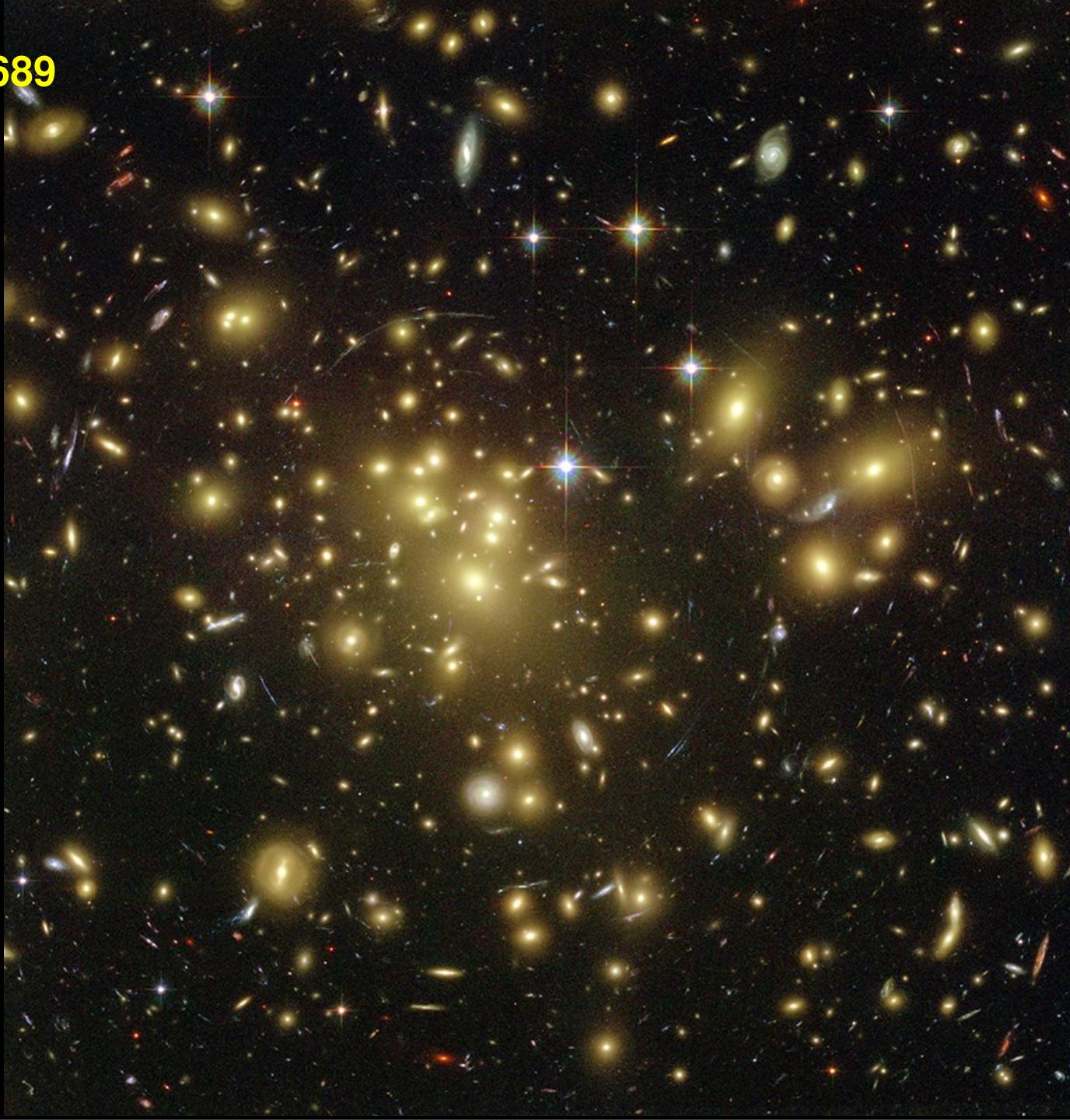
NRAO (2001)



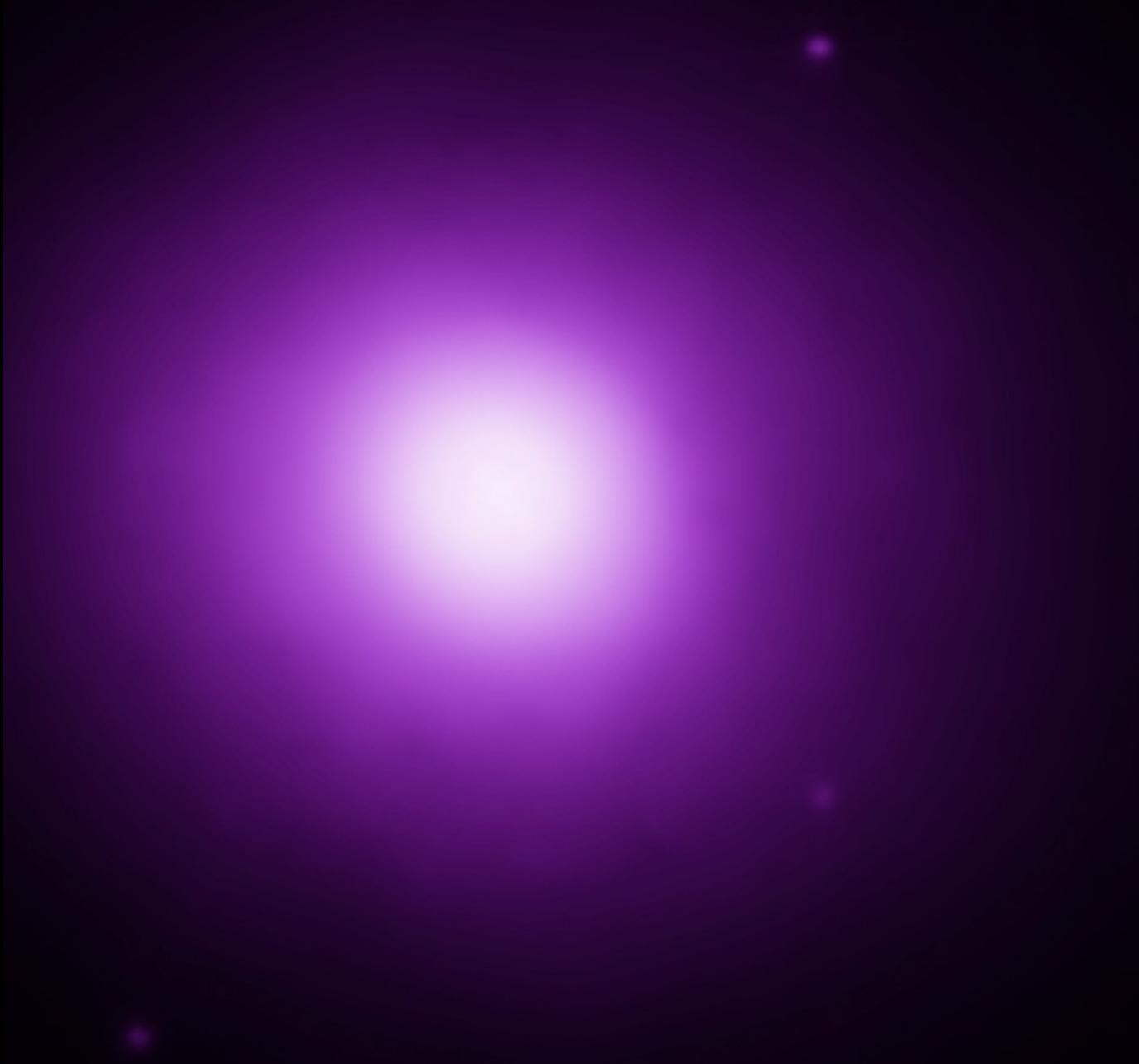
M33 rotation curve

Corbelli & Salucci (2000)

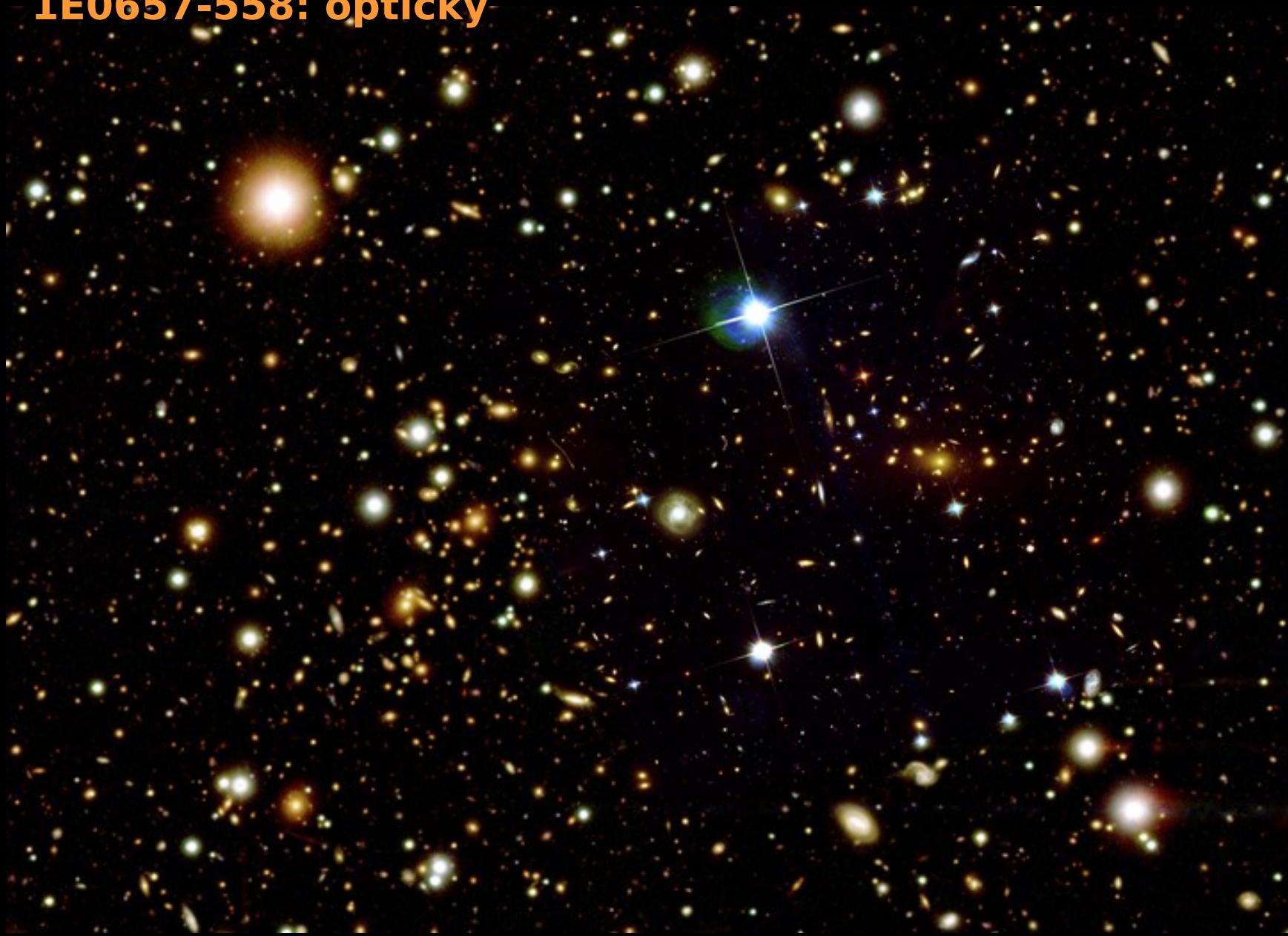
Abell 1689



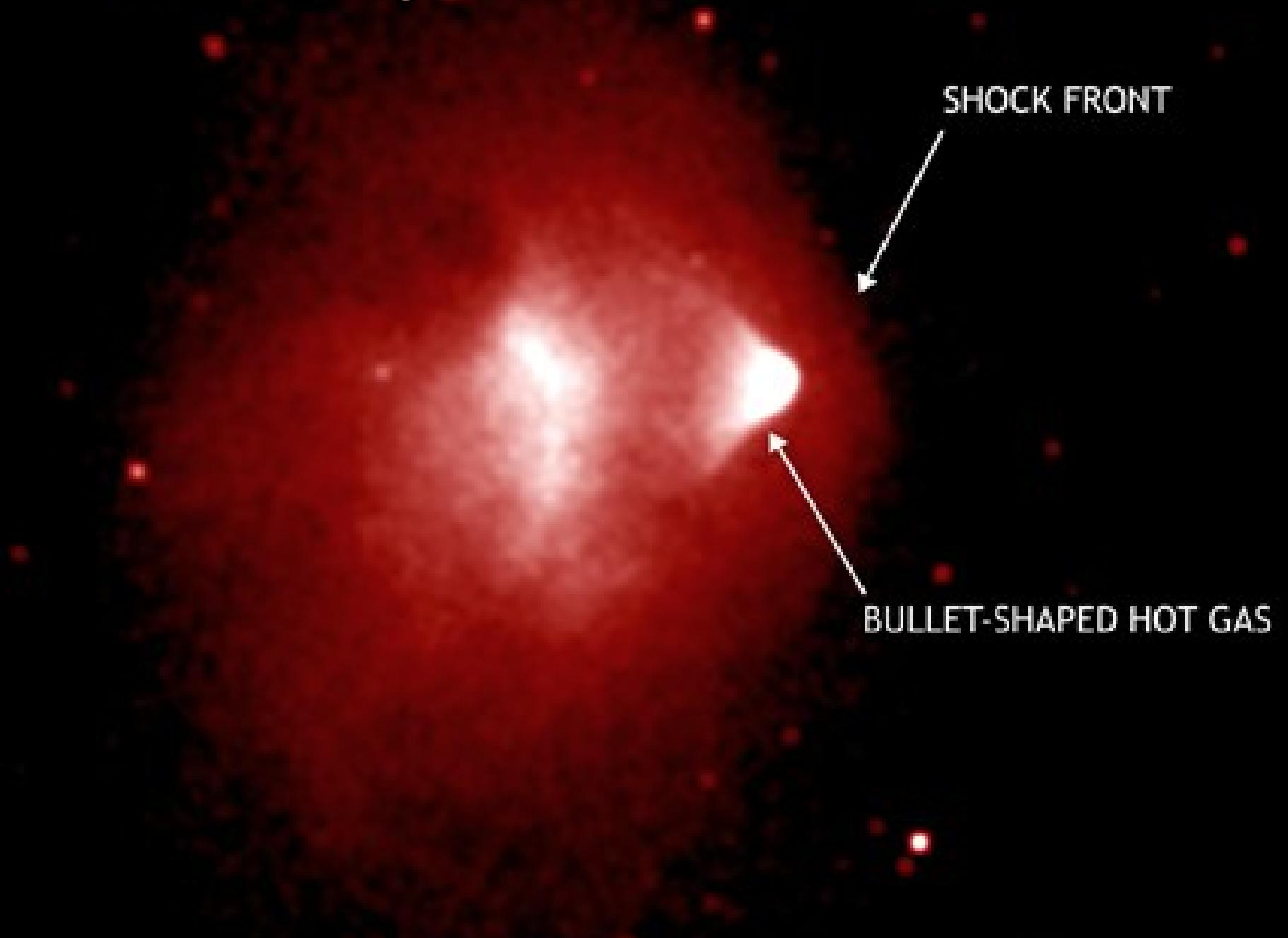
Abell 1689



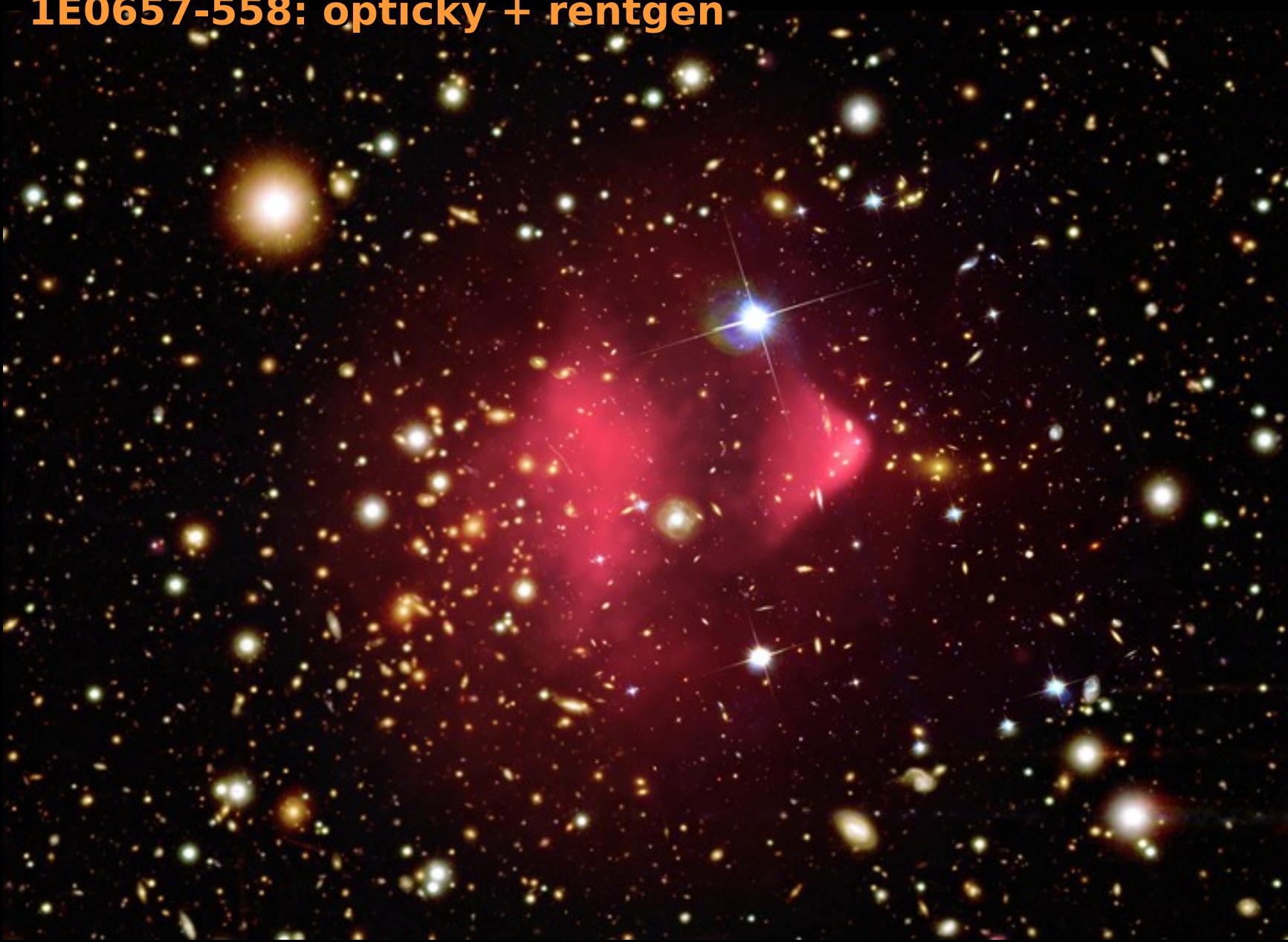
1E0657-558: opticky

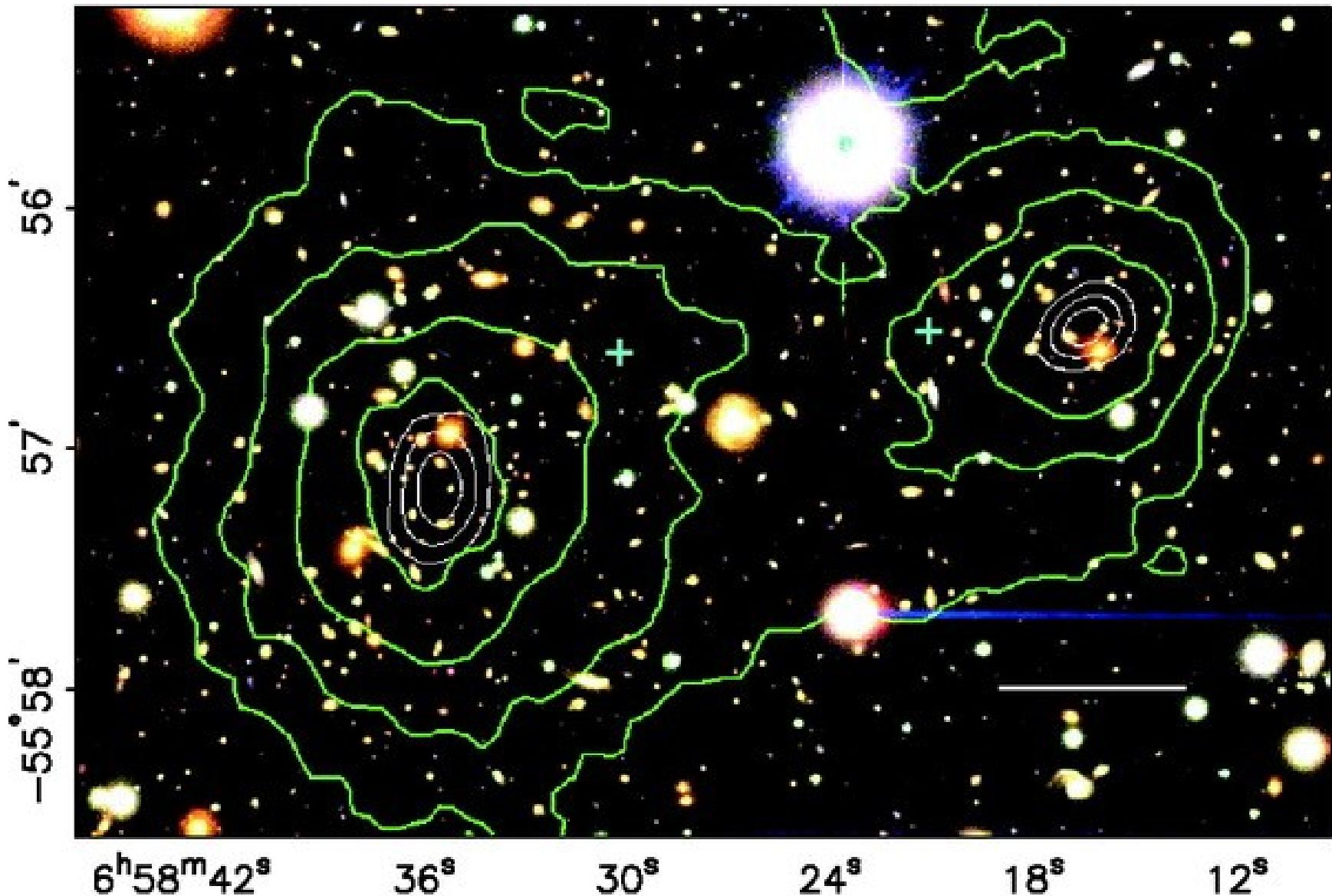


1E0657-558: rentgen ... „Bullet cluster”

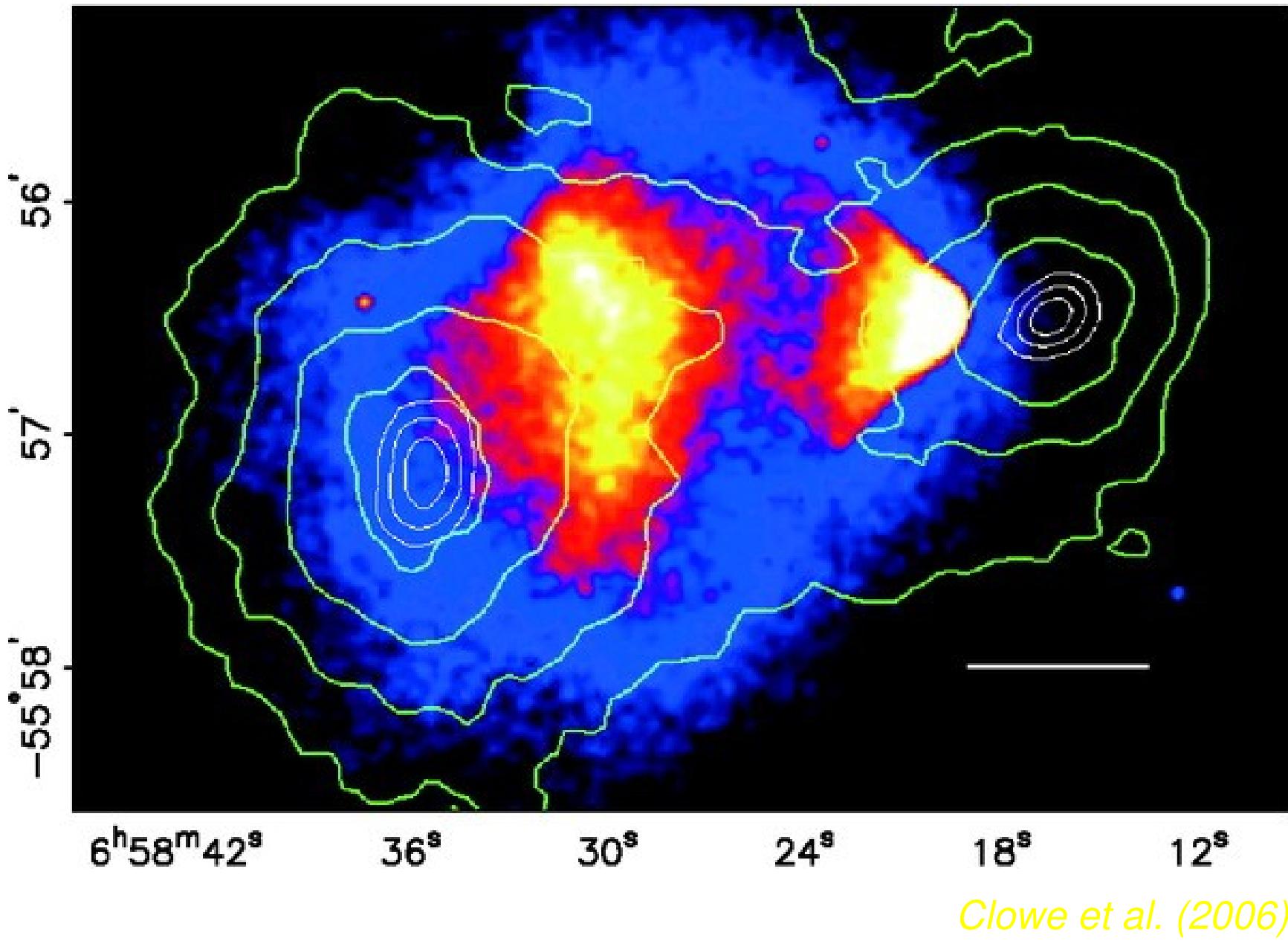


1E0657-558: opticky + rentgen





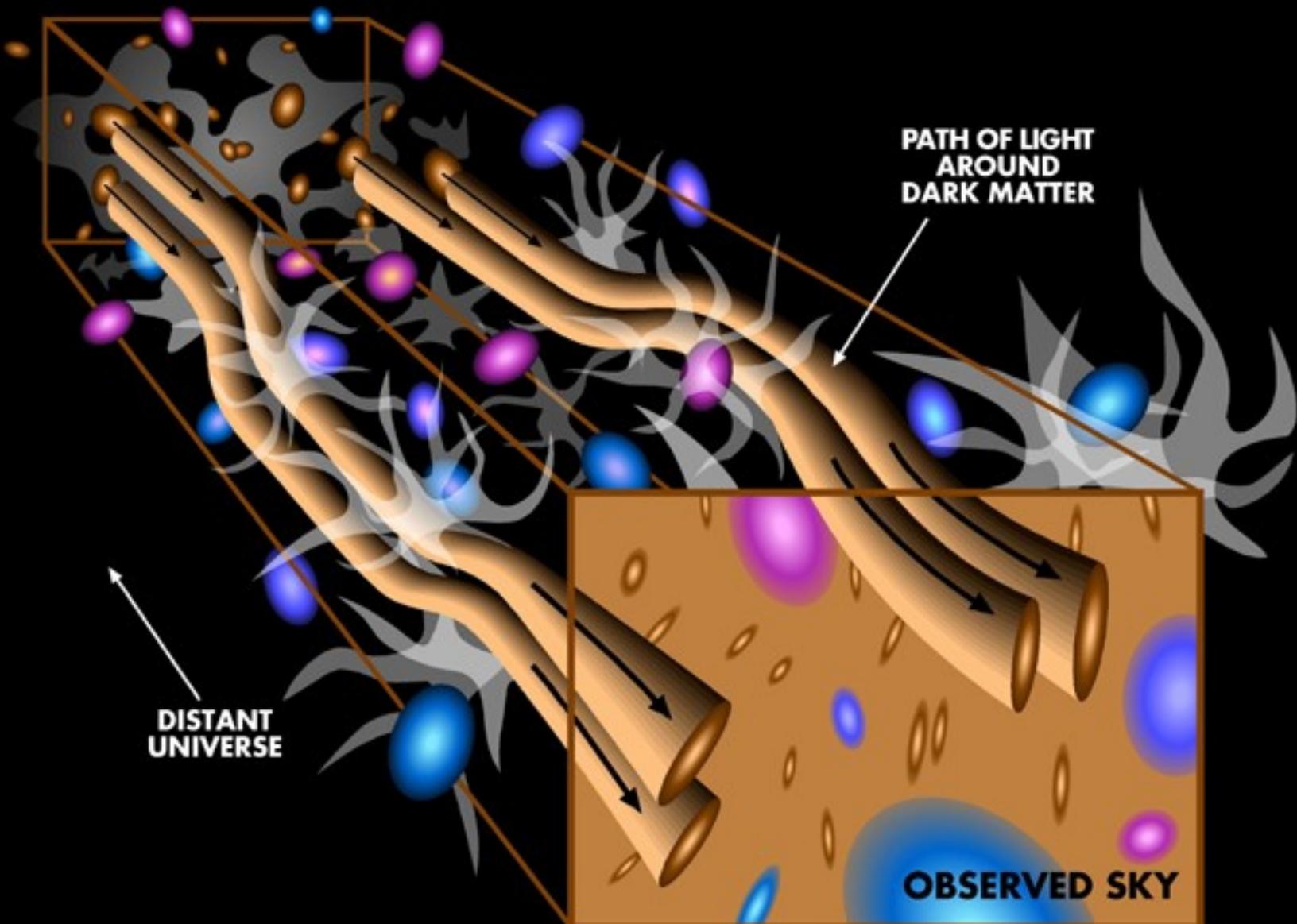
Clowe et al. (2006)



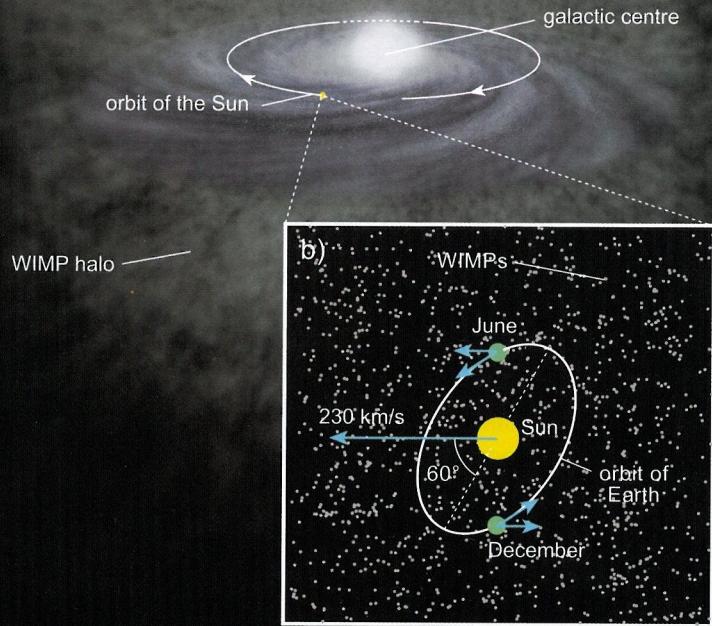


Cosmic shear

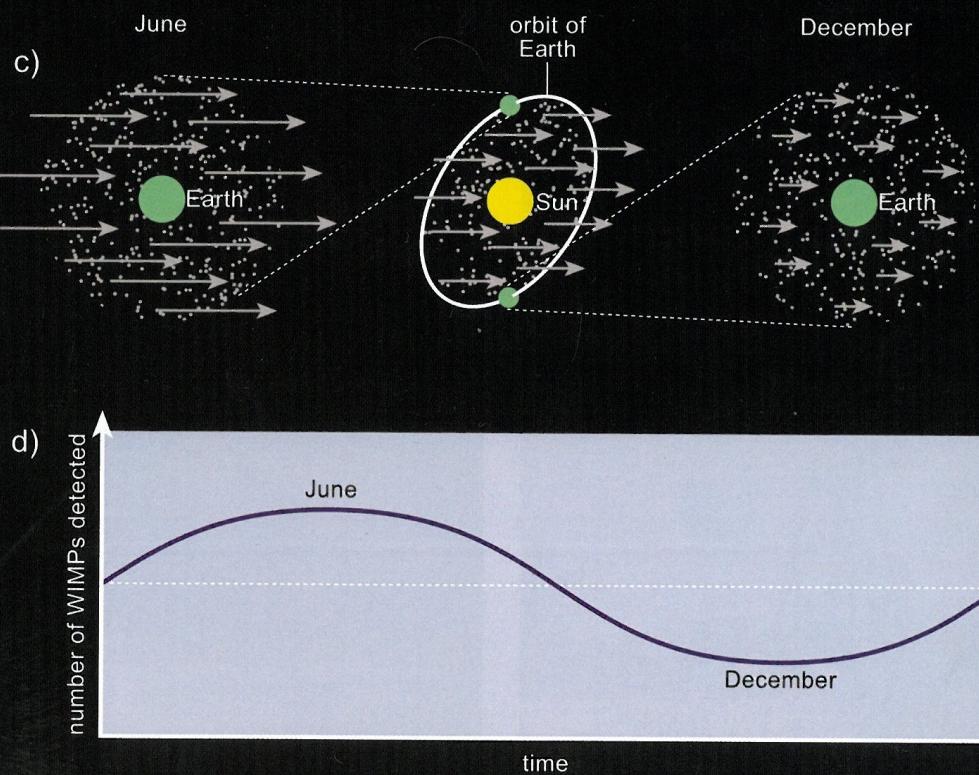
= slabé čočkování kosmologickým rozložením hmoty



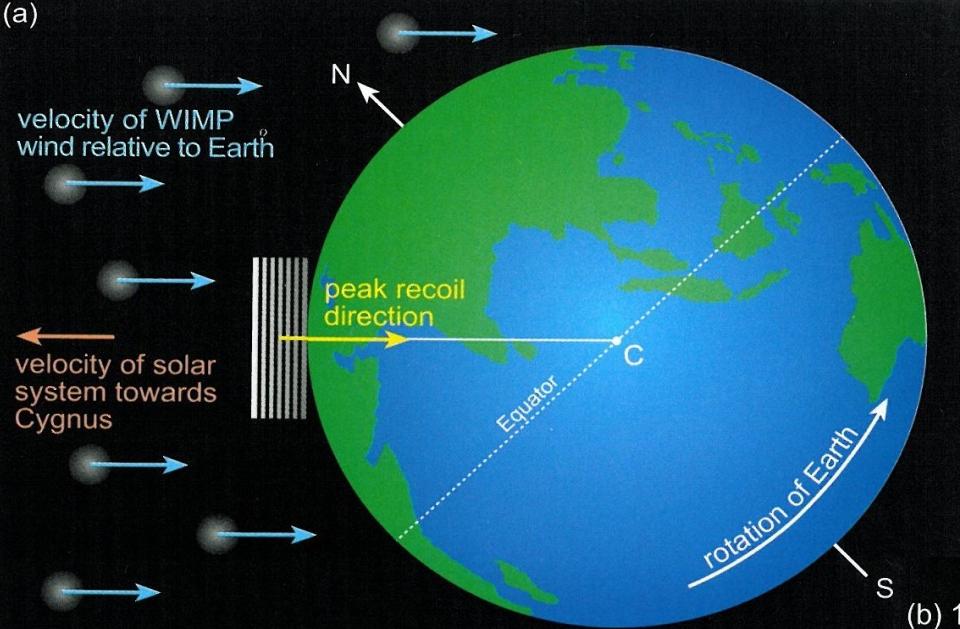
a)



Sezónní variace v detekci WIMPů

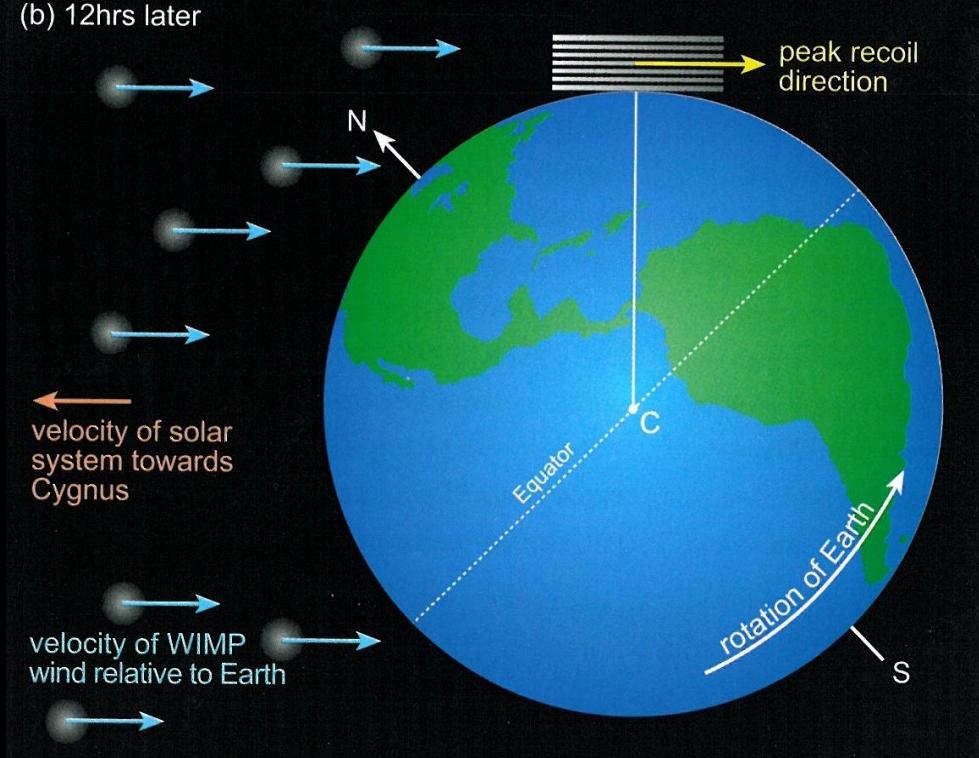


(a)



Denní variace v detekci WIMPU

(b) 12hrs later



MIKROSVĚT \leftrightarrow MAKROSVĚT

LHC, Fermilab, ...
 Cern Chicago

fermions				bosons
quarks	U up	C charm	T top	photon
leptons	D down	S strange	B bottom	gluon
	electron neutrino	muon neutrino	tau neutrino	Z boson
	electron	muon	tau	W boson
	I	II	III	force carriers
				matter families

Temná hmota (v galaxiích, kupach...)

WIMPs Weakly Interacting Massive Particles

supersymetrické částice (LSP = lightest sp)

NEUTRALINO $\sim 100 \times$ těžsí než p, n

$\tilde{\chi}_i^0$, $i=1, \dots 4$ 4 stavů
 Kombinace

Zina (od Z bosonu), Higgsina (neutr. Higgs b.)
 fotina (od fotona)

Kosmologická konstanta Λ

- „temná energie“

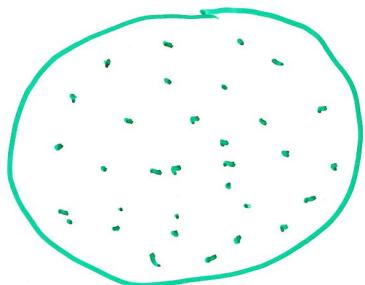
gravitace
(křivost
prostoru)

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R + \Lambda g_{\mu\nu}$$

$$= \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

hmota

„repulze“ na kosmol.
škalách

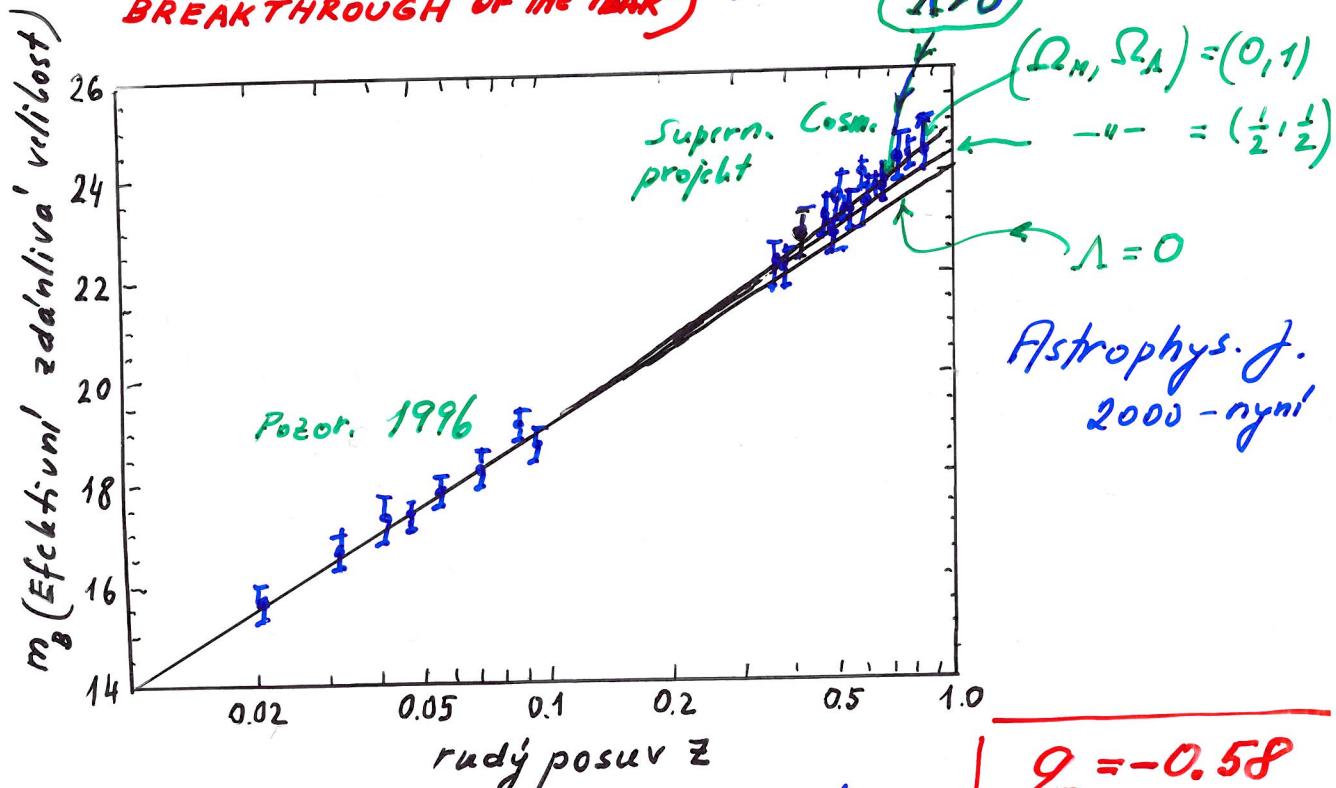


Einsteinův statický vesmír
(1917, F.X. Šalda 1928)

„gravitace kompenzována Λ “

Evidence pro $\Lambda > 0$ [Supernova Cosmology]

(18.12.98 Science: the top „SCIENCE BREAKTHROUGH OF THE YEAR“) Project, 1998 ... 2008...]



$$1+z = \frac{a(t_0)}{a(t)} \quad (v=cz \dots)$$

rudý posuv z

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

$q_0 = -0.58$
EXPANZE SE
URYCHLUJE

Supernovy typu Ia jako standardní svíčky

Ann. Rev. AA 2007

2 velké tyčny

SCP "Supernova Cosmology Project" *)

HZT "High-Z Supernova search Team"

... takřka ident. výsledky (Harvard)

*) <http://www-supernova.LBL.gov>

progenitři bývají typicky v těžké droj hruškové akrece - Chandras. met ... zapálení C vnitru
→ řík - rozpad WD --> par vterinách do kobaltu a železa

Data ze 79 výbuchů SN Ia $\Rightarrow (m, z) \Rightarrow$

$(\Omega_M, \Omega_\Lambda)$ -diagram

$$\Omega_M = \frac{\rho_{\text{matter}}}{\rho_{\text{crit}}}$$

$$\Omega_\Lambda = \frac{\rho_\Lambda}{\rho_{\text{crit}}}$$

\Rightarrow

$$\Omega_\Lambda \approx 1.3\Omega_M + (0.3 \pm 0.2)$$

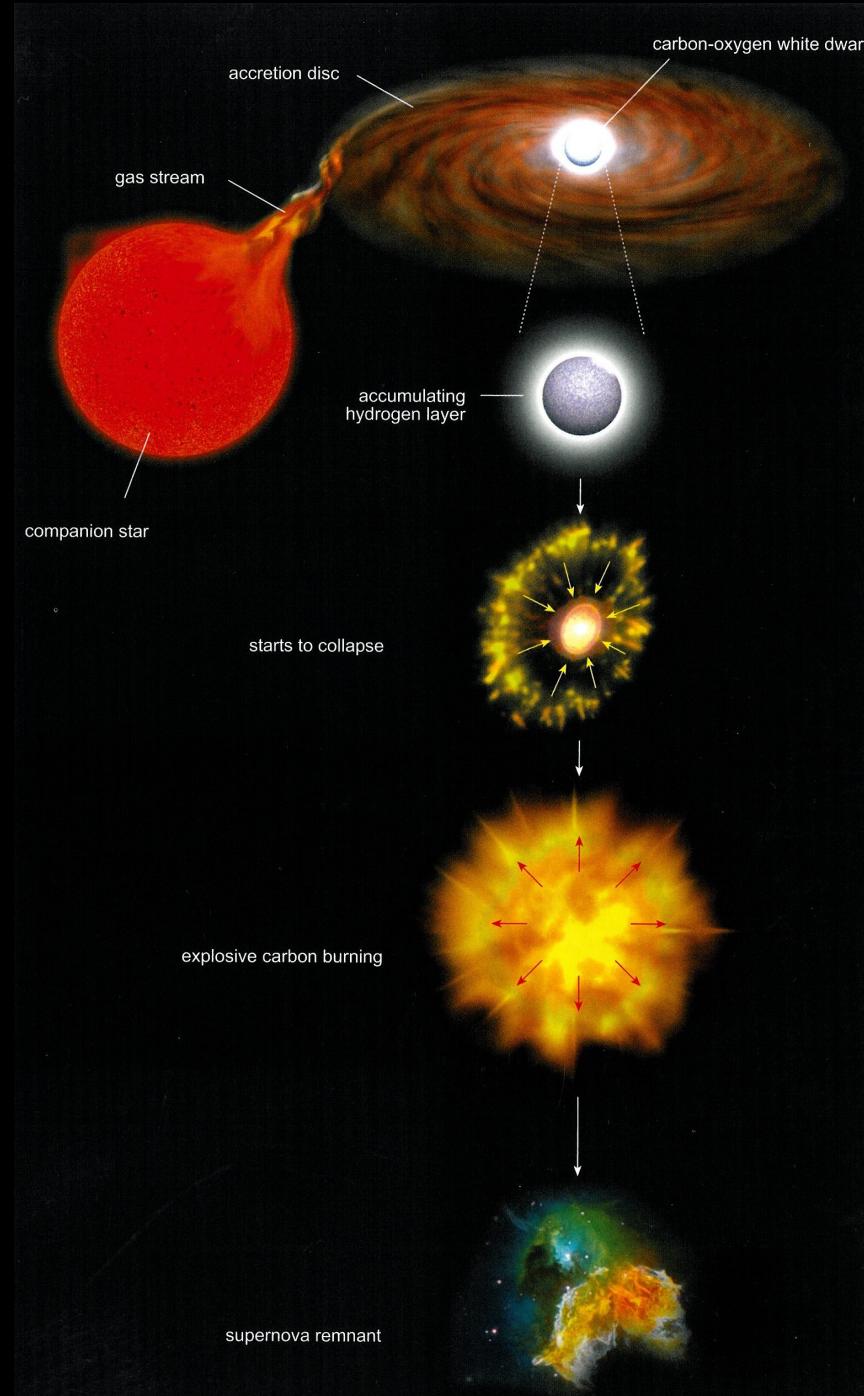
příte $\Omega_\Lambda \neq 0$

naučisko \Rightarrow CMB ... $k \approx 0$

musí být asi 70% ρ ve formě ρ_Λ

Kvintesence ... - Φ

Supernova



Power in fluctuations

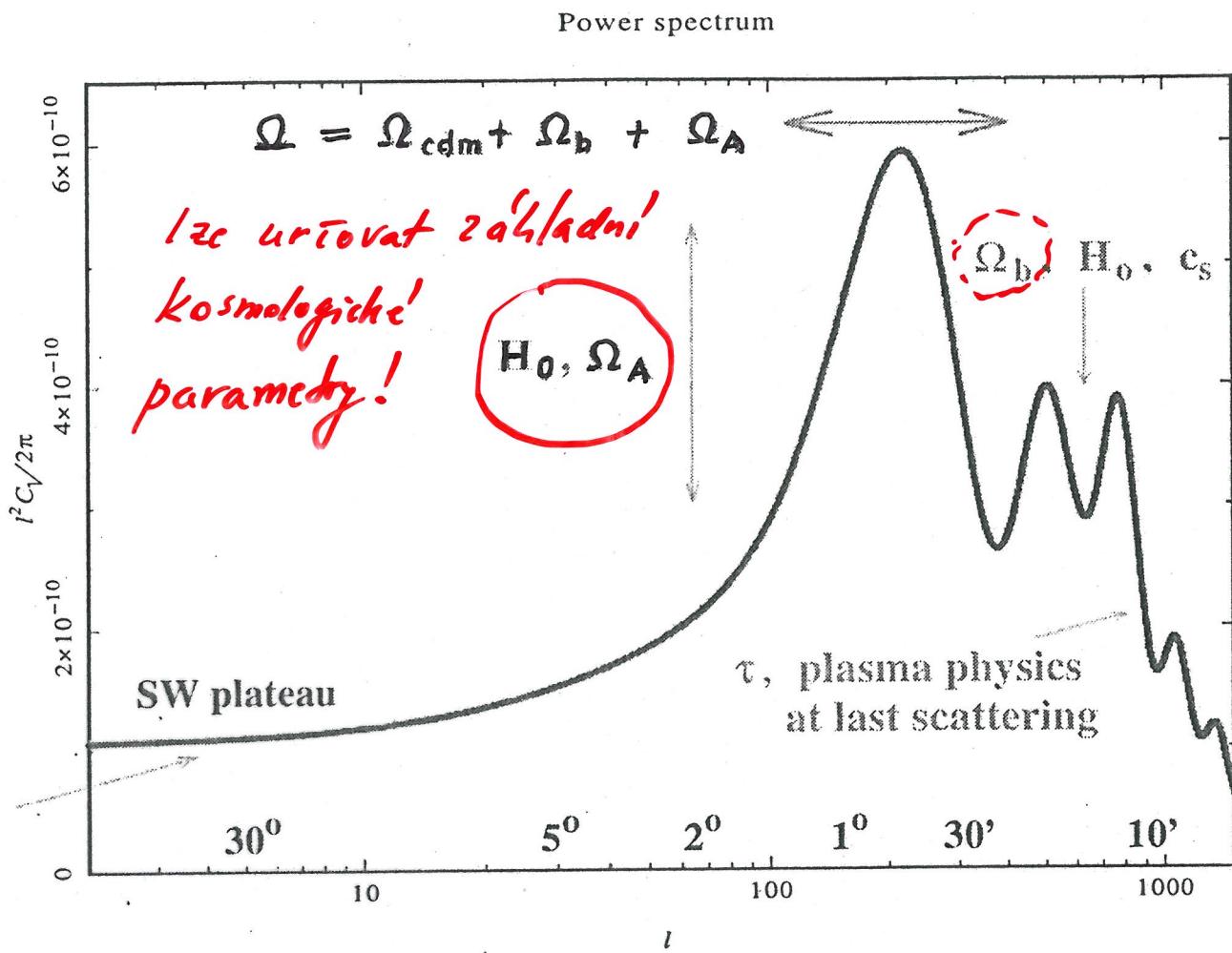


Figure 1. Schematic form of expected CMB power spectrum, showing important dependences.

$$\Omega_b = \frac{\rho_{\text{baryon}}}{\rho_{\text{crit}}}, \quad \Omega_{\text{cdm}} = \frac{\rho_{\text{cdm}}}{\rho_{\text{crit}}}$$

↑
„cold dark matter“

$$\Omega_A \equiv \Omega_A = \frac{\rho_A}{\rho_{\text{crit}}}$$

↑
“acceleration”

$$\frac{\Omega_b}{\Omega_{\text{cdm}}} \sim \frac{1}{6}$$

5% „normální“ hmota
25% temná hmota, 70% „Λ“

"Kosmická harmonie":

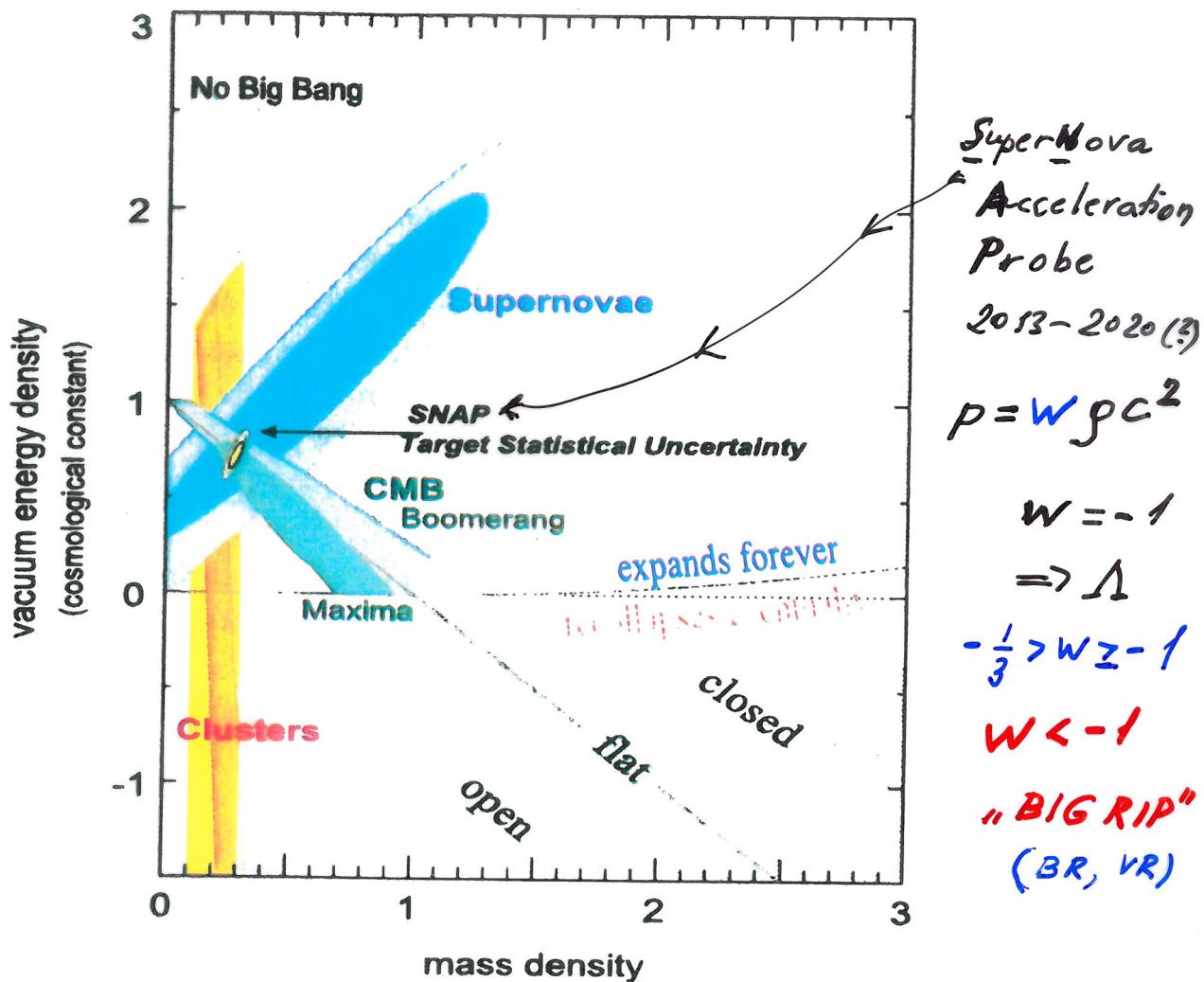
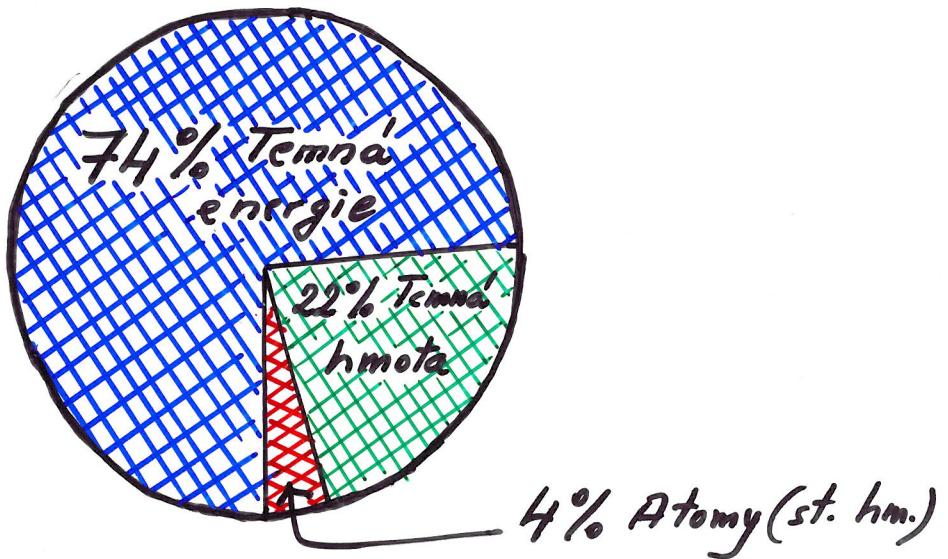


FIG. 4: The $\Omega_m^{(0)}$ - $\Omega_\Lambda^{(0)}$ confidence regions constrained from the observations of SN Ia, CMB and galaxy clustering. We also show the expected confidence region from a SNAP satellite for a flat universe with $\Omega_m^{(0)} = 0.28$. From Ref. [106].

"Známe pouze
4% hmoty
(-5%)



Nesnesitelná lehkost prostoročaslu

- Proč je pozorovaný kosmologický člen Λ tak malý ($\Lambda_{\text{pos}} \approx 10^{-55} \text{ cm}^{-2}$)?

- Proč hodnoty, které plynou přirozeně z fyz. teorií jsou o mnoho řádu větší!

$$\tilde{\Lambda} = 10^{120} \Lambda_{\text{pos.}}$$

Obecná relativita:

všechny druhy energie vyvolávají gravitaci

V moderní fyzice vakuum má bohatou strukturu i hmotu - energii díky kvantovým fluktuacím

↔ odpovídají $\tilde{\Lambda}$

⇒ TEMNÁ ENERGIE

Pozorovaná vakuová energie je "úžasně"
nepatrná ^{"LEHKA"} z perspektivy mikrosvěta,
ale důležitá z kosmologické perspektivy

(PROBLÉM Λ)

Proč vede ke zrychlené expanzi?

✓ OTR zdroj gravitace hustota + $3 \frac{\text{tlak}}{\text{c}^2}$
"TLAK Λ " je záporný → "ANTIGRAVITACE"

Antropické principy | a jejich smysl

I. Slabý antropický princip

Povaha vesmíru a naše umístění v něm jsou nutně kompatibilní s naší existencí jako pozorovatelů

Selekční role - naše existence silně ovlivňuje typ vesmíru, který můžeme pozorovat a dokumentovat;

fyzikální procesy a složení hmoty musí být takové, že pomalé evoluční procesy budou mít čas produkovat inteligenci z neživé hmoty
(běžný fakt: bereme v úvahu možné dané našimi „měřicími přístroji“)

Antr. princ. sjednocuje různé poznatky - jazyk
FYZIKA - CHEMIE ... BIOLOGIE ... problém
existence života

Např. zajímavá otázka: jak můžeme měnit podmínky, aby „jisti“ mohl vzniknout život
např. gravit. konstanta jen $G \rightarrow G \pm \frac{G}{10^{40}}$

Kvantová (teorie) gravitace

Obecná teorie relativity

(nejlepší teorie hmoty, gravitace, prostoru a času v terestrických, galaktických, kosmologických měřítkách)

$$G = 6.67 \times 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g sec}^2$$

gravit. konstanta

$$c = 2.99 \times 10^{10} \text{ cm/sec}$$

rychlosť svetla

Kvantová mechanika

(nejlepší teorie hmoty, polí v terestrických a (sub)atomárních měřítkách)

$$\hbar = 1.05 \times 10^{-27} \text{ g cm}^2/\text{sec}$$

Planckova konst.

Obč „univerzální“; o spojení OTR a KM do jednotné, konzistentní teorie úsilí přes 1/2 století - Eugen Wigner

Planckova

$$\text{délka } \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1.6 \times 10^{-33} \text{ cm}$$

$$\text{hmota } \sqrt{\hbar c / G} = 2 \times 10^{-5} \text{ g}$$

$$\text{hustota } = 5 \times 10^{93} \text{ g/cm}^3$$

$$\text{čas } \sqrt{\hbar G / c^5} = 5.3 \times 10^{-44} \text{ sec}$$

OBECNÁ RELATIVITA \Rightarrow OBLASTI NEAPLIK.

Hlavní kandidáti posledních ~20 let:

a) TEORIE STRUN (STRING THEORY)

b) SMYČKOVÁ KVANTOVÁ GRAVITACE

(LOOP QUANTUM GR.)

ad a) částice i pole; inspirace matem. (Richter)
x závislost na „pozadi“ (background dep.)
nejednoznačnosti - vysší dimenze

krajina (landscape) různých 'vakui'

$10^{500}!! \rightarrow$ antropický princip
MULTIVERZUM

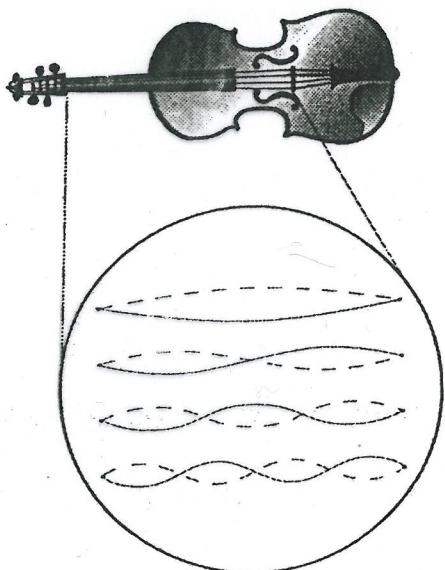
ad b) hlavní důraz na prostor a čas;

3+1 dimenze; formulace nezávislá
na pozadi'

x teorie částic, pochopení klasické
limity (jak „obyčejný“ Minkowskijho
prostor čas speciální teorie relativity?)
nejednoznačnosti matem. charakteru

Elementární objekty jsou 1-dim. (Super)

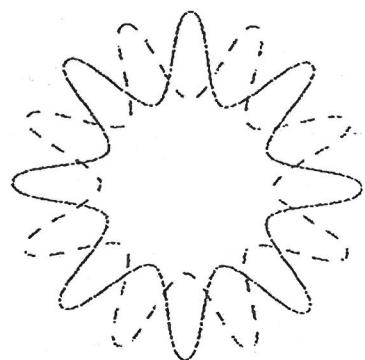
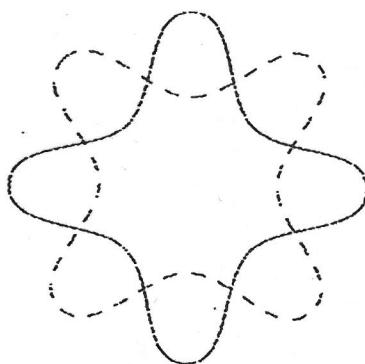
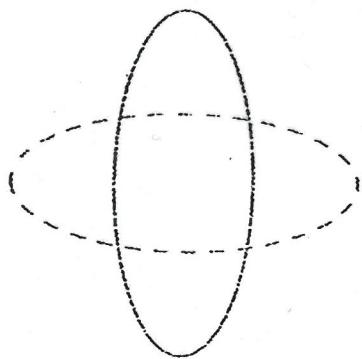
(nikoliv
bodové
částice)



Struny

Na houslích mohou struny kmitat v určitých resonančních formách (počet maxim a minim přesně padne mezi konci)

V teorii strun smyčky mohou kmitat v určitých resonančních formách podobně jako housle RŮZNÉ FORMY ↔ RŮZNÉ ČÁSTICE



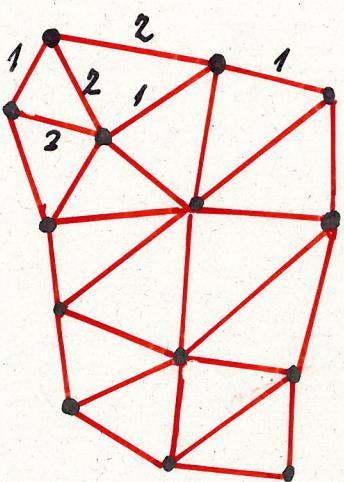
← L_{Planck} →

$$= \frac{\hbar}{M_P c} = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 10^{-33} \text{ cm}$$

urychlovací : 10^{-16} cm

\hbar ... Planckova konstanta
 G ... gravitační k.
 c ... rychlosvětla

Smyčková kvant. gravitace



spin network

reprezentuje "kvantový stav"

geometrie (gravitace)

na 3 dim nadploše

je to vlastní stav operátora
plochy \sum_j , jehož vlastní hodnoty
jsou diskrétní

$$A_{\Sigma} = 8\pi l_{\text{Planck}}^2 \sum_i \sqrt{j_i(j_i+1)}$$

mací průsecíky

spin-network a Σ

$$j_i = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, \dots$$

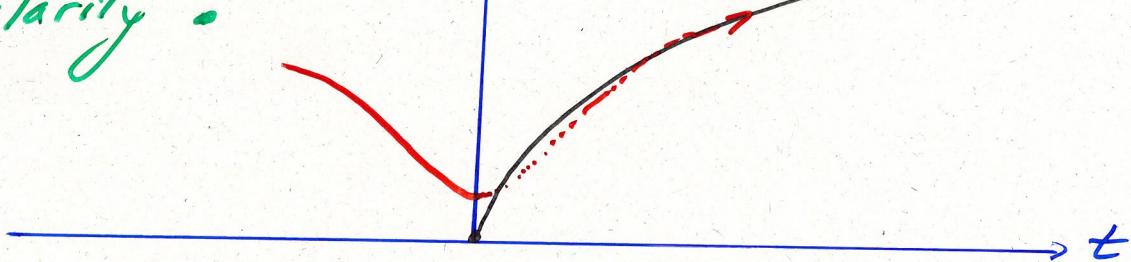
nejmenší možná plocha vypadá $l_{\text{Pl}}^2 \approx 10^{-66} \text{ cm}^2$

Smyčková kvantová kosmologie

2001: Bojowald aj.: Smyčková kvant. Kosmologie
odstraněuje singularitu hmoty a křivosti
v big bangu — veníká bounce (+ odraz, odskok)

odstranění singularity?

"rozmír (objem) vesmíru"



„Vždy budou duchové...
kteří budou usilovat, aby spojenou
mocí poznání a snů, vědy a poezie,
vytvořili jednotný obraz vesmírného
dění, jenž by stejně odpovídal
věcnému prahnutí lidského ducha
po harmonii a kráse, i živni
srdce po spravedlnosti.“

Otočar Brčina v dopise
prof. Františku Novotnému
7. 2. 1920