

10 objevů....



Petr Kulhánek

České vysoké učení technické v Praze

Hvězdárna a planetárium hl. m. Prahy

Univerzita Palackého

Aldebaran Group for Astrophysics

kulhanek@aldebaran.cz

www.aldebaran.cz

10 objevů....



1. rekonekce
2. geneze slunečního větru, ohřev koróny
3. gama záblesky v atmosféře
4. hranice kvantového světa
5. Malý třesk
6. WMAP – určení parametrů vesmíru
7. temná energie = energie vakua?
8. extradimenze a vesmír
9. měření zakřivení času v mikrosvětě
10. Hawkingovo záření v laboratoři?



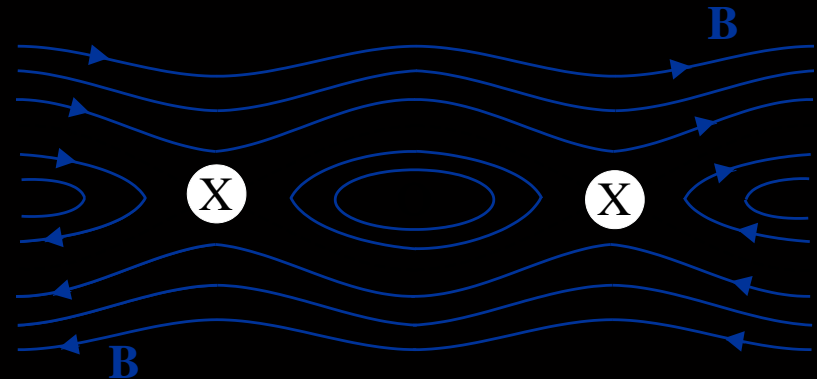
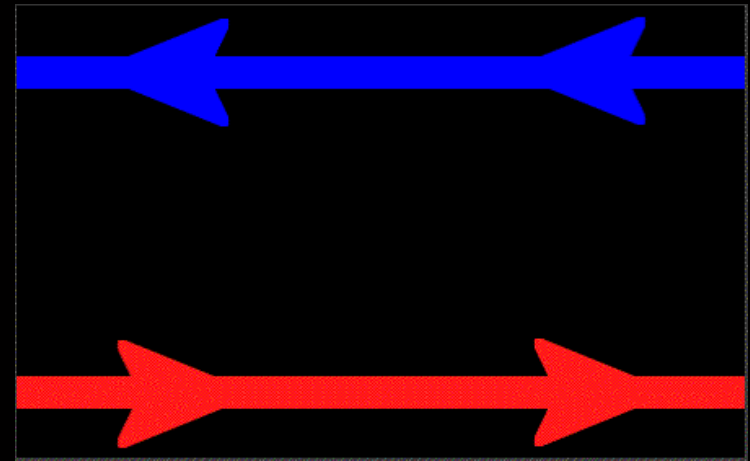
1. Rekonekce

$$\tau_R \propto L^2 \sigma \mu_0$$

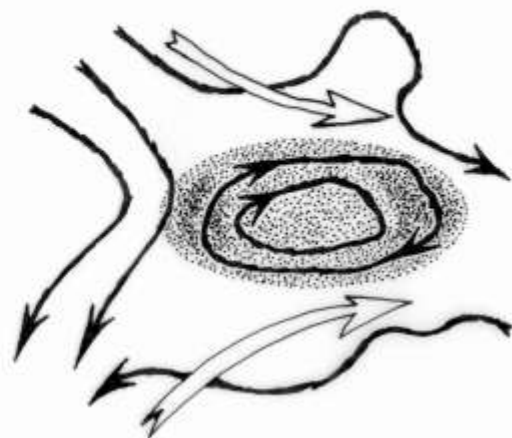
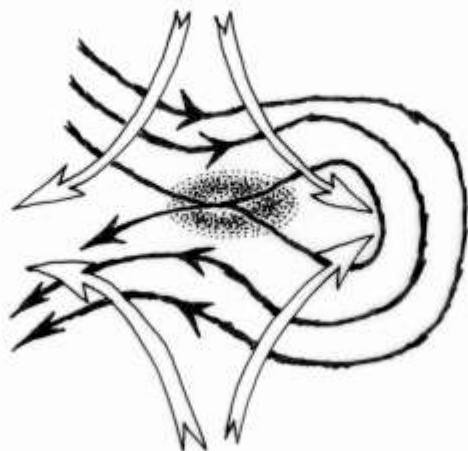
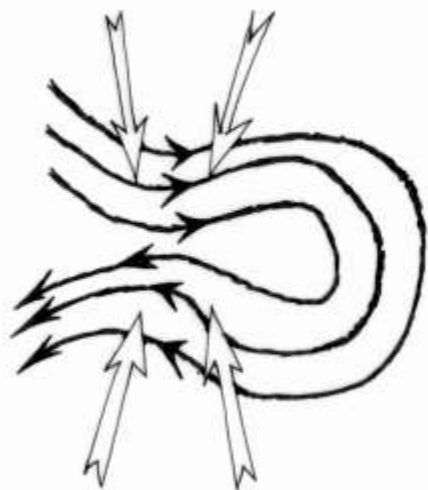
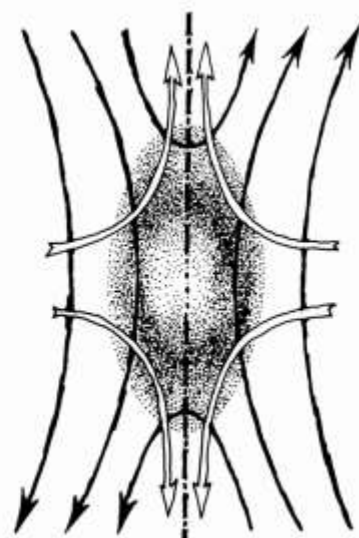
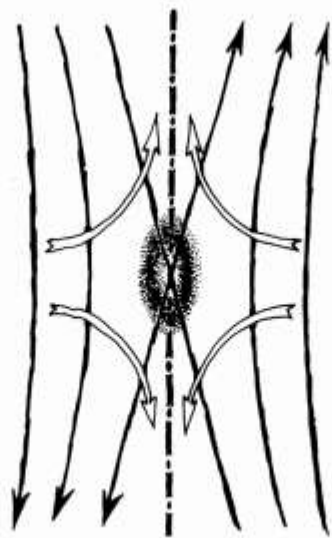
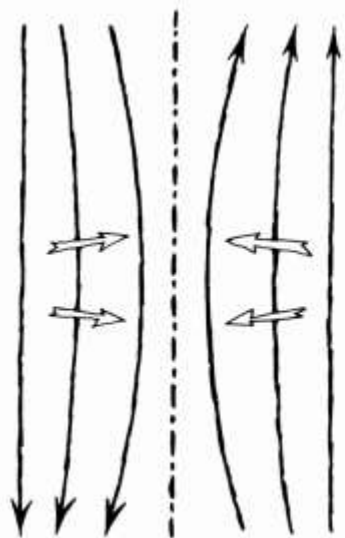
$$\tau_A \propto \frac{L}{v_A} = \frac{L \sqrt{\mu_0 \rho}}{B_0}$$

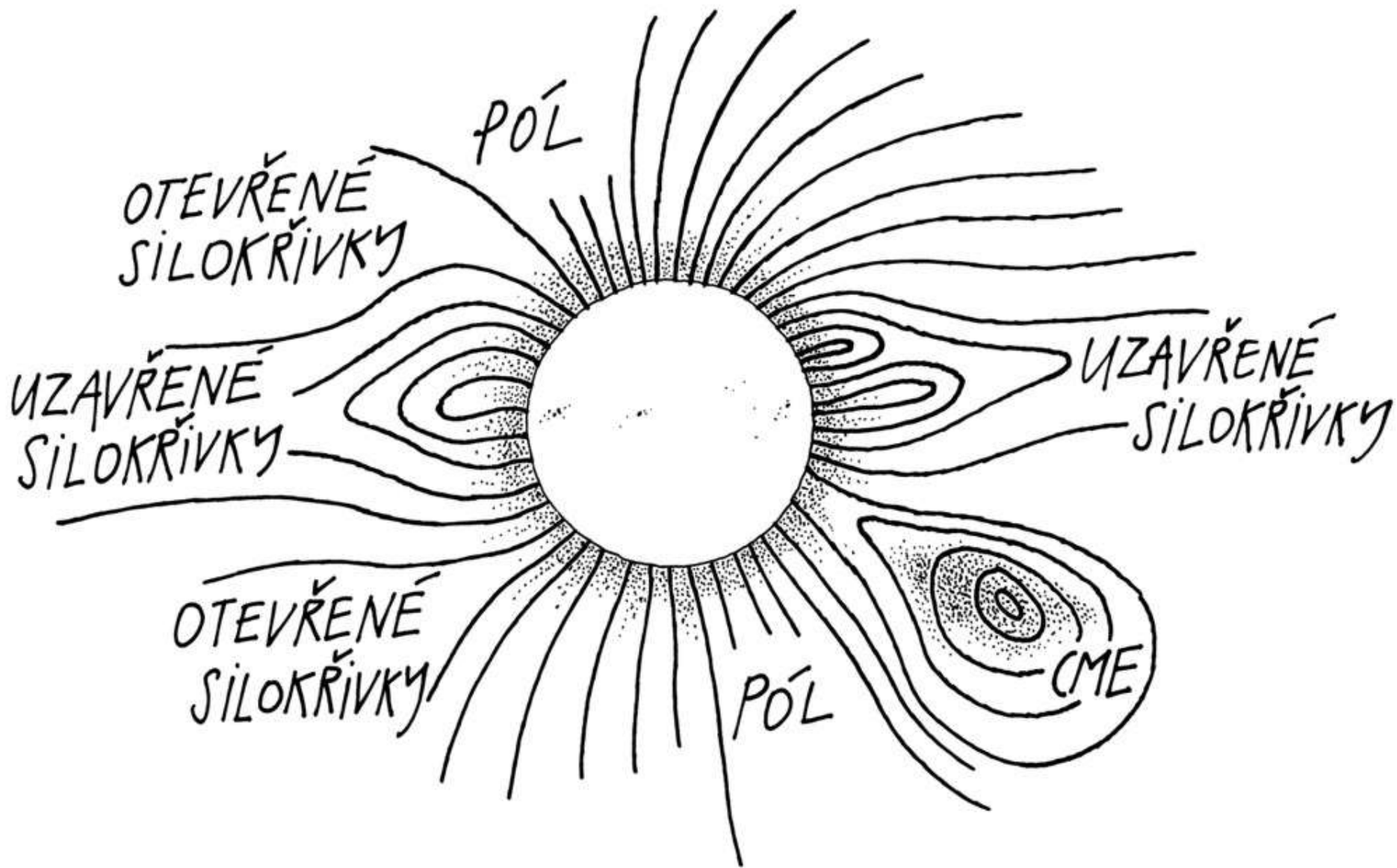
$$\tau_{\text{REC}} = \sqrt{\tau_R \tau_A}$$

Plazma	$t_{\text{rez}} \text{ (s)}$	$t_{\text{Alf}} \text{ (s)}$
oblouk	10^{-3}	10^{-3}
tokamak	1	10^{-8}
jádru Země	10^{12}	10^5
sluneční skvrna	10^{14}	10^5
sluneční koróna	10^{18}	10^6



Sweetův-Parkerův model, Petčekův model, 3D rekonekce





Sluneční vzplanutí

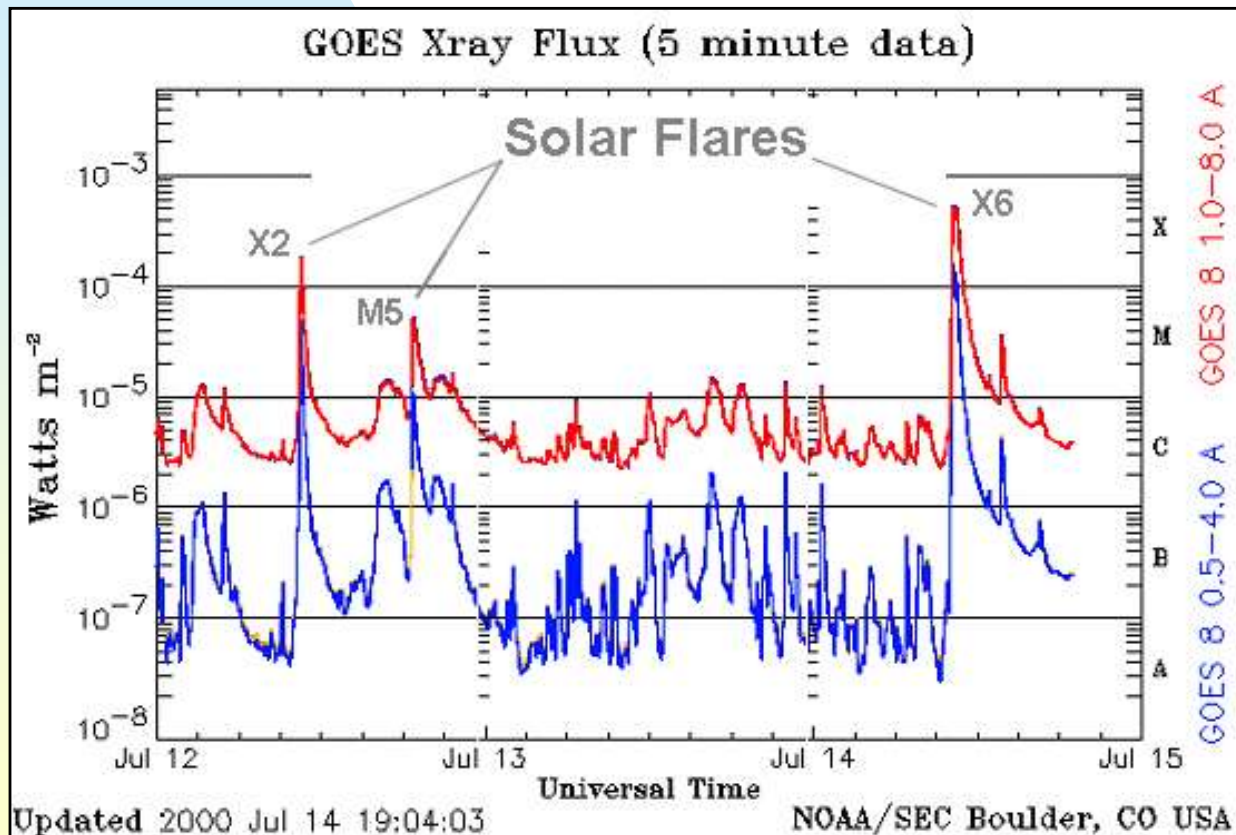
Klasifikace (0.1÷0.8 nm):

B: $< 10^{-6}$ W/m²

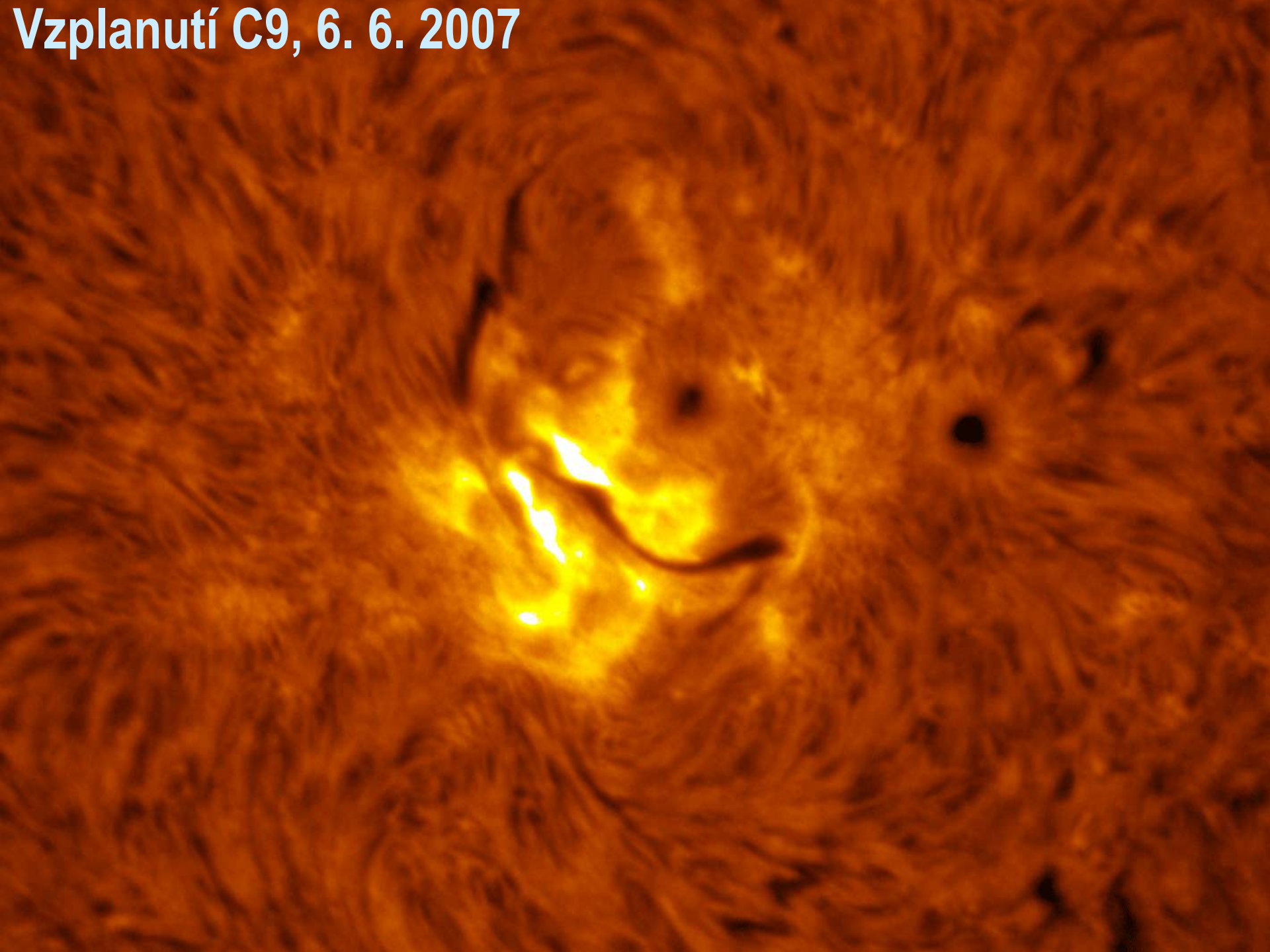
C: $10^{-6} \div 10^{-5}$ W/m²

M: $10^{-5} \div 10^{-4}$ W/m²

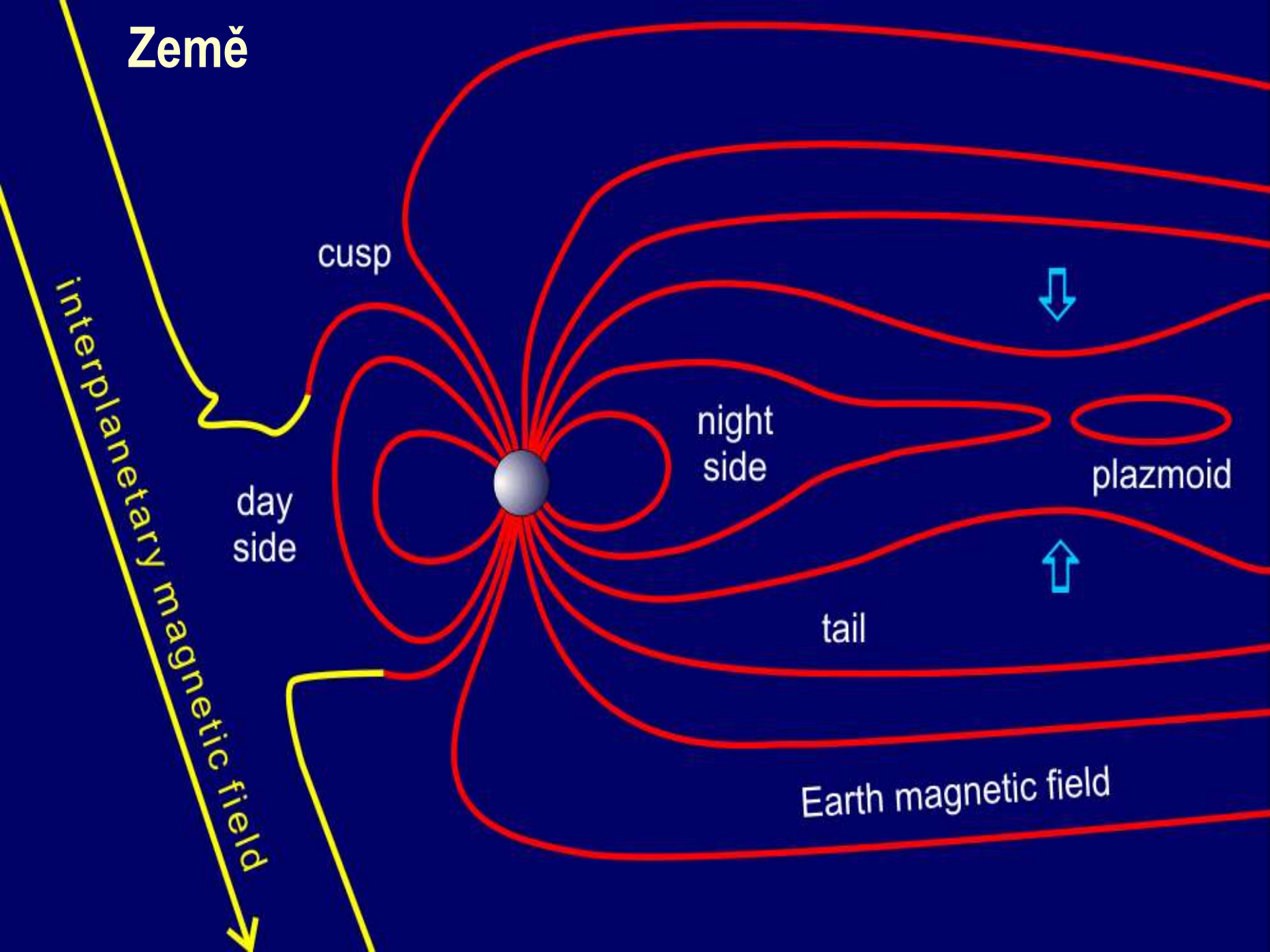
X: $> 10^{-4}$ W/m²



Vzplanutí C9, 6. 6. 2007



Země



cusp

day side

night side

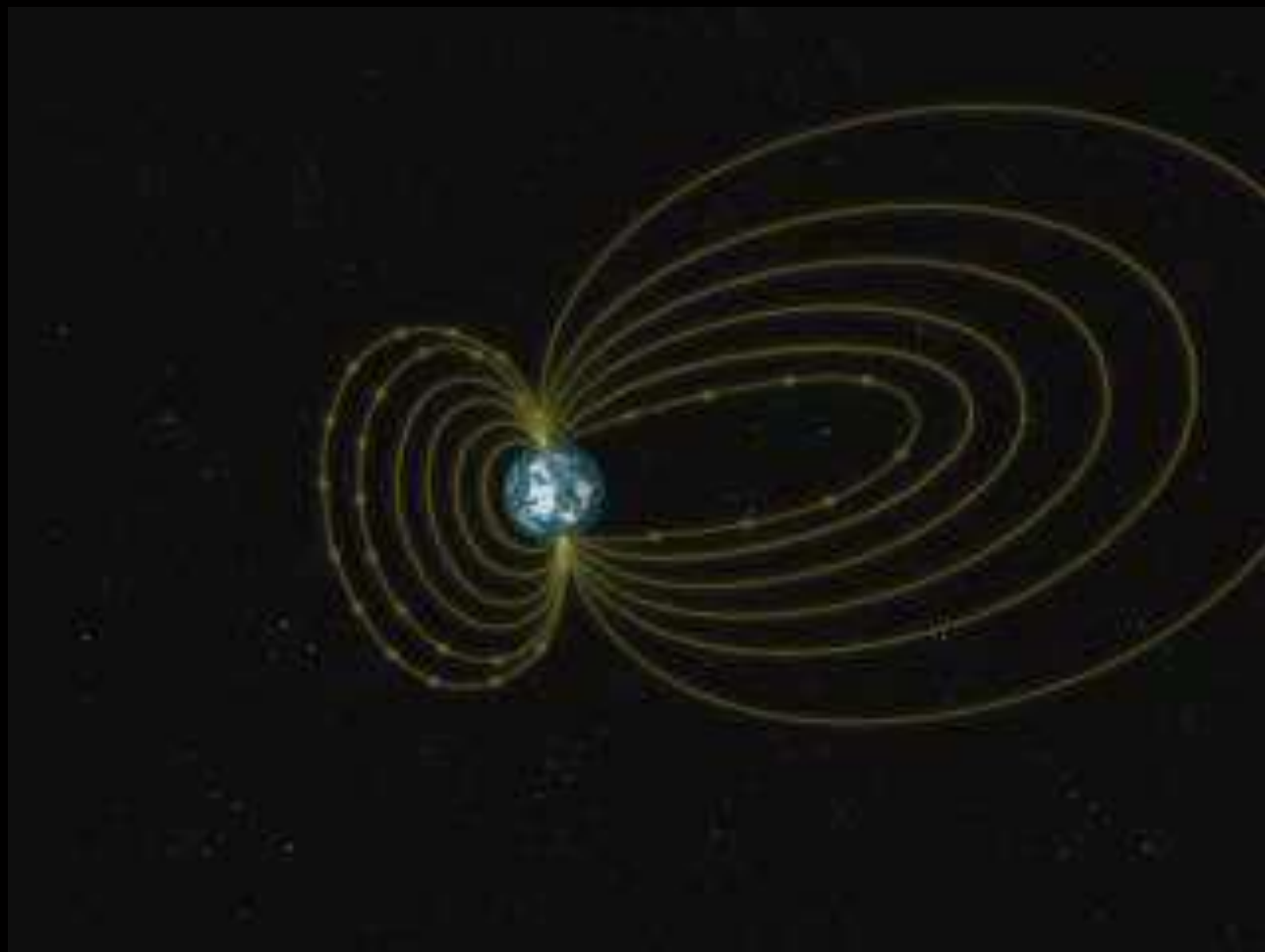
plazmoid

tail

Earth magnetic field

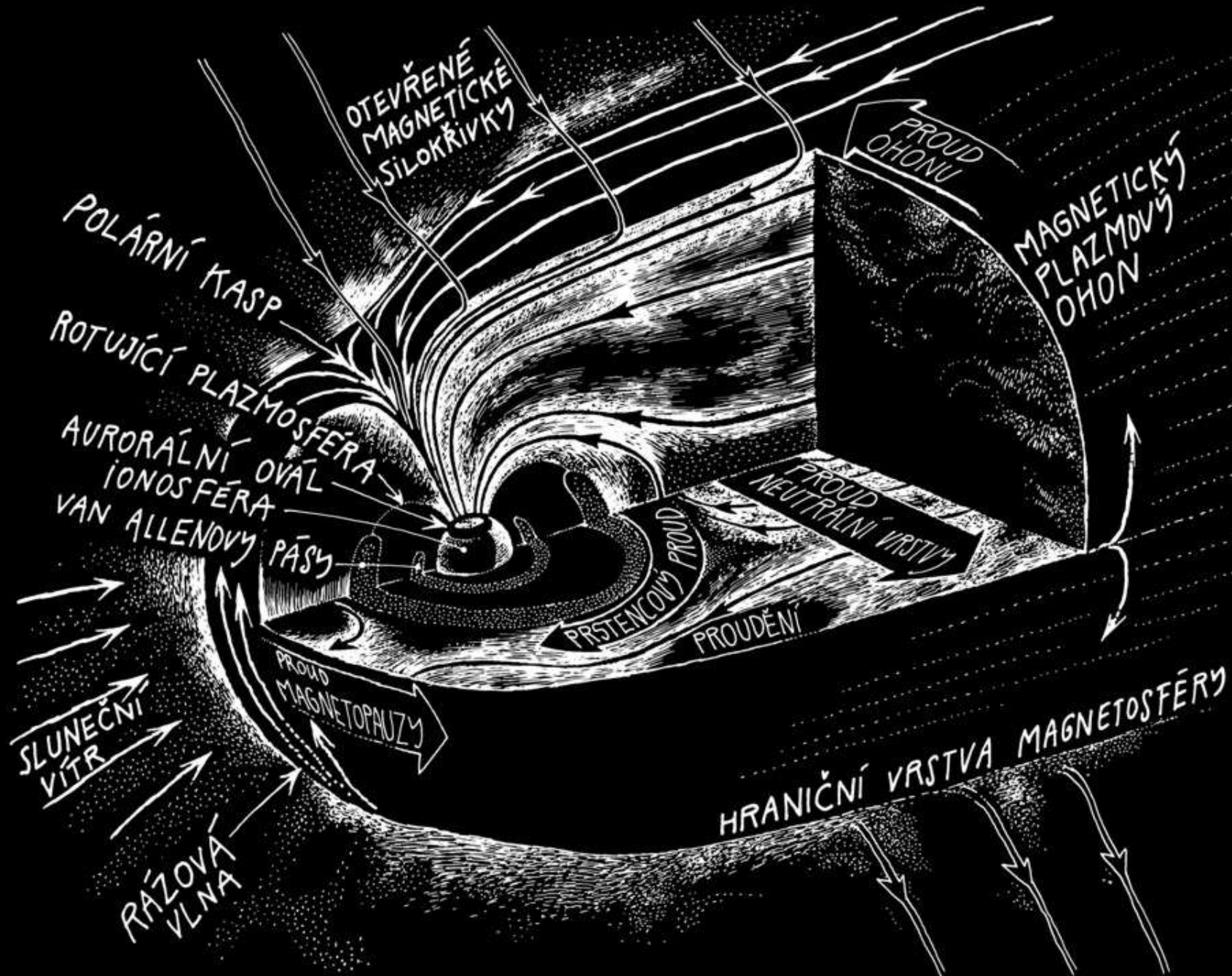
interplanetary magnetic field

Země





Země





4. 6. 1996, Ariane / Cluster

Double Star
TC-1

bow shock

magnetosheath

magnetopause

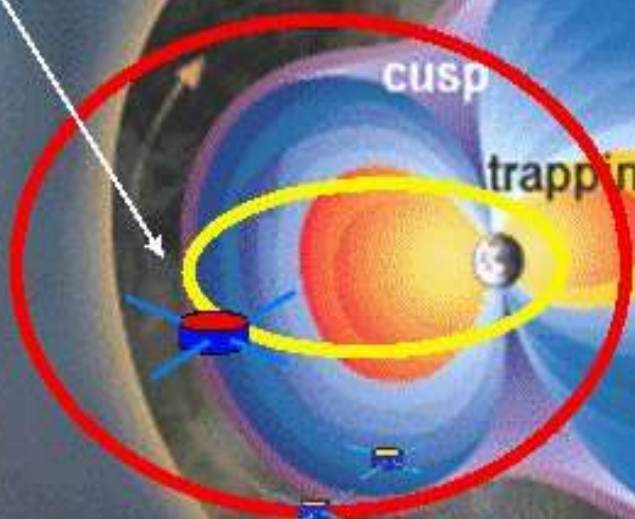
cusp

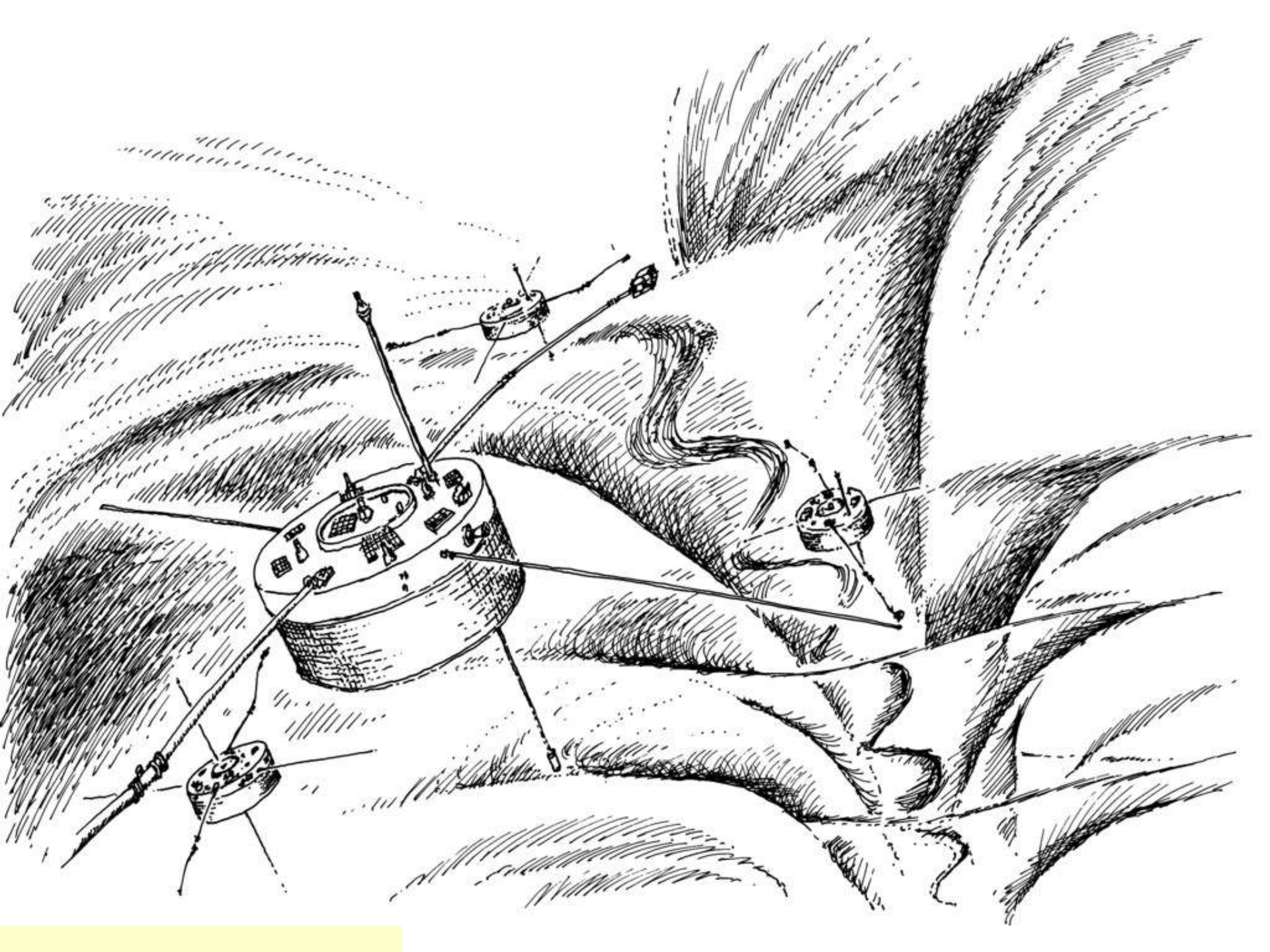
trapping region

neutral sheet

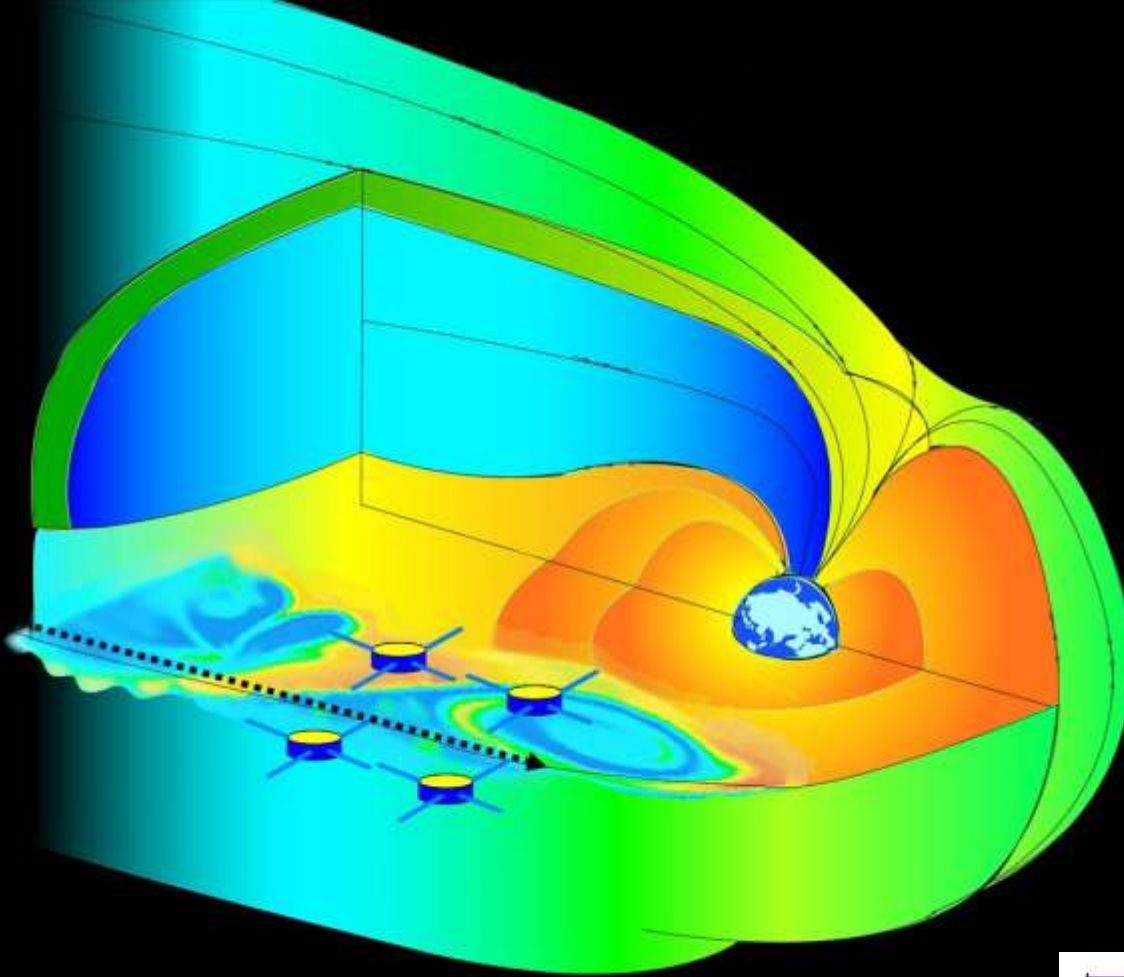
lobes

Cluster



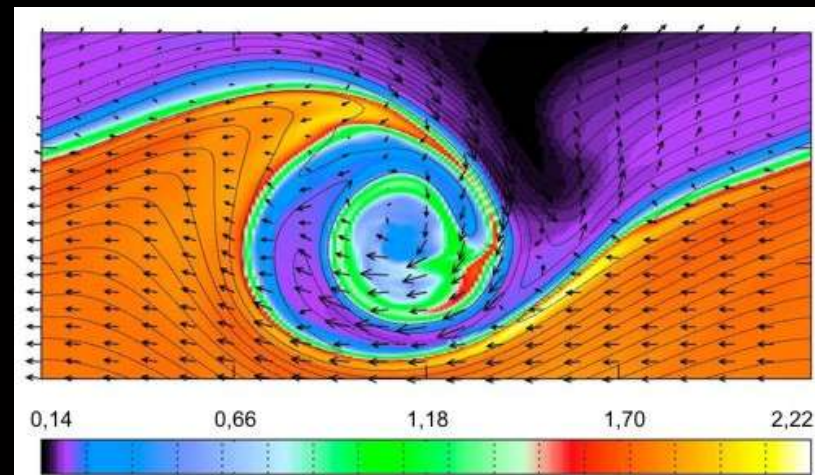






d ~ 40 000 km až 55 000 km
Kelvinova Helmholtzova nestabilita

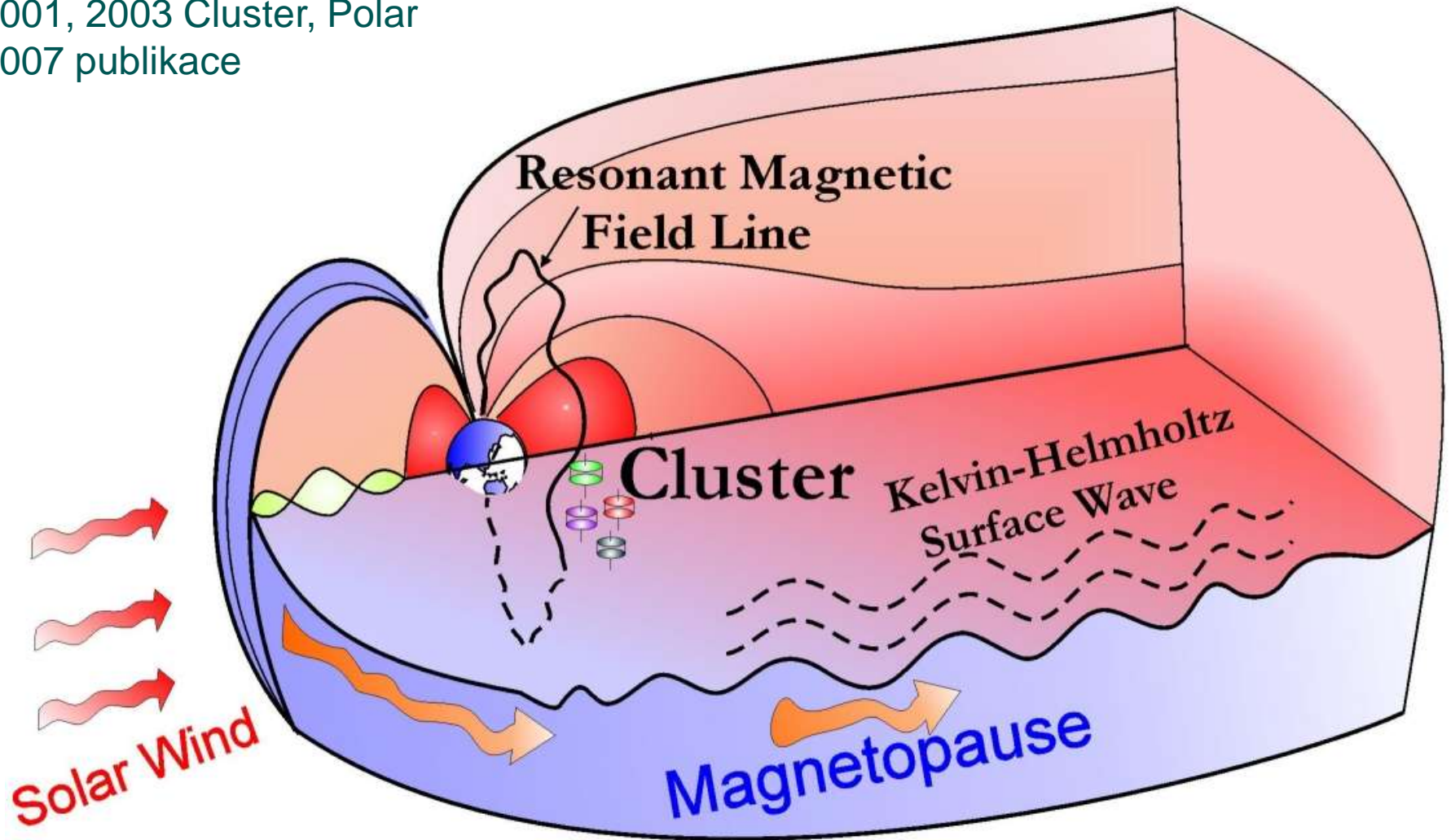
2001 – pořízení dat
2004 – zpracování
2006 – interpretace a pochopení



Cluster, víry na boku magnetosféry, prosinec 2006

Cluster, ULF vlny

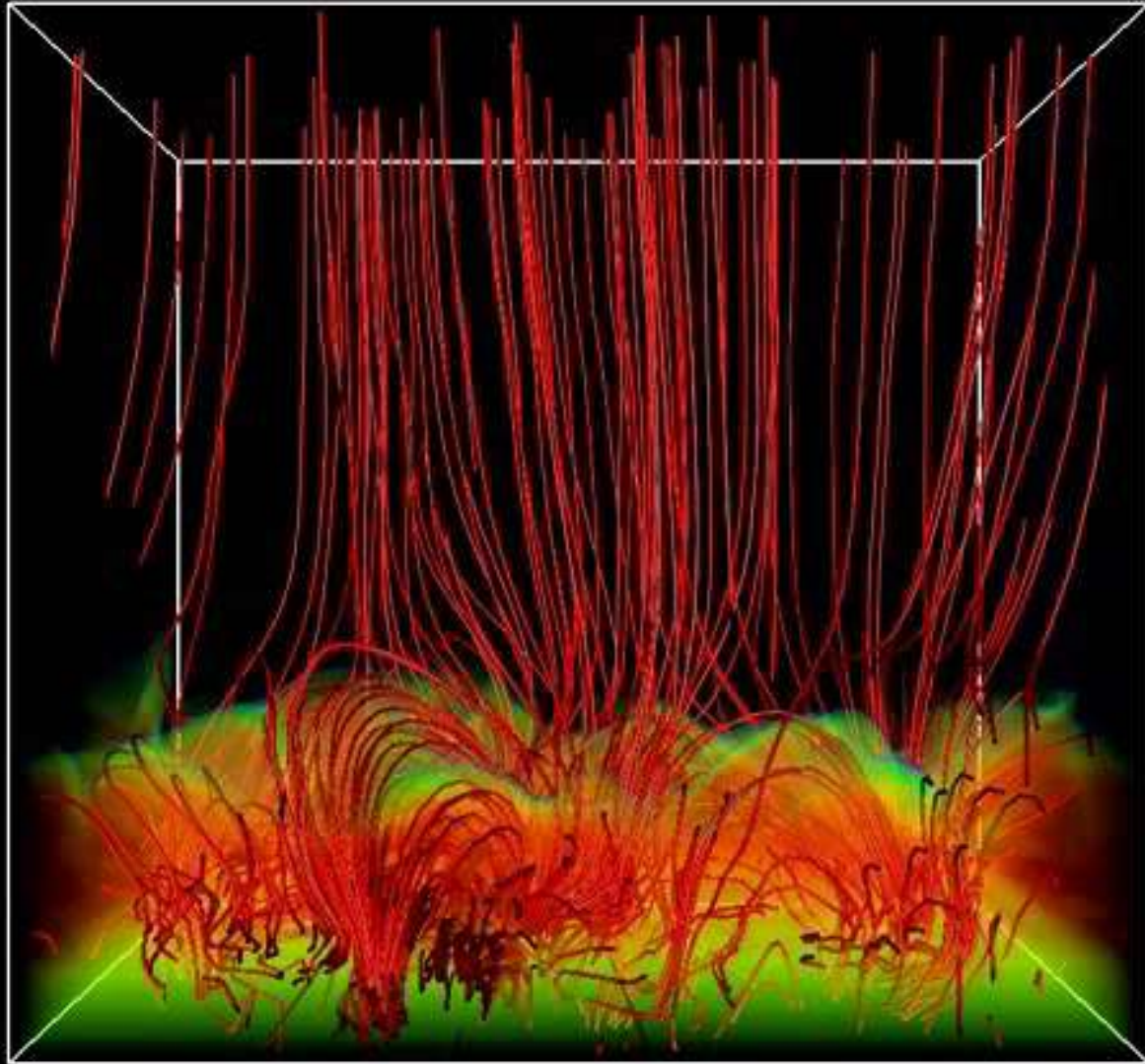
1859 – první pozorování ULF vln
2001, 2003 Cluster, Polar
2007 publikace

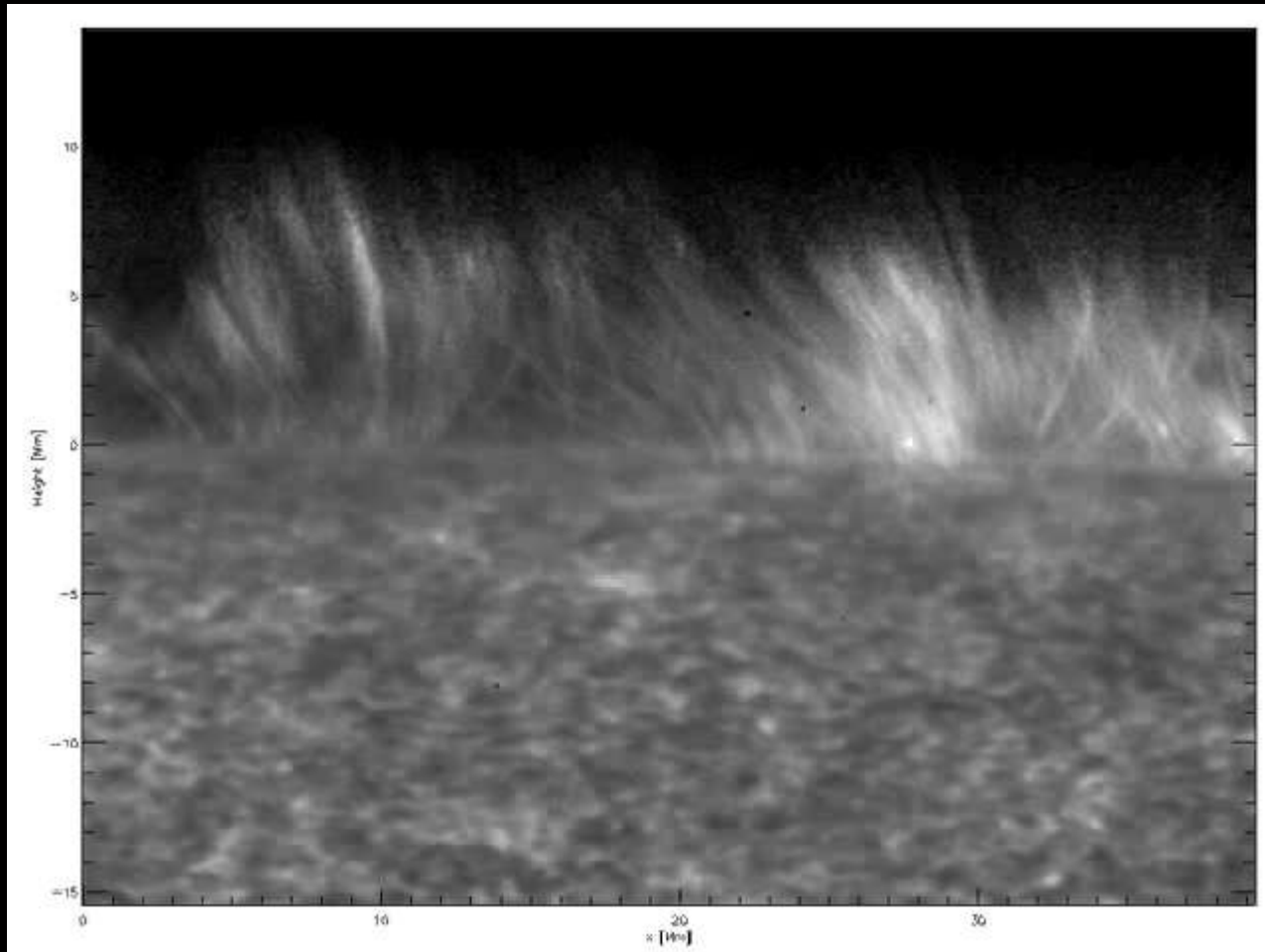


Cluster, GOES, NOAA, Polar, FCHU, Geotail – ULF vlny 2001 ----- zabijácké elektrony



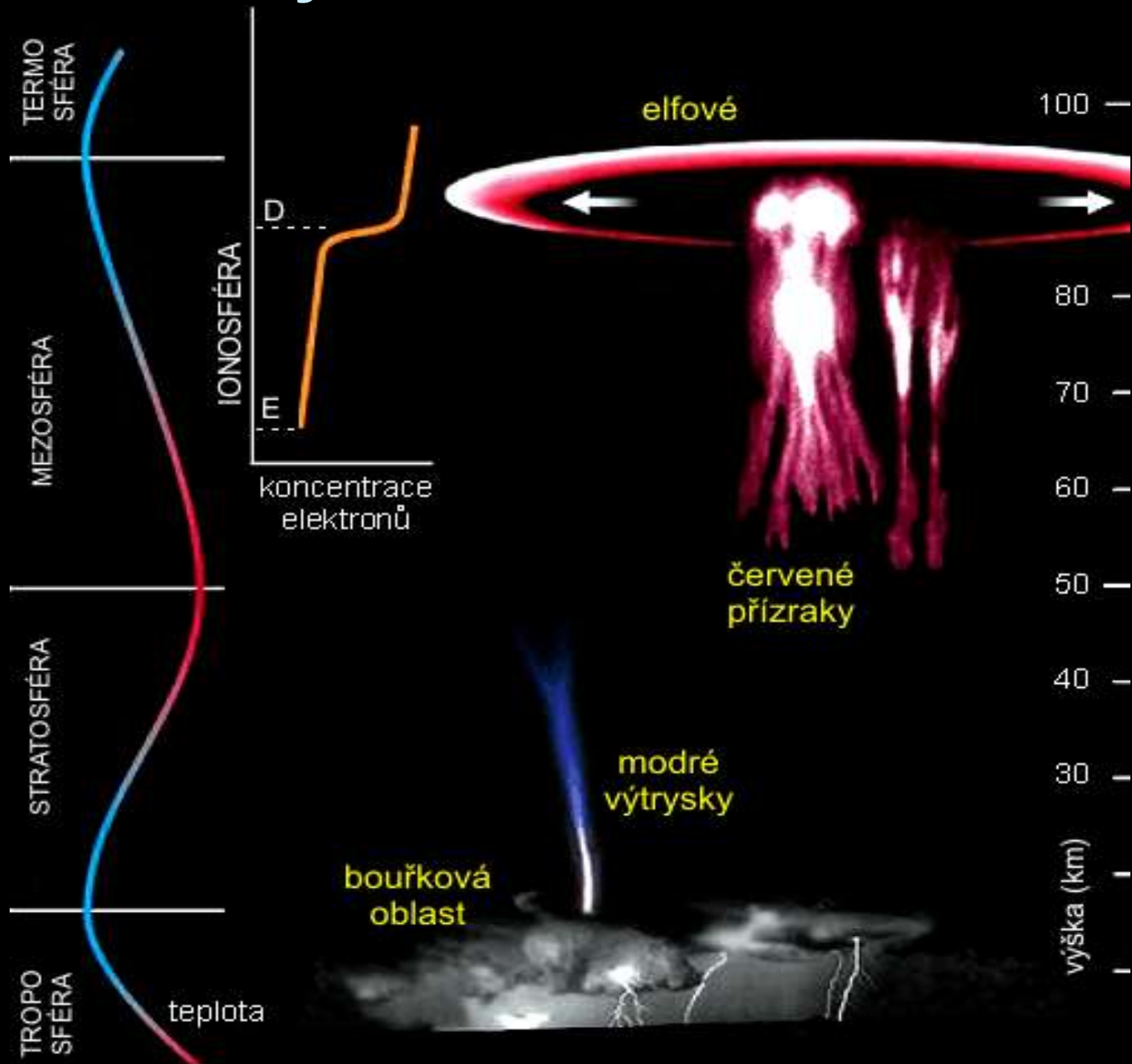
2. Geneze slunečního větru, ohřev koróny (Alfvénova vlna)

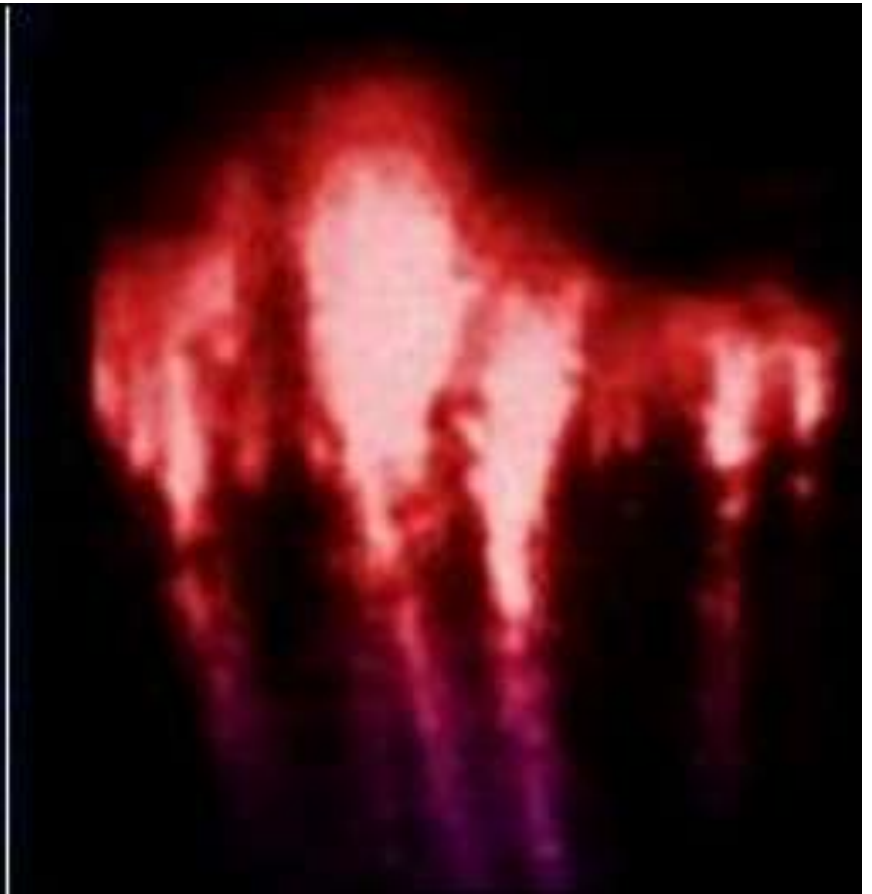
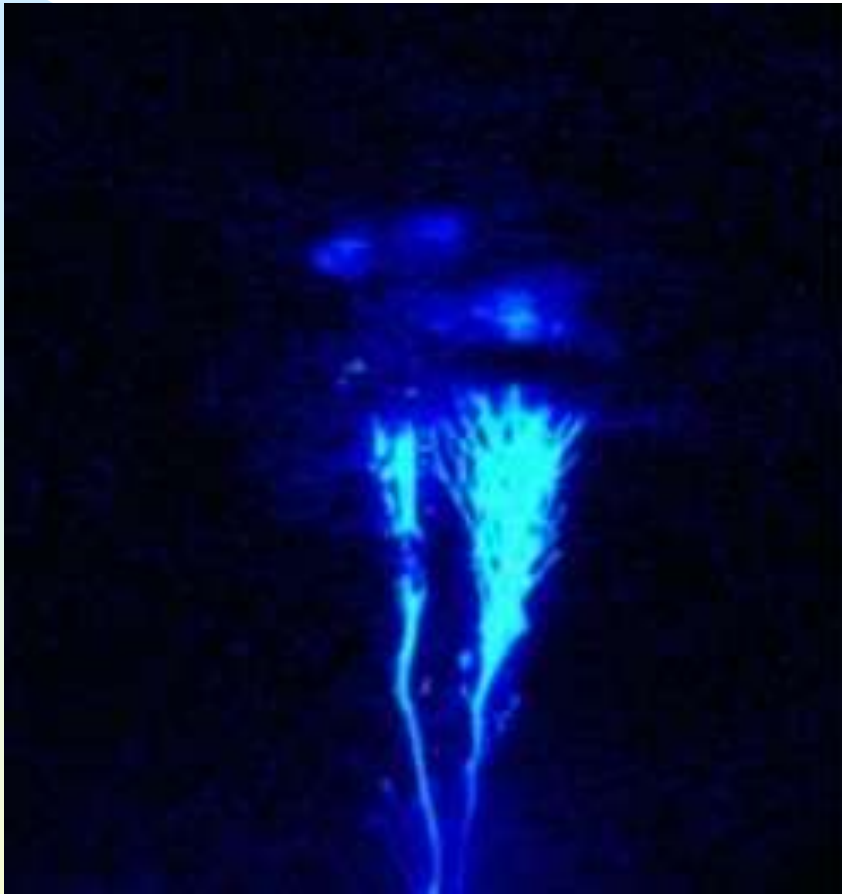


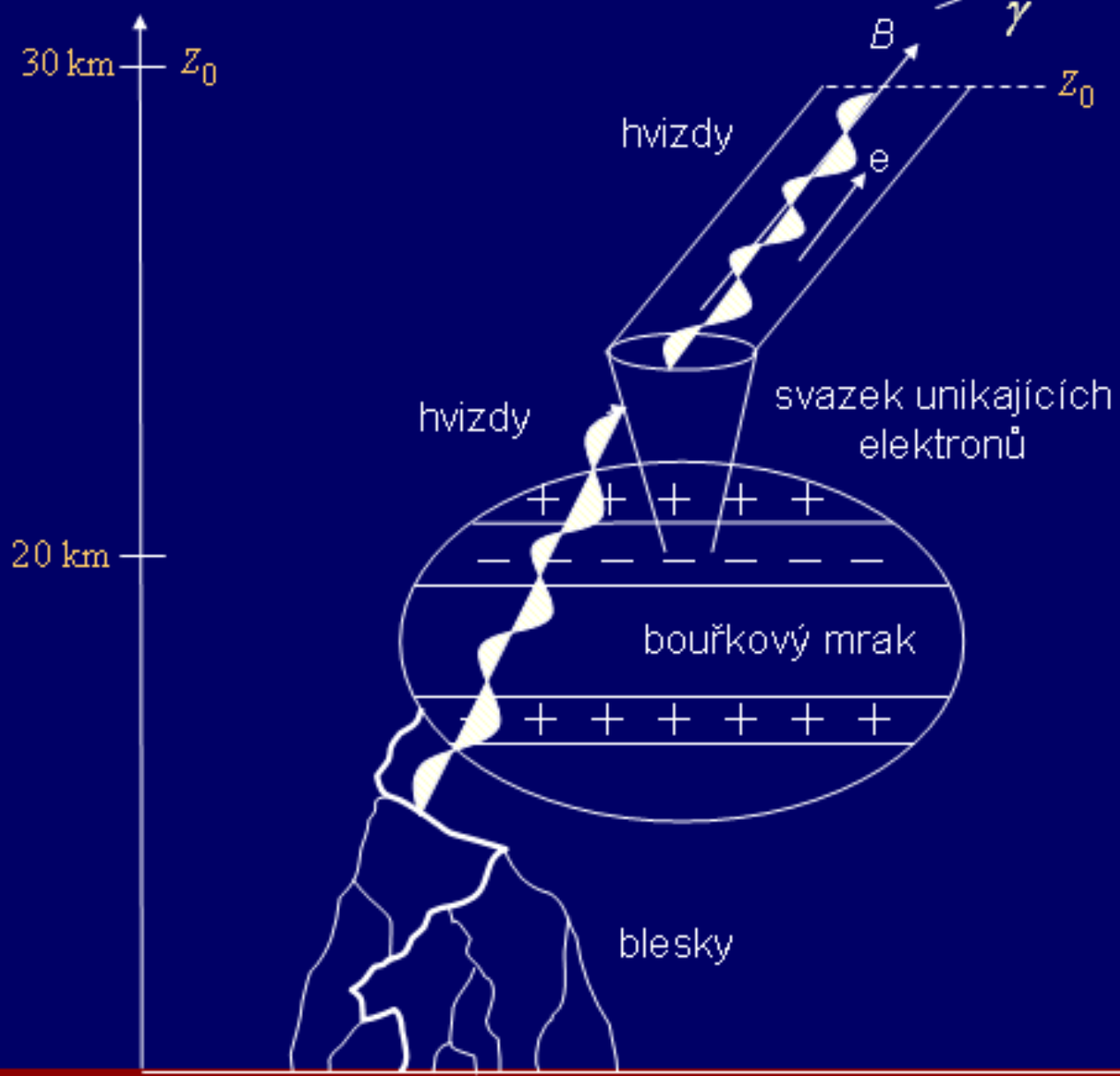


19. března 2007, blízko jižního pólu, Hinode

3. gama záblesky v atmosféře

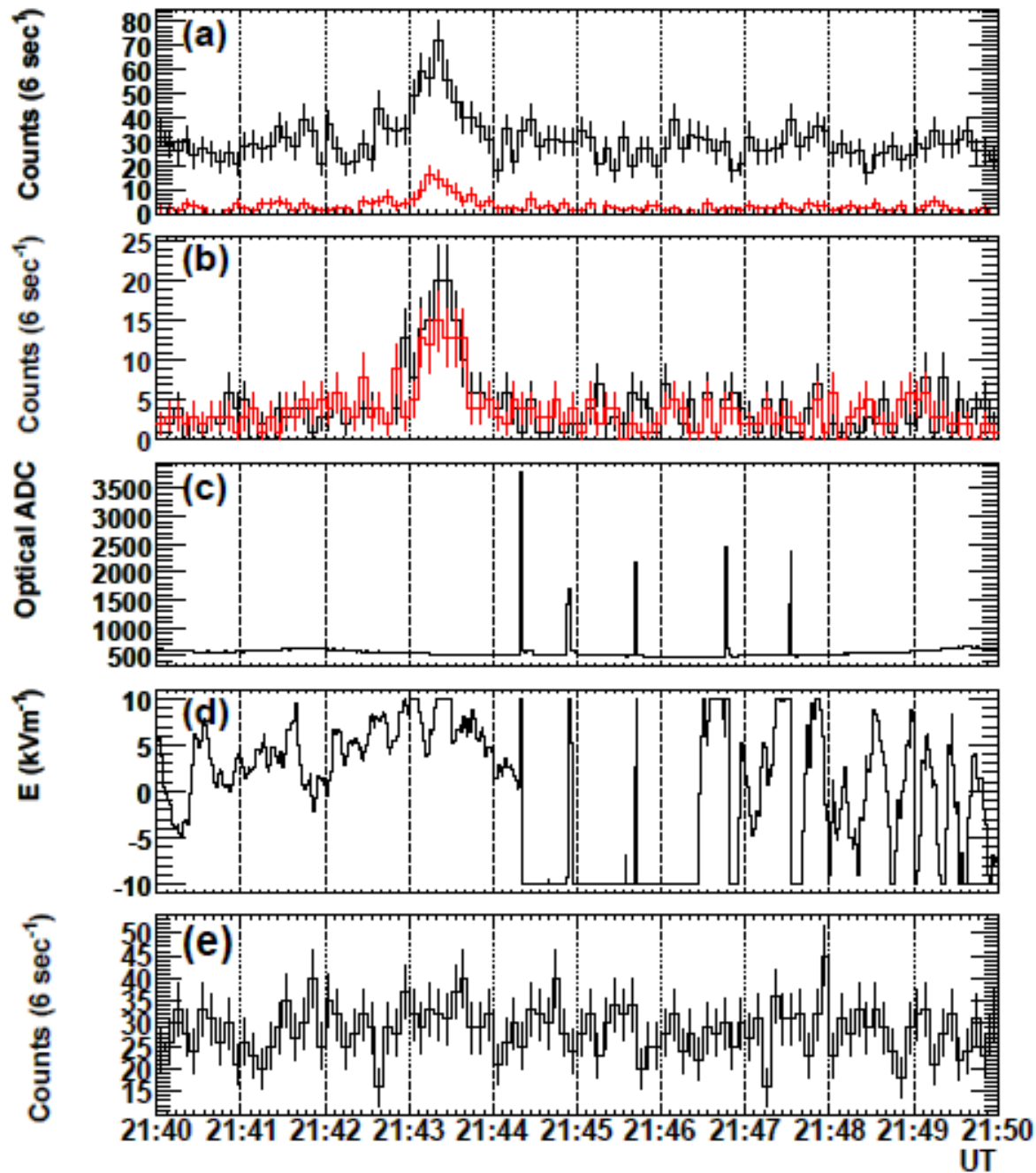






povrch Země

6. 1. 2007
Kashiwazaki-Karima



4. hranice kvantového světa

- **nekomutativnost aktu měření $AB \neq BA$**
- **diskrétní hodnoty**
- **dualismus vlna – částice**
- **relace neurčitosti**
- **nedeterminismus**
- **statistická interpretace**
- **interakce jako virtuální výměnná částice**

elektromagnetická interakce

slabá interakce

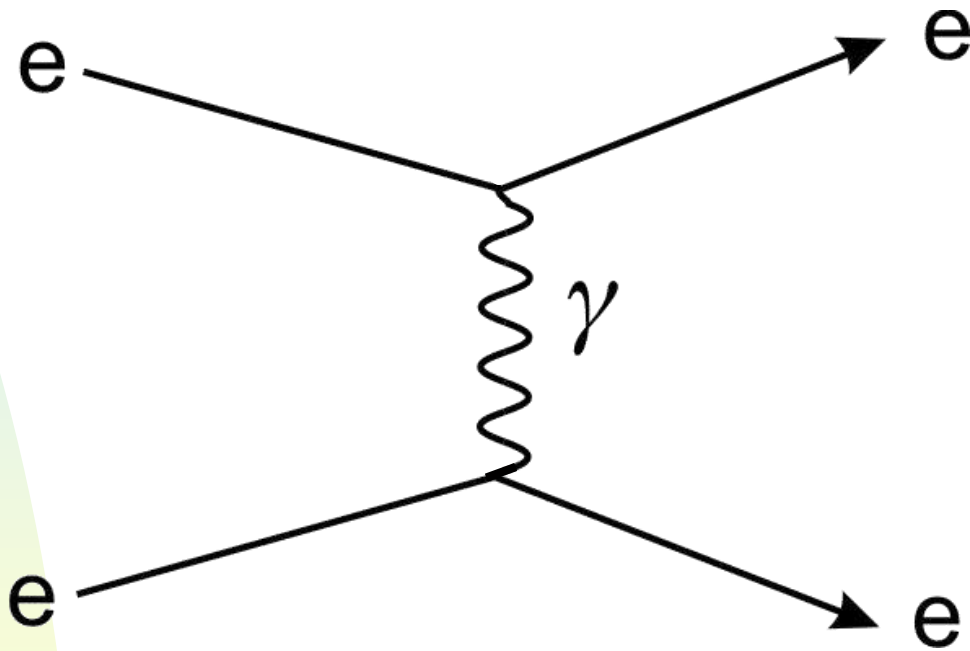
silná interakce

foton

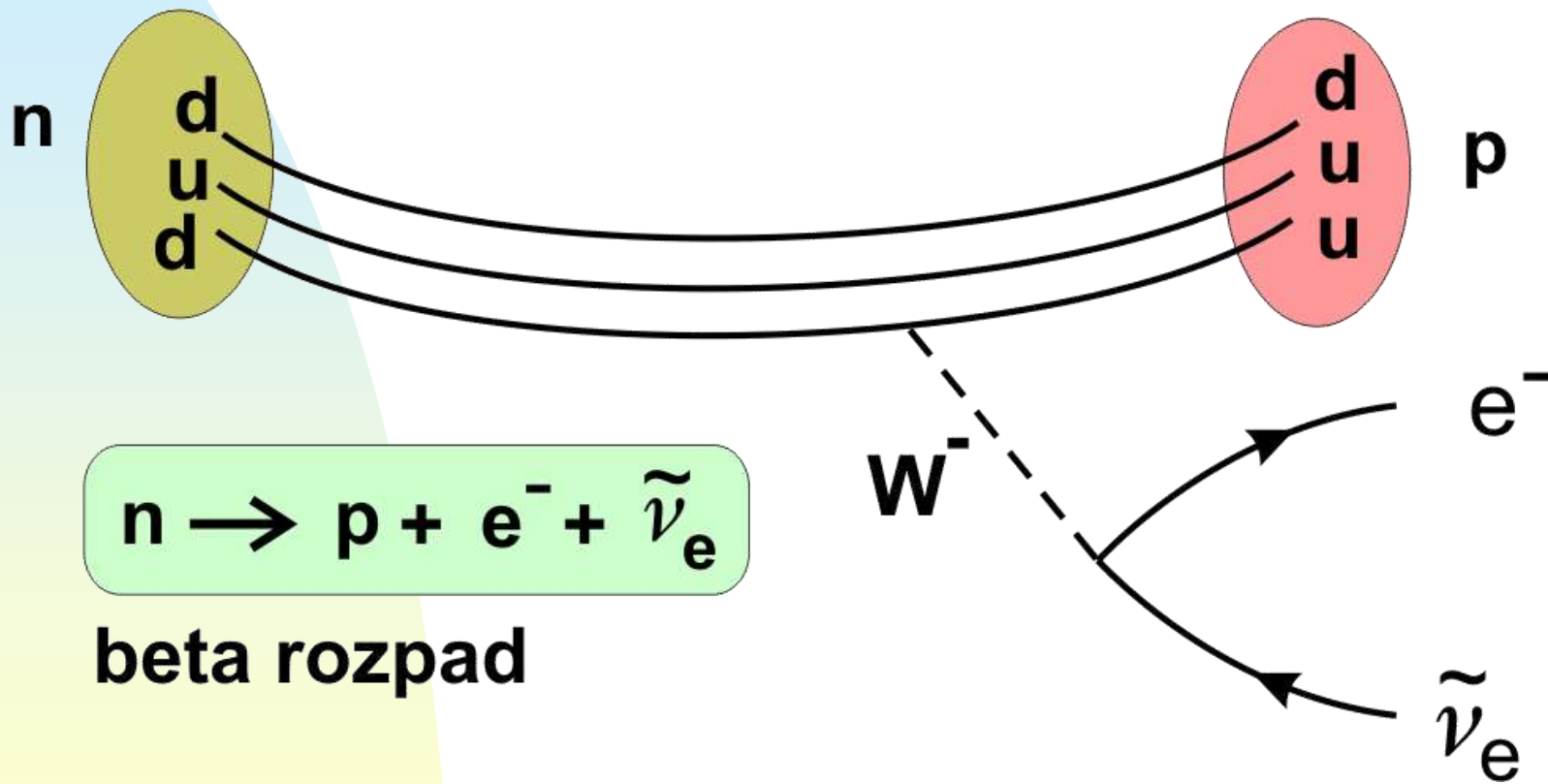
W^+ , W^- , Z^0

gluony

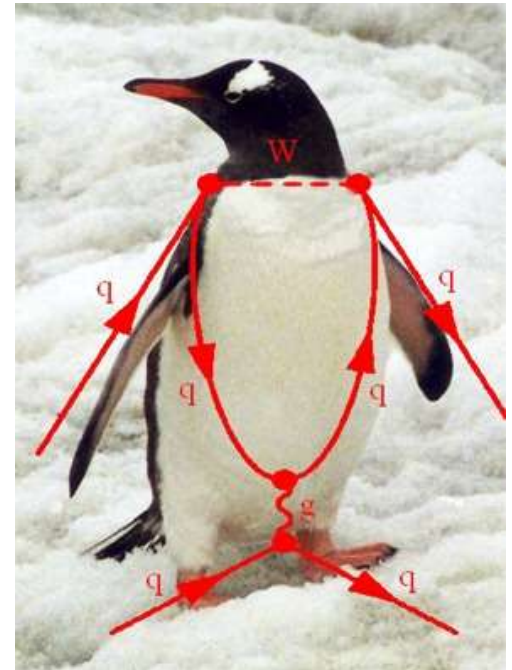
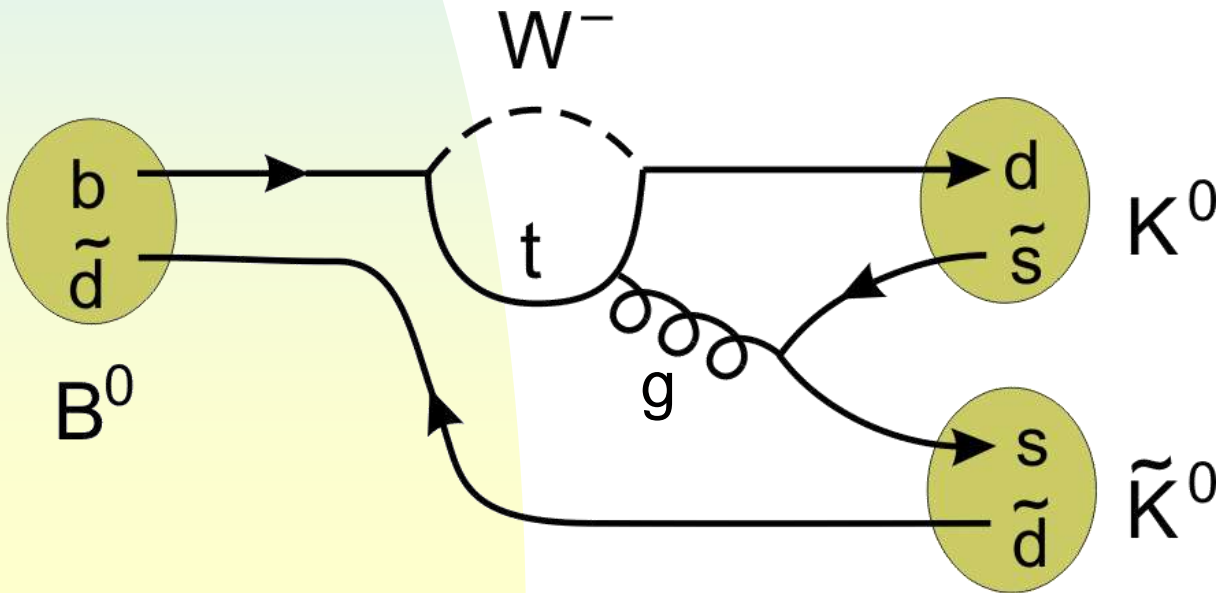
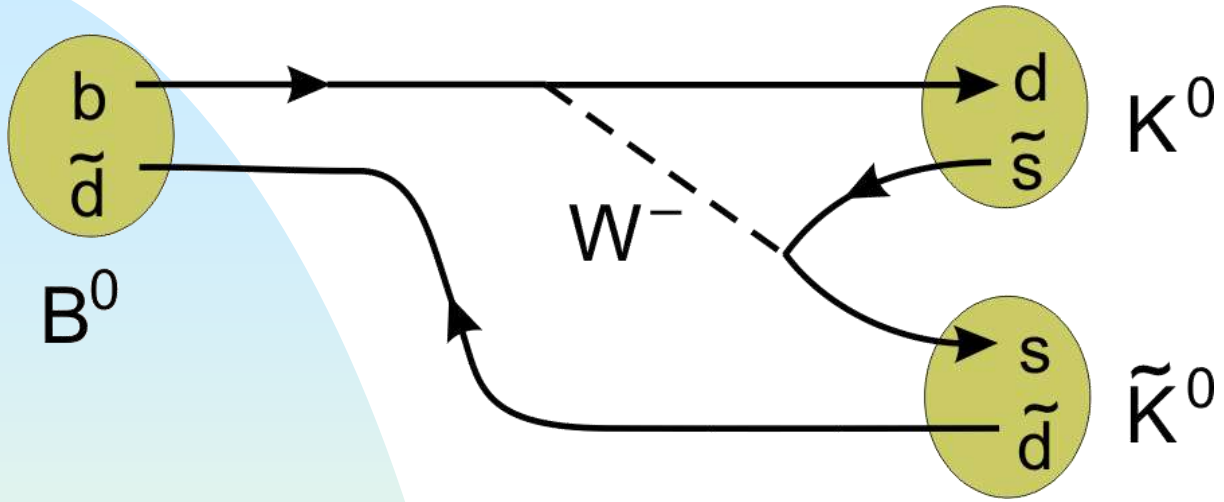
MIKROSVĚT

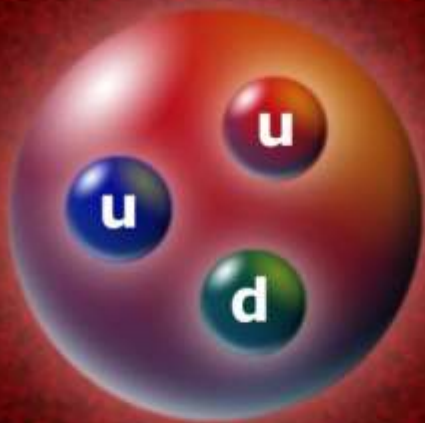


MIKROSVĚT

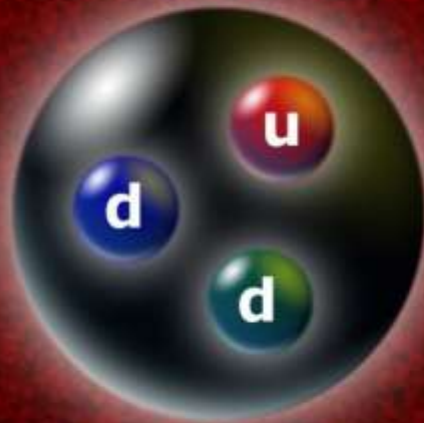


MIKROSVĚT





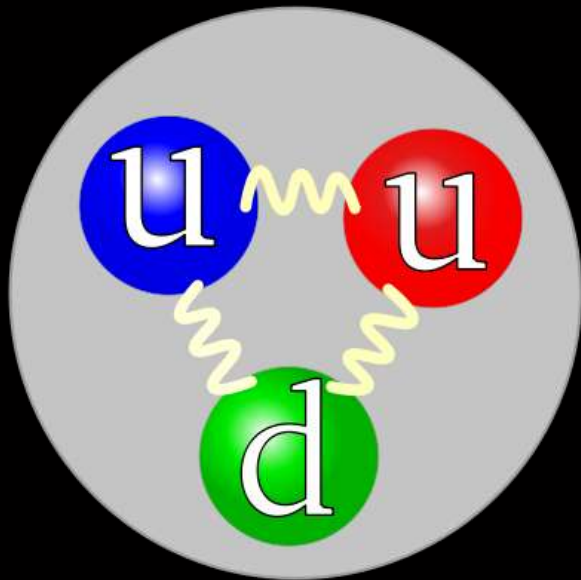
proton



neutron



pion



Kungliga
Svenska Vetenskapsakademien
har den 5 oktober 2004 beslutat
att med det

NOBELPRIS

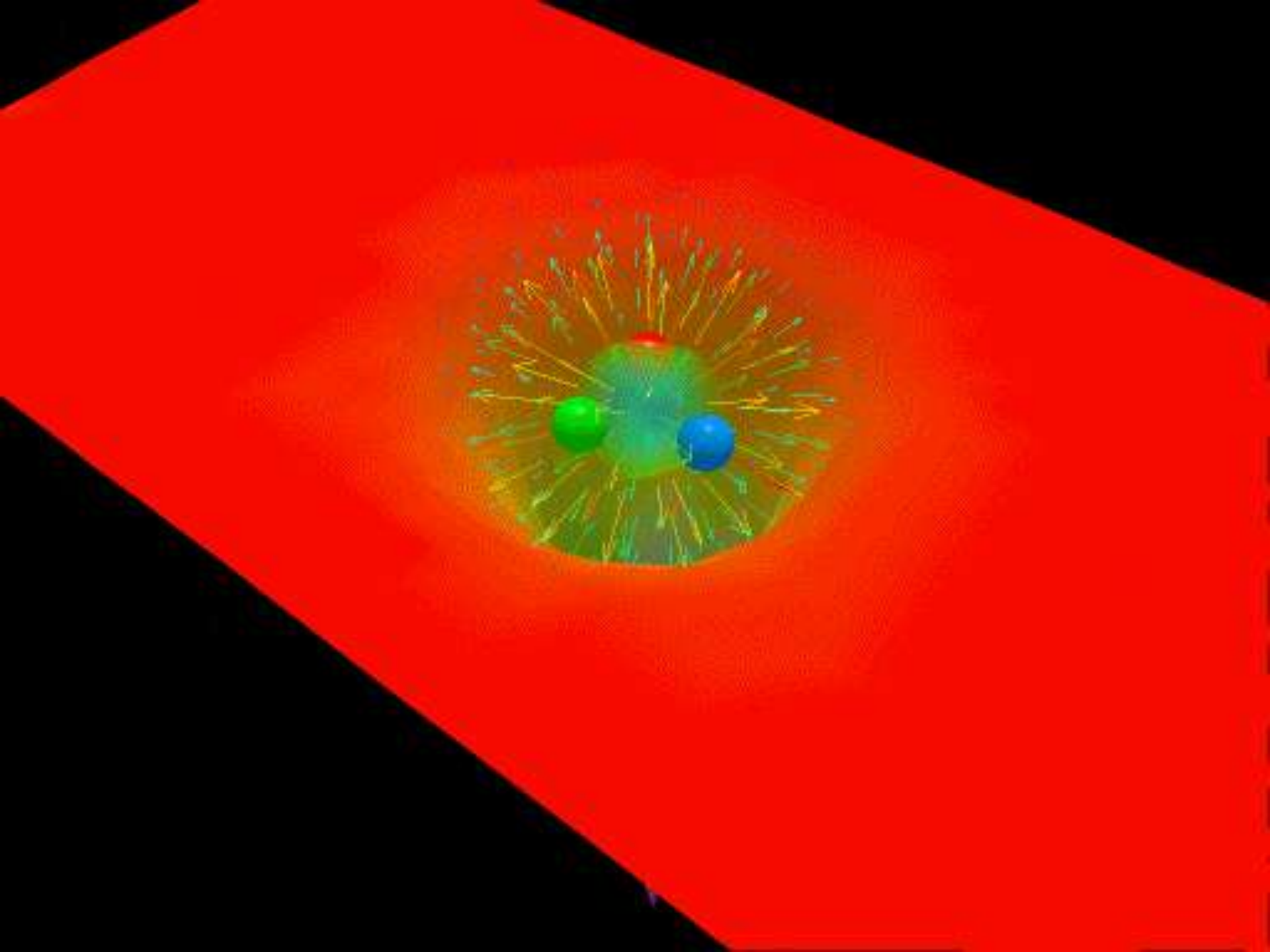
som detta år tillerkännes den som inom
fysikens område gjort den viktigaste
upptäckten eller upptäckningarna
gemensamt belöna

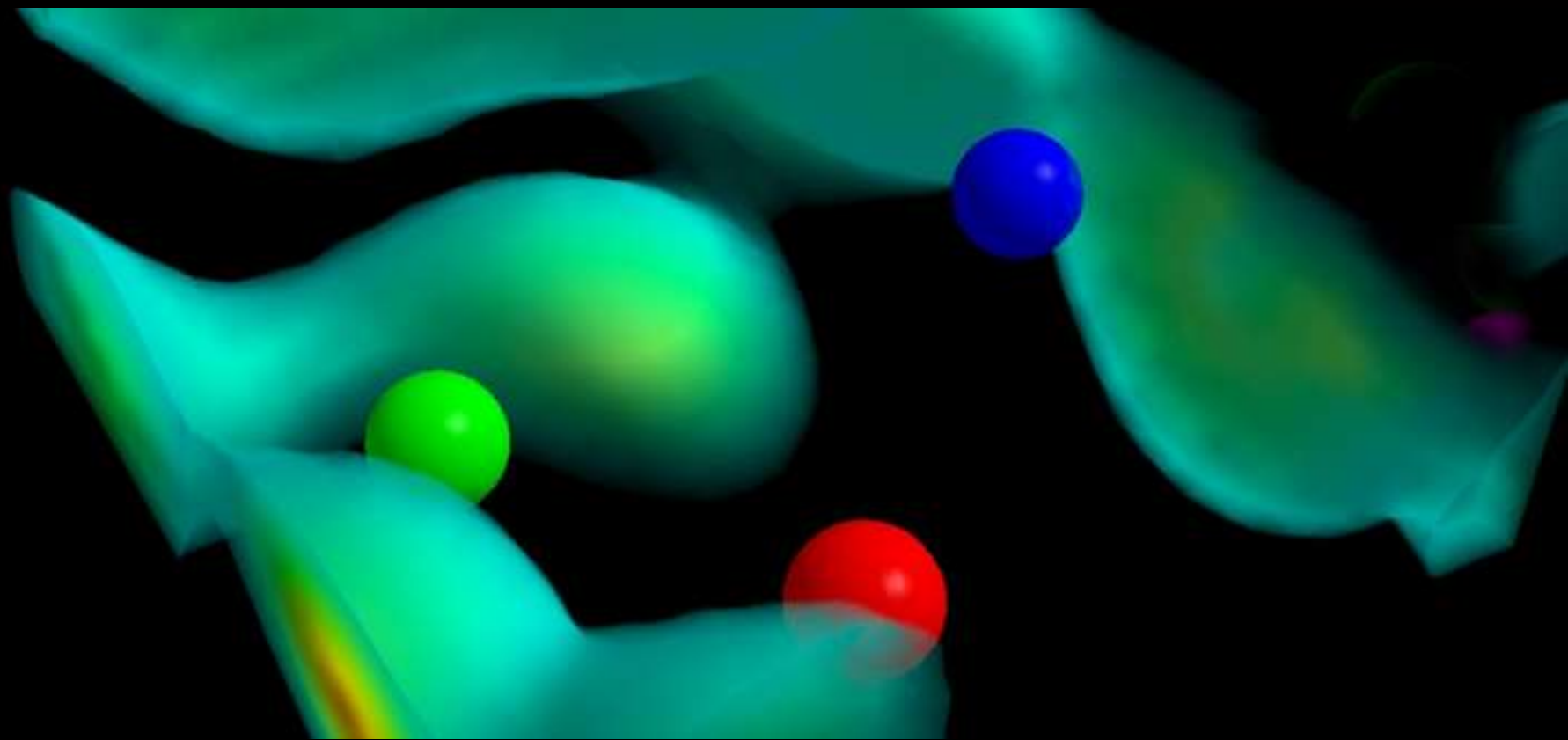
H David Politzer

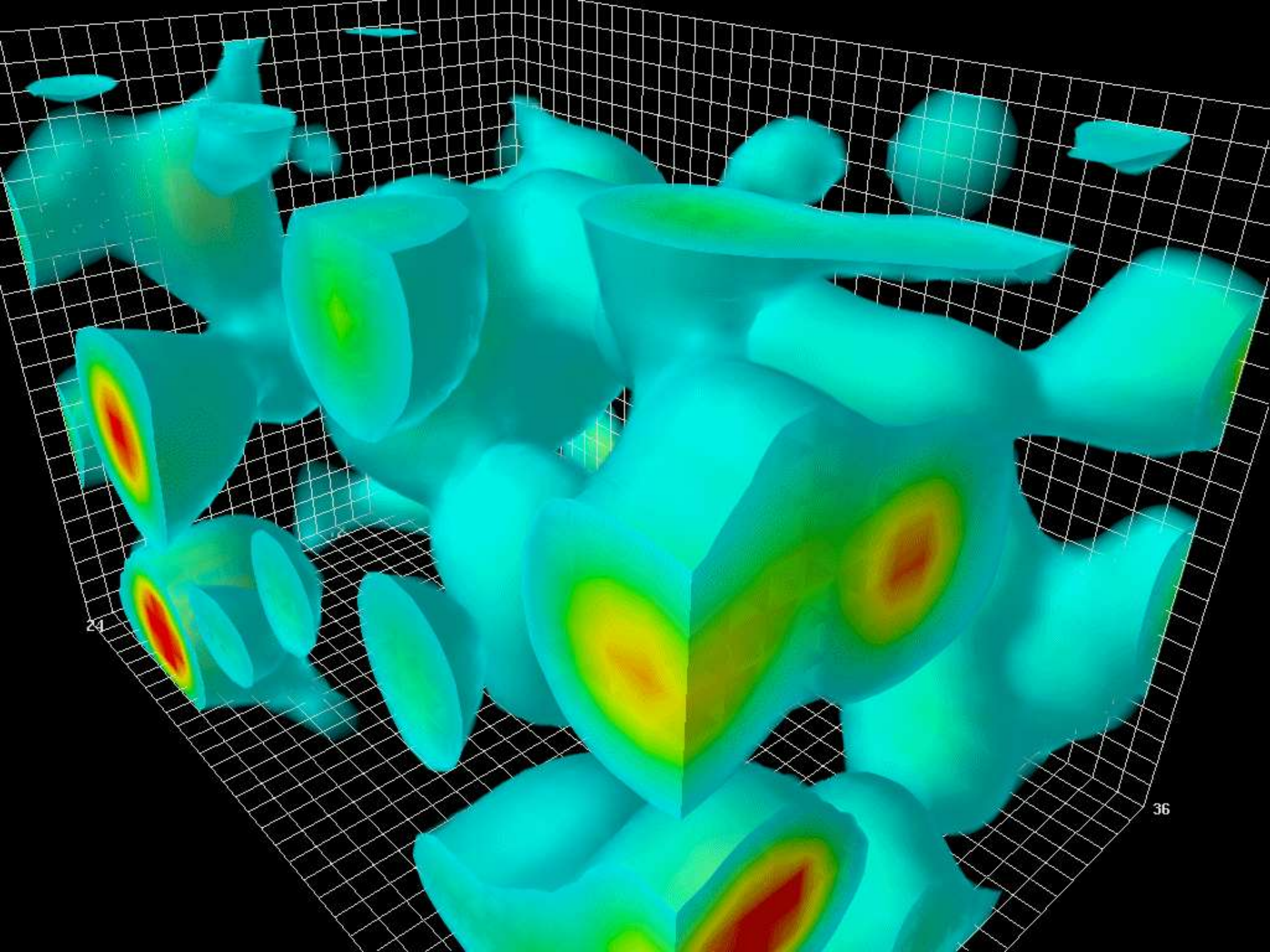
David J Goss och Frank Wilczek
för upptäckten av asymptotisk frihet
i teorin för den starka växelverkan

• STOCKHOLM DEN 10 DECEMBER 2004 •

Jou Thuchsen  *Lamm-Egerst*

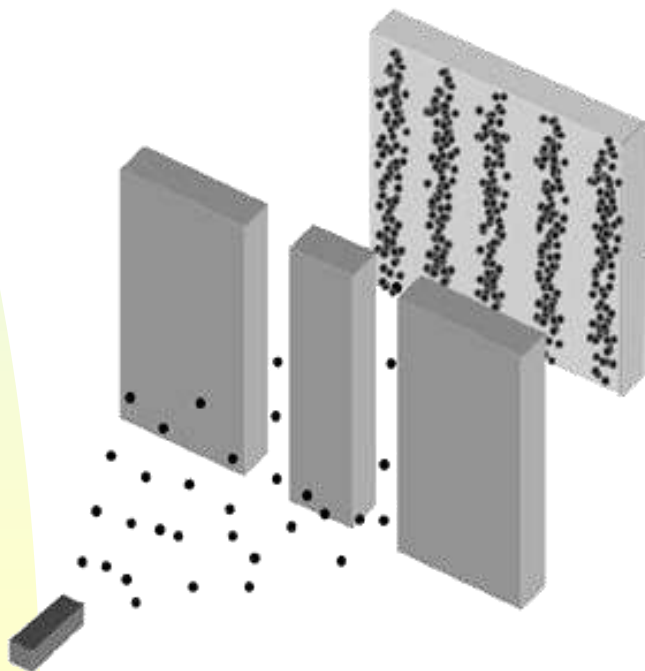
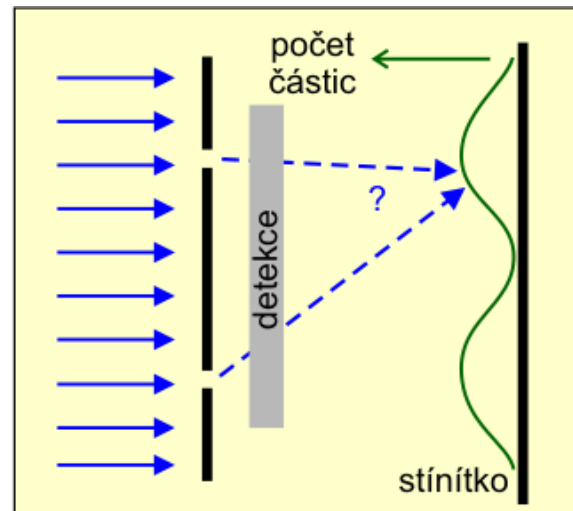
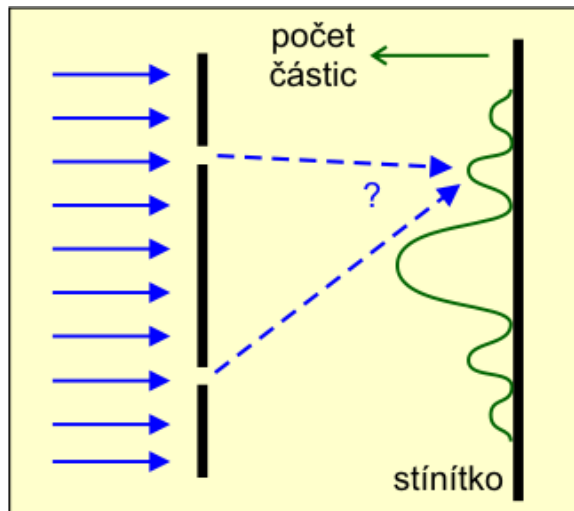
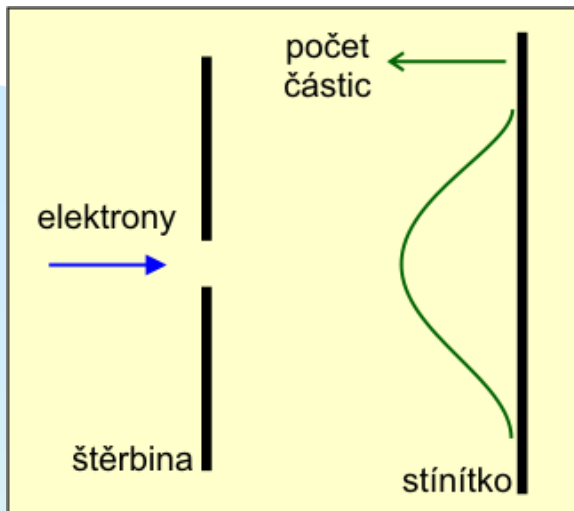






24

36

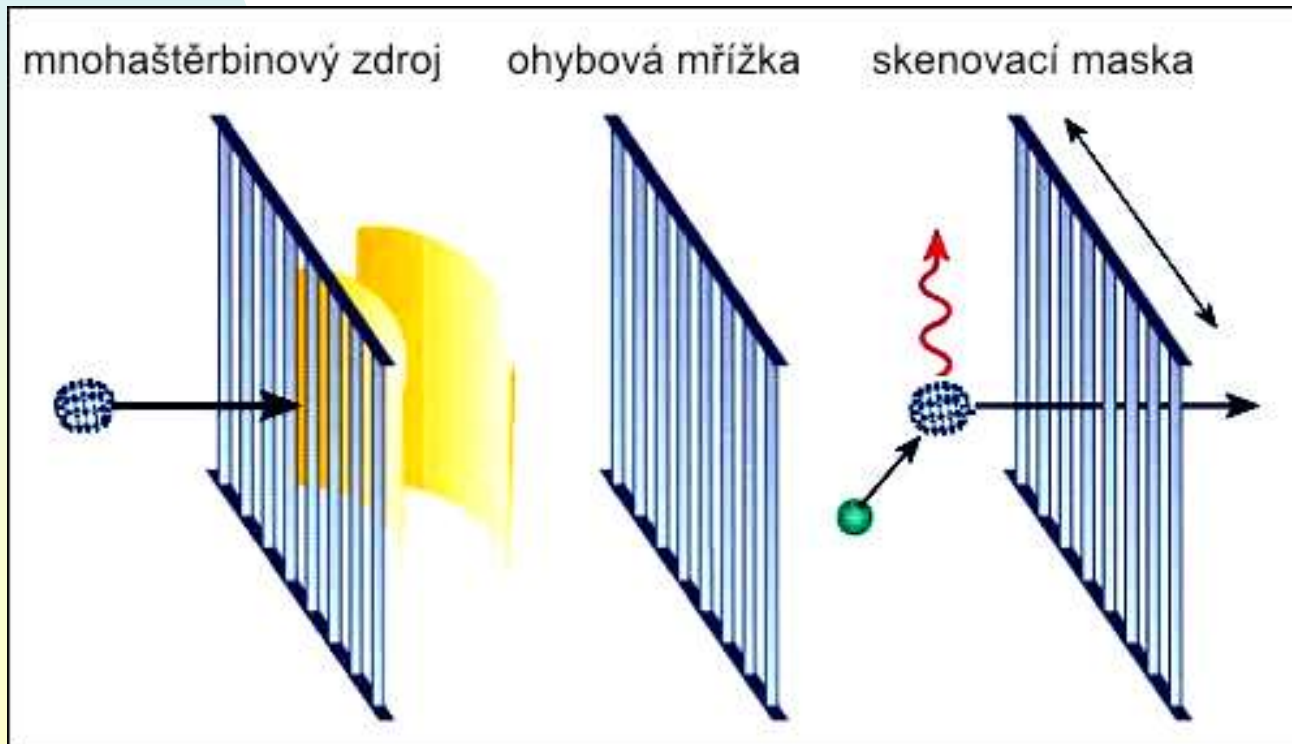


1991: **Olivier Carnal a Jürgen Mlynek** (University of Konstanz, Německo)
dvě štěrbiny, atom

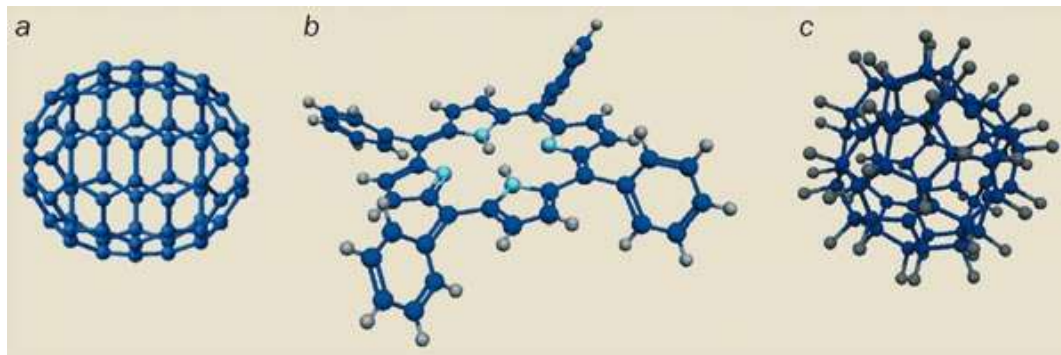
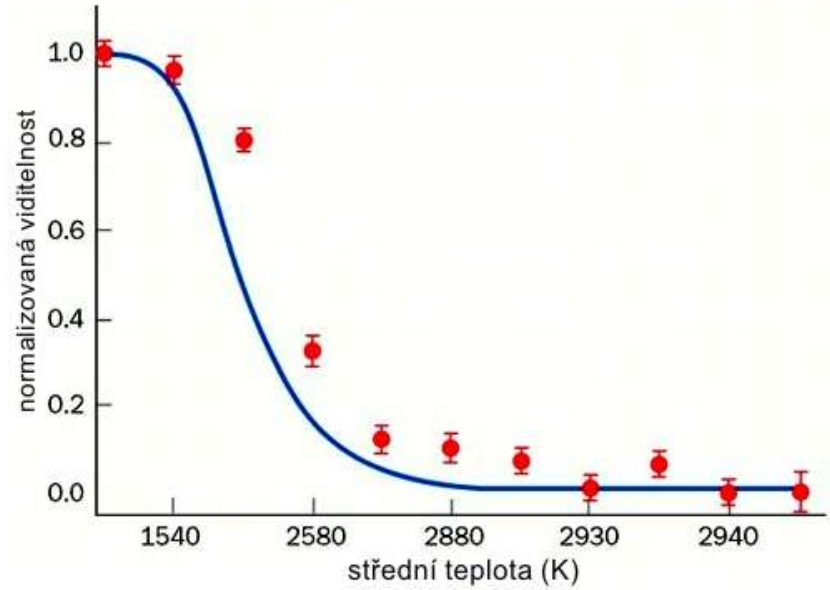
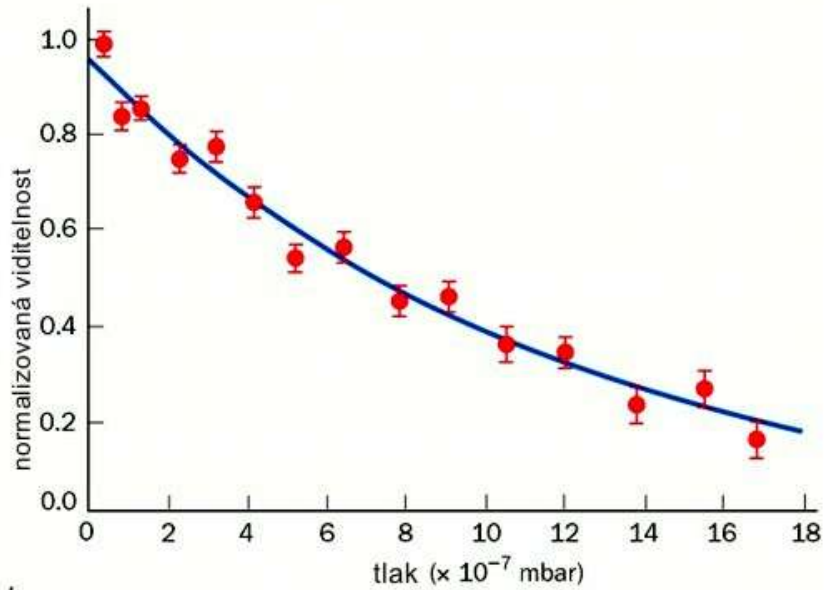
1991: **David Pritchard** (MIT): narušení obrazce laserem,
Talbotův interferometr, sodíkové atomy

1995: **Markus Arndt, Anton Zeilinger**, (University of Vienna, Rakousko),
Talbotův interferometr, $C_{60}F_{48}$; 1 632 AMU

2007: **Serge Haroche** (College de France, Paříž)
Ramseyův interferometr, Rydbergovy atomy



1995: **Markus Arndt, Anton Zeilinger**, (University of Vienna, Rakousko),
Talbotův interferometr, $C_{60}F_{48}$; 1 632 AMU

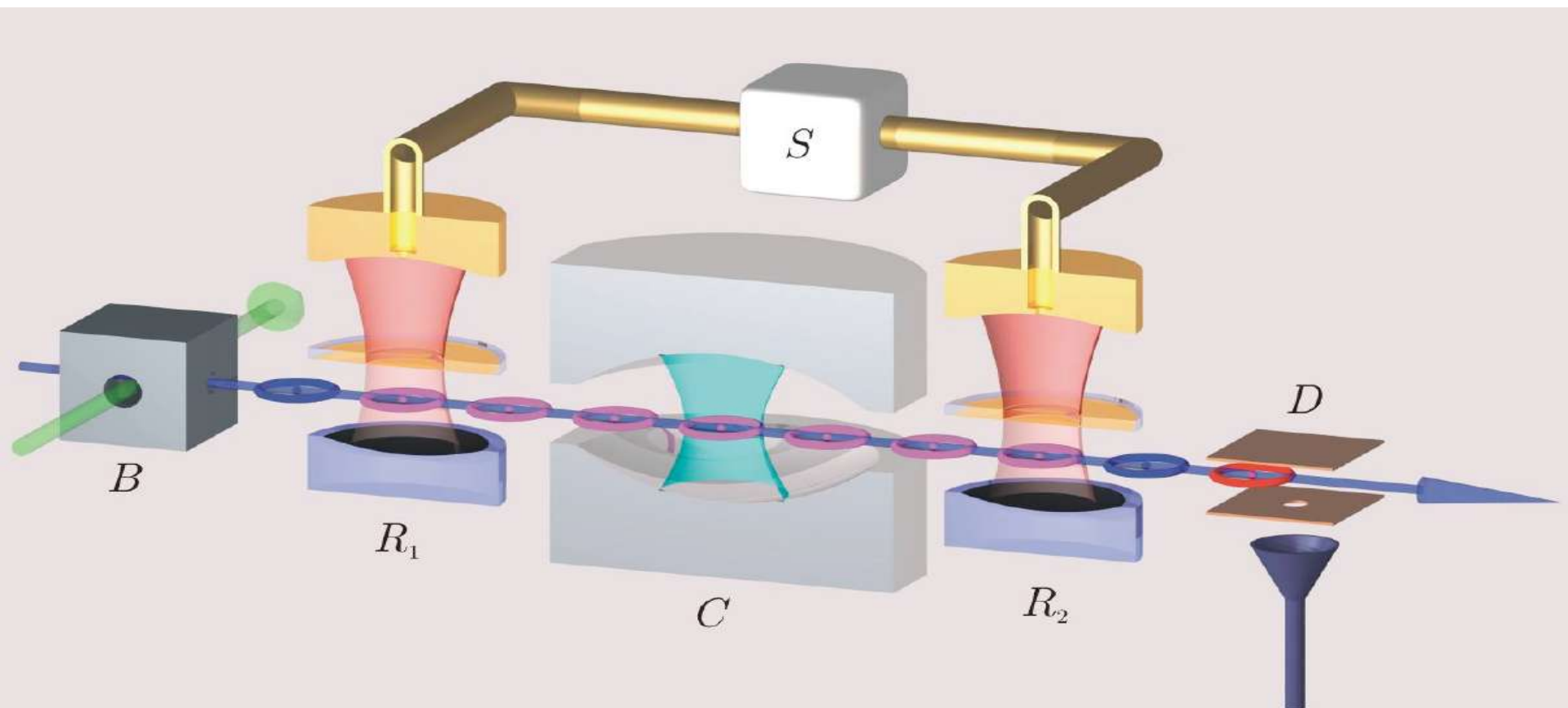
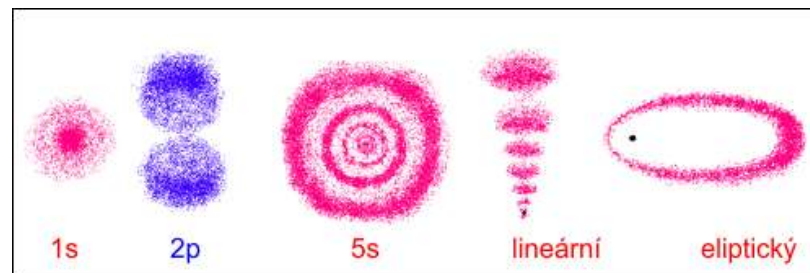


fuleren C_{70}

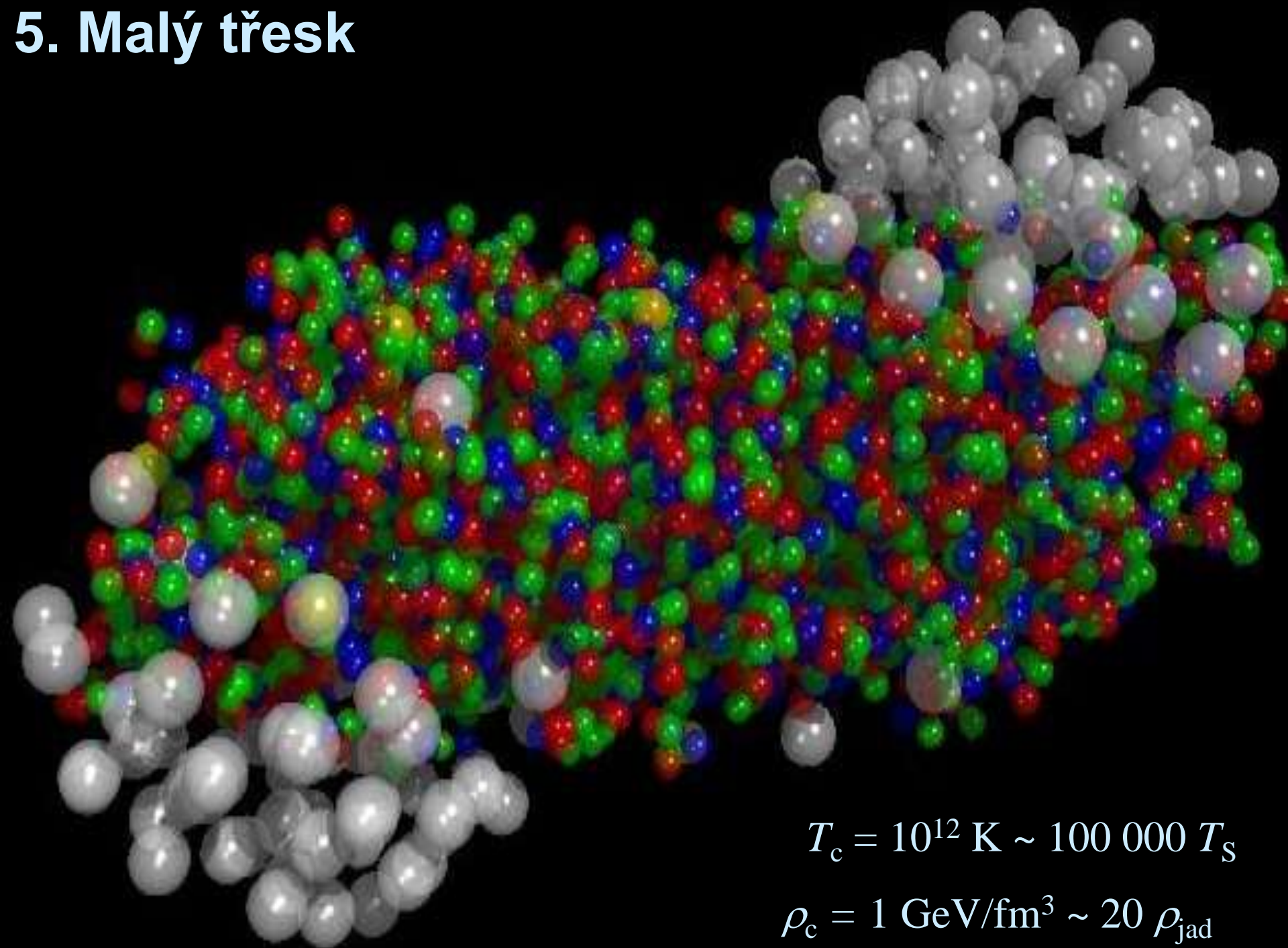
trafenylporfyn $C_{44}H_{30}N_4$

fuleren $C_{60}F_{48}$

2007: **Serge Haroche** (Colleg de France, Paříž)
Ramseyův interferometr, Rydbergovy atomy



5. Malý třesk



$$T_c = 10^{12} \text{ K} \sim 100\,000 T_S$$

$$\rho_c = 1 \text{ GeV}/\text{fm}^3 \sim 20 \rho_{\text{jad}}$$

10 objevů....

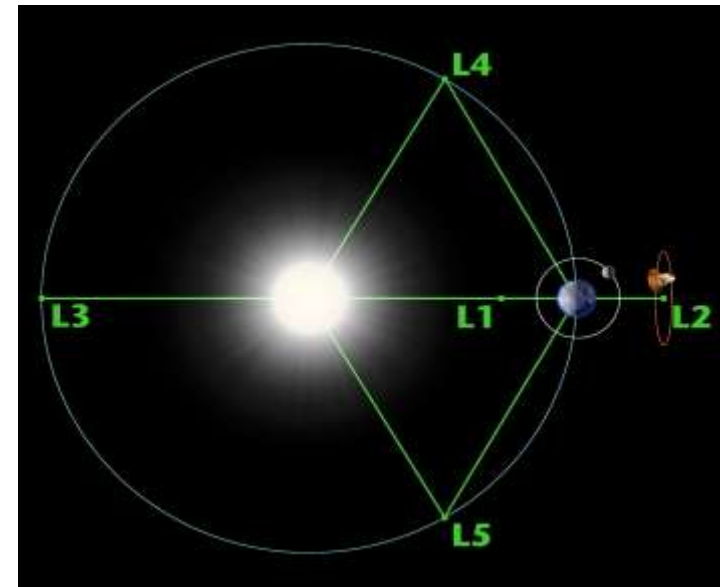
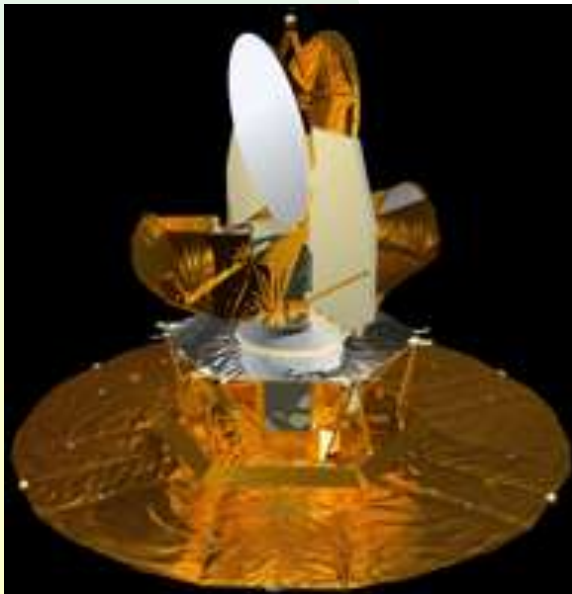


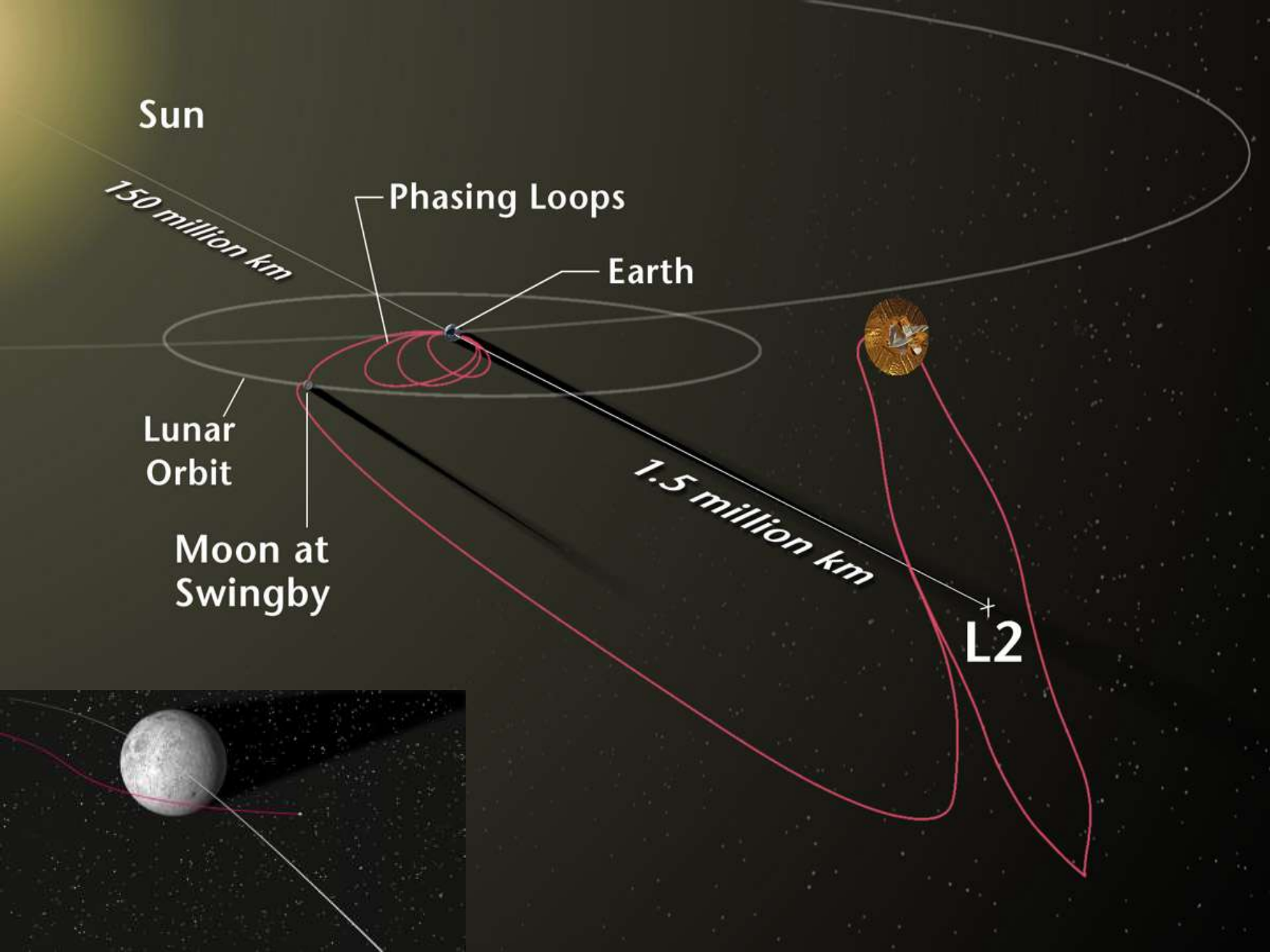
1. rekonekce
2. geneze slunečního větru, ohřev koróny
3. gama záblesky v atmosféře
4. hranice kvantového světa
5. Malý třesk
6. **WMAP – určení parametrů vesmíru**
7. temná energie = energie vakua?
8. extradimenze a vesmír
9. měření zakřivení času v mikrosvětě
10. Hawkingovo záření v laboratoři?



6. WMAP – určení parametrů vesmíru

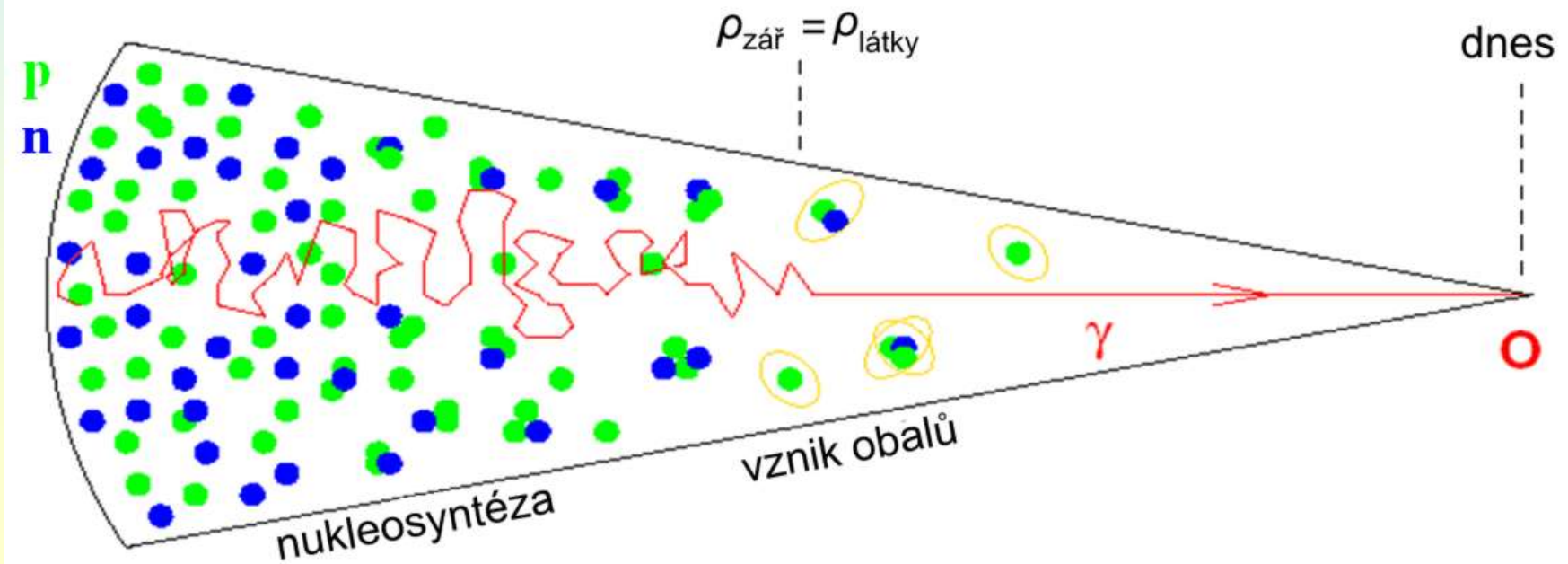
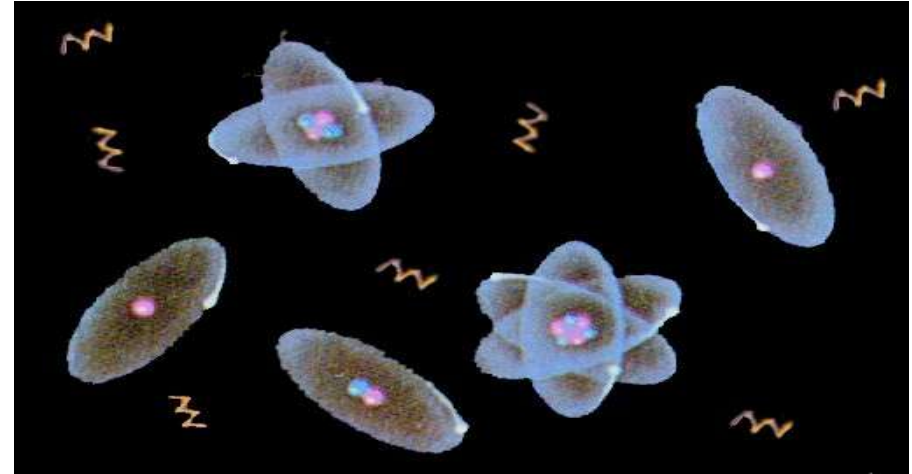
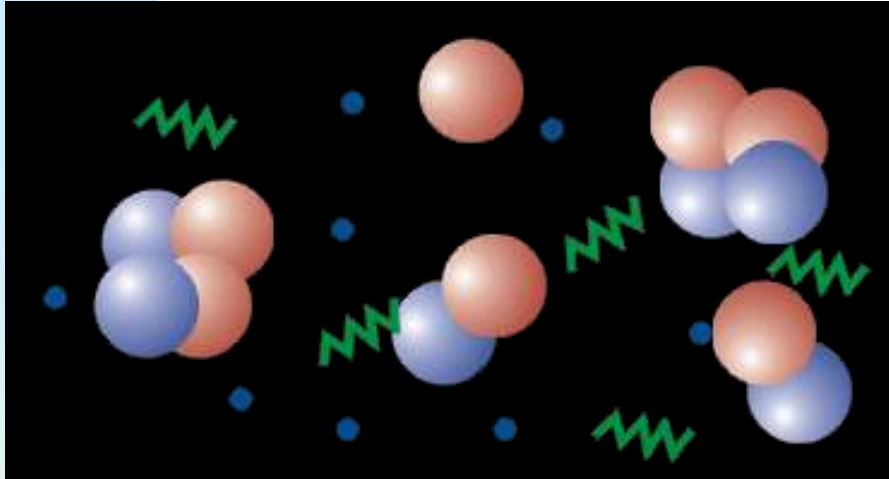
start:	30. 6. 2001
umístění:	L2 Země-Slunce
na stanovišti:	září 2001
výsledky:	za 24 měsíců
úhlové rozlišení:	0,3°
teplotní citlivost:	20 μ K
pásmo:	22÷90 GHz (3÷14 mm)
zrcadlo:	1,4×1,6 m
hmotnost:	830 kg

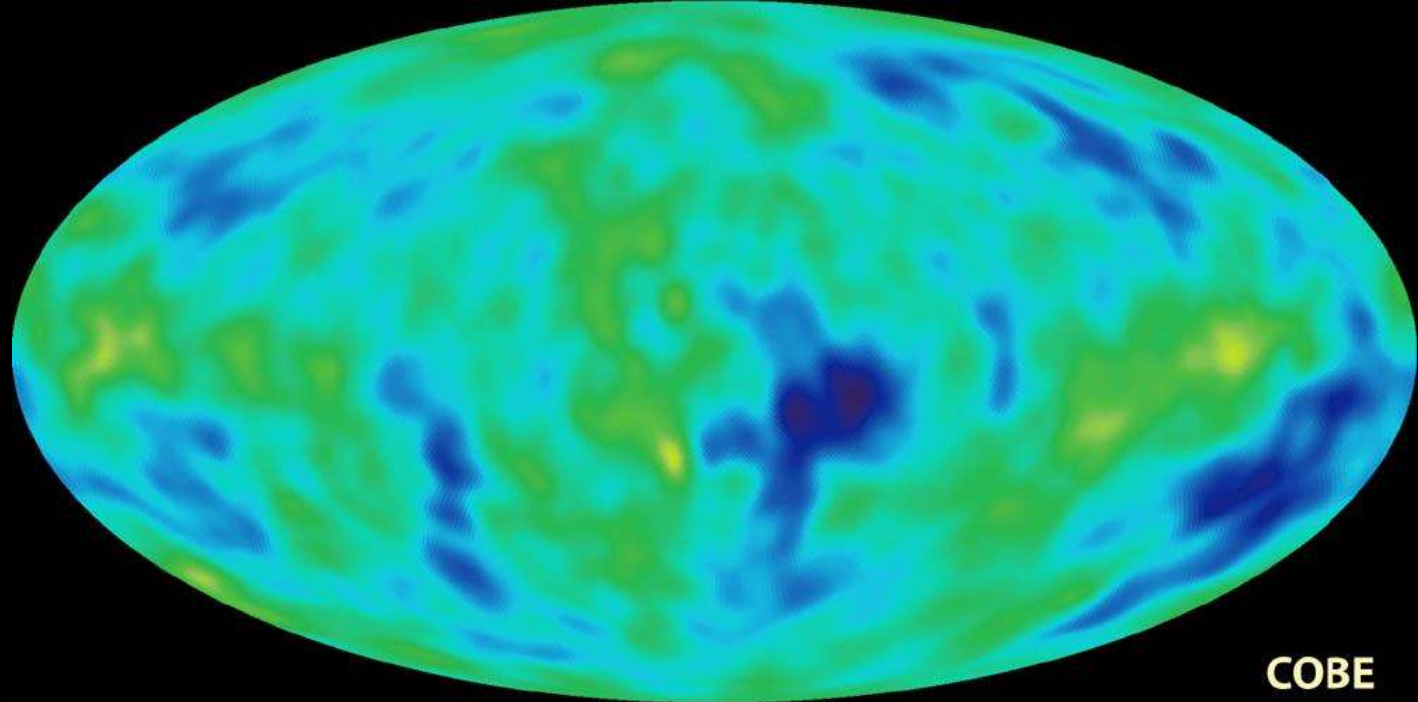




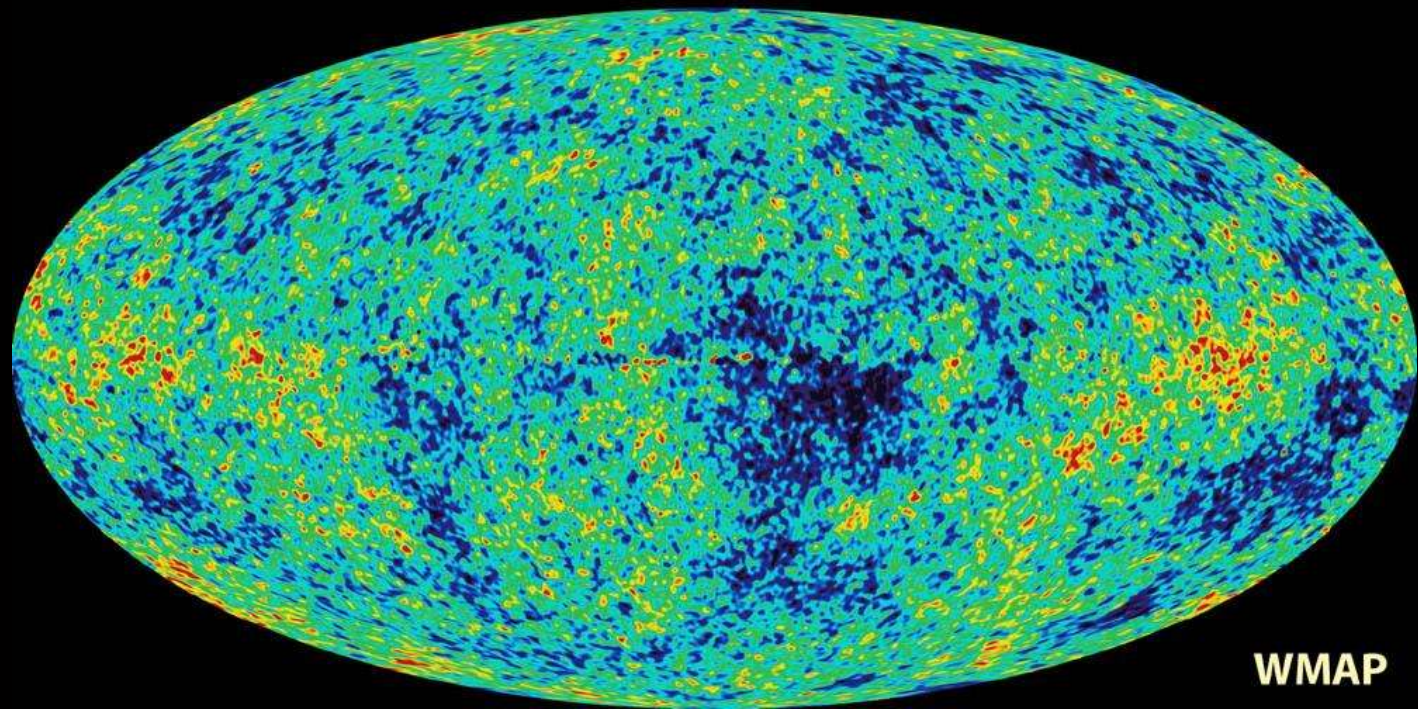
reliktní záření

Čas: 384 000 let
Teplota: 4000 K
Energie: 0.4 eV

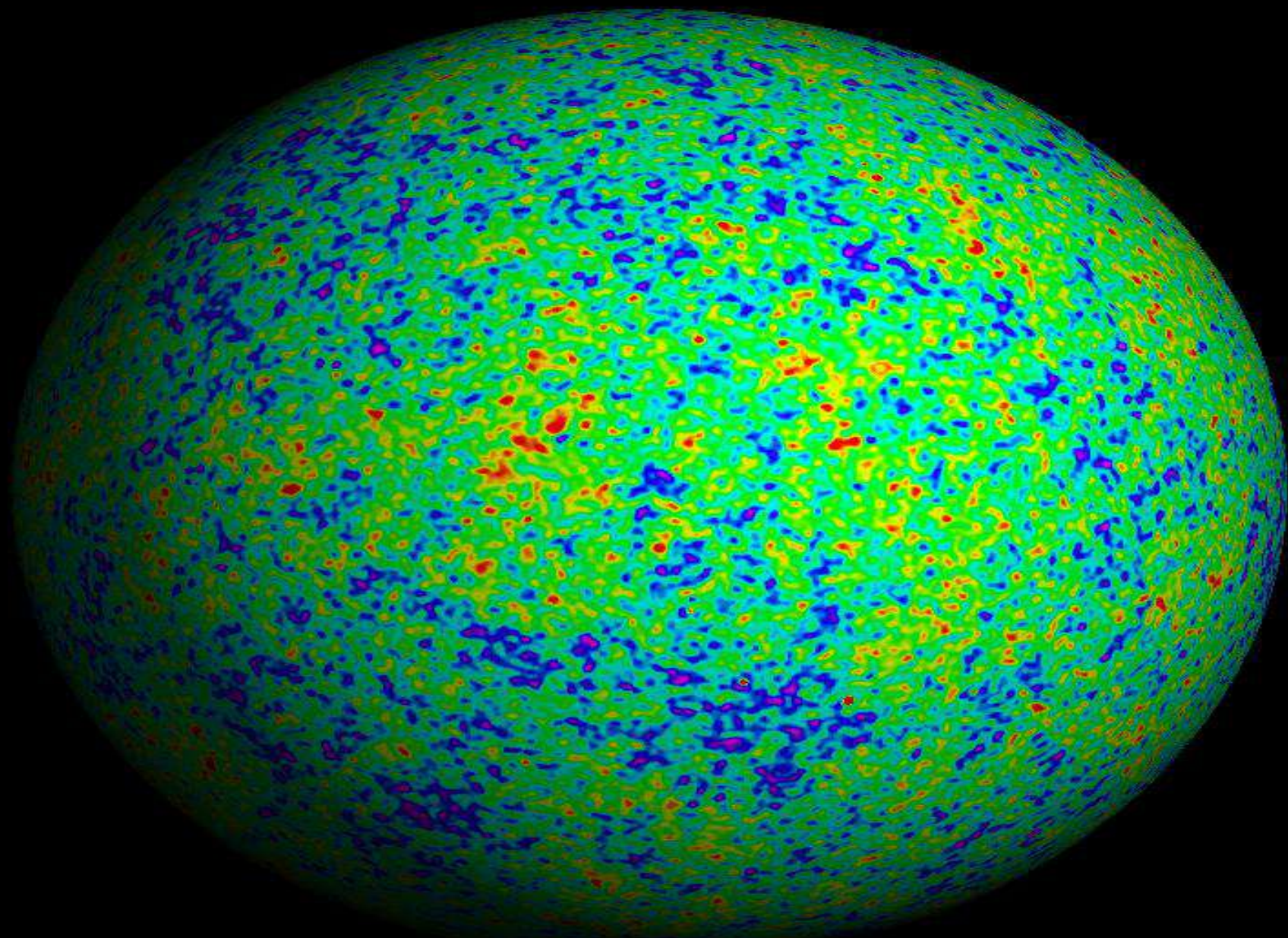




COBE



WMAP



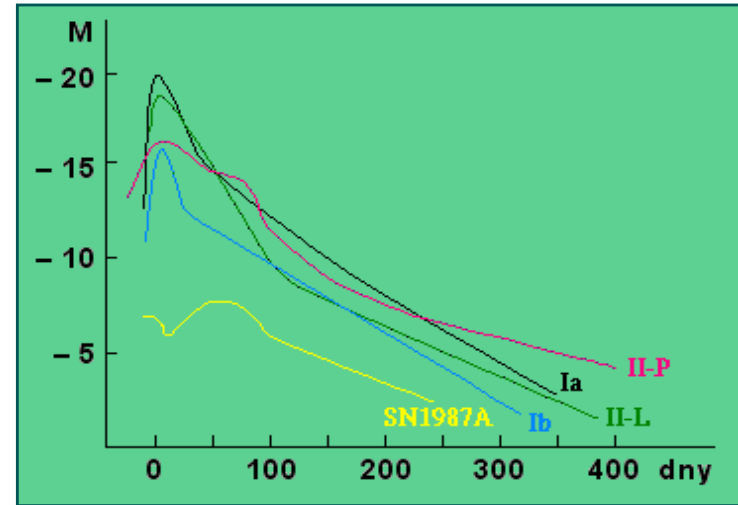
Základní parametry - WMAP 11.2.2003

Hubbleova konstanta	$(71 \pm 4) \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$
stáří vesmíru	$(13,7 \pm 0,2)$ miliard let
doba oddělení reliktního záření od hmoty	~ 380 000 let
vznik prvních hvězd	~ 400 000 000 let
křivost vesmíru	Plochý
celková topologie vesmíru	zatím neurčena
kosmologická konstanta	$0.73 \pm 0,04$

Složení vesmíru - WMAP 11.2.2003

vakuová energie (skrytá, temná energie)	$(73 \pm 4) \%$
skrytá hmota (nebaryonová, temná hmota)	$(23 \pm 2) \%$
baryonová hmota (atomární, svítící hmota)	$(4 \pm 0,2) \%$

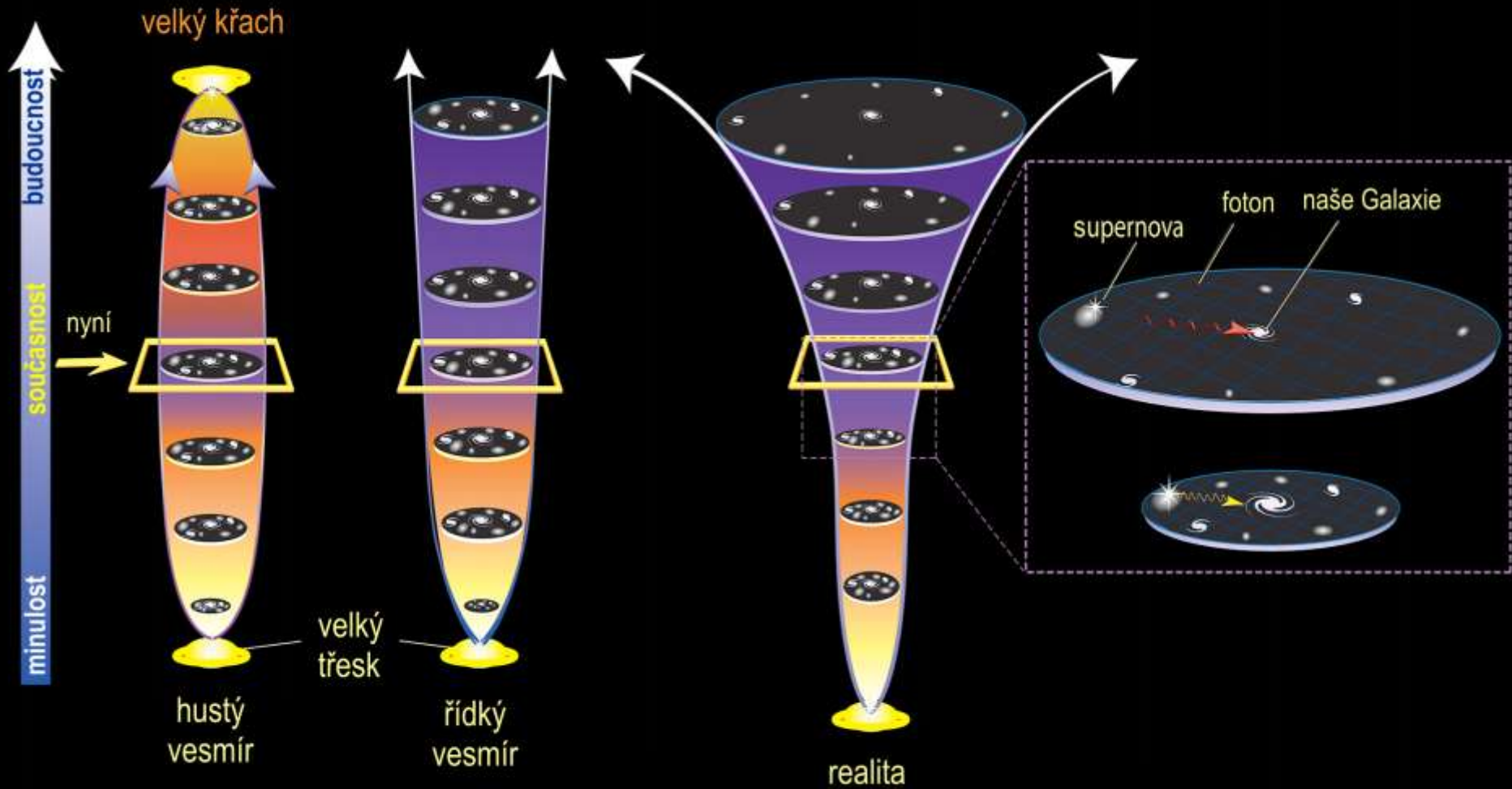
7. temná energie, supernovy typu Ia



Supernova typu Ia - přenos látky z hvězdy na bílého trpaslíka, který zvětšuje hmotnost. Po překročení Chandrasekharovy meze ($1,4 M_{\odot}$) se bílý trpaslík zhroutí do neutronové hvězdy. Explozivnímu termonukleární hoření C, O na Ni 56 v celém objemu trpaslíka. Množství uvolněné energie je vždy zhruba stejné, takže z relativní pozorované jasnosti lze vypočítat vzdálenost příslušné supernovy. Přesnější hodnoty se pak určí z tvaru světelné křivky.

Adam Riess (Space Telescope Science Institute, Baltimore, 1998) + Saul Perlmutter (Lawrence Berkeley National Laboratory, 1999): Měření vzdálenosti a červeného posuvu supernov Ia. Zjištěna urychlovaná expanze. To znamená ve svém důsledku přítomnost temné energie ve vesmíru, která se projevuje záporným tlakem. Nejvzdálenější použitá supernova byl objekt 1997ff.

Další projekty: Obě zmíněné skupiny spolu s Alexejem Filipenkem pořídily do roku 2003 soubor 230 supernov. Tyto objekty byly vyhledávány také v *klíčovém projektu HST* pro určení Hubbleovy konstanty i v současných přehlídkových projektech, například projektu GOODS.



kvantové
fluktuace

reliktní
záření

první
hvězdy

zrychlená
expanze

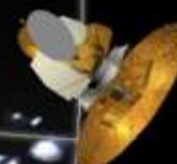
éra
záření

temný
věk

tvorba hvězd,
galaxií, planet, ...



COBE



WMAP



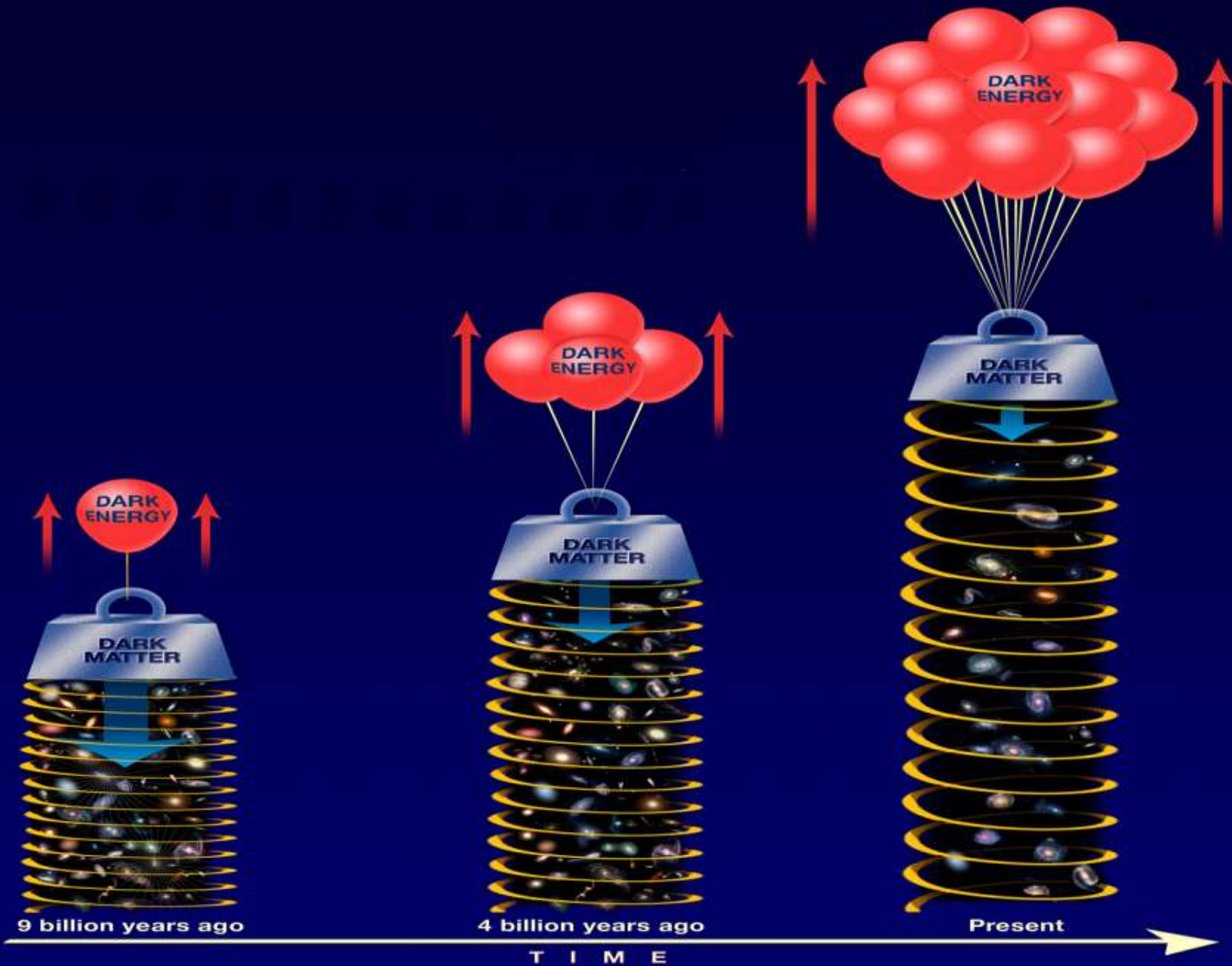
Planck

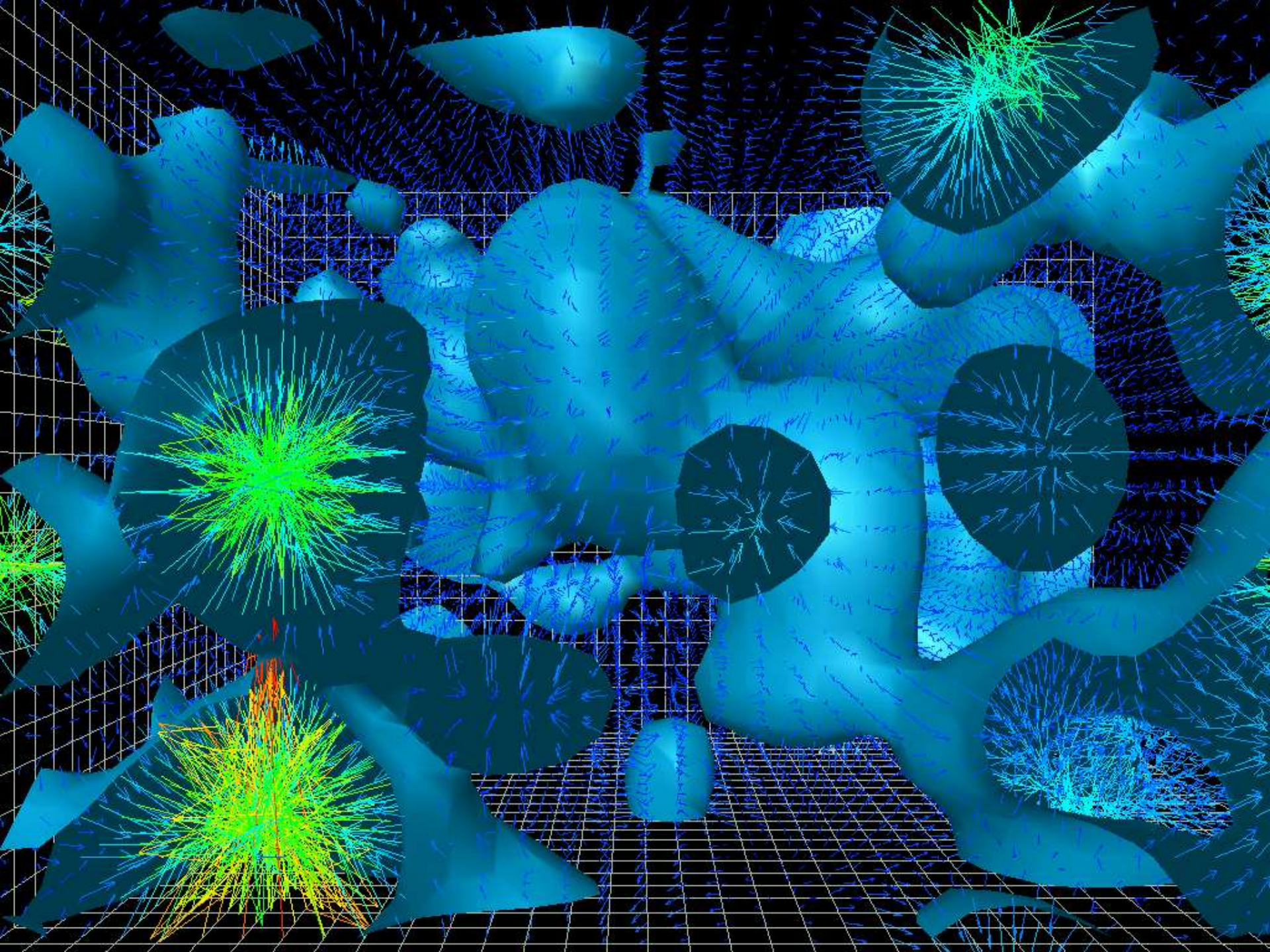
éra
látky

éra temné energie

13,7 miliardy let existence vesmíru

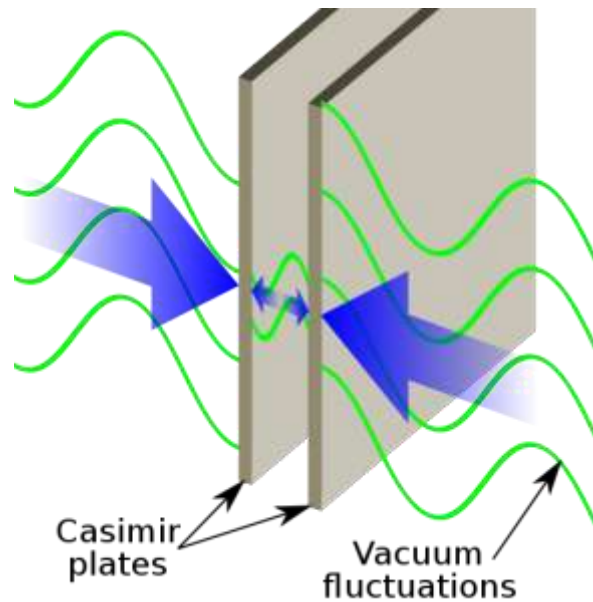
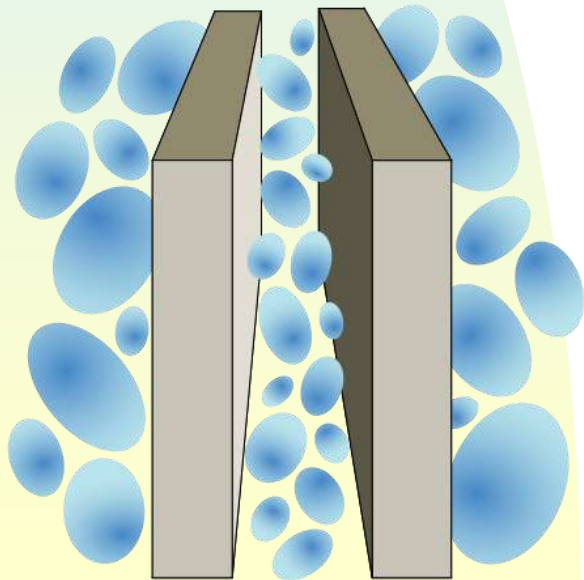
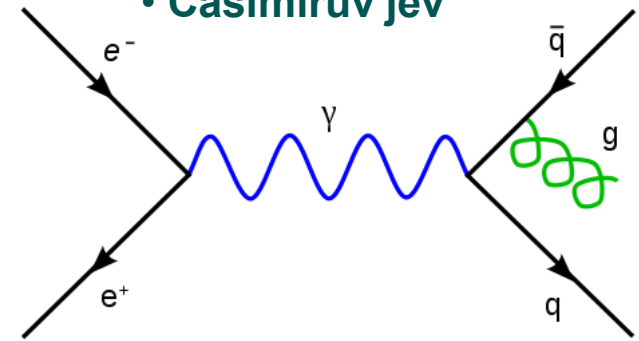
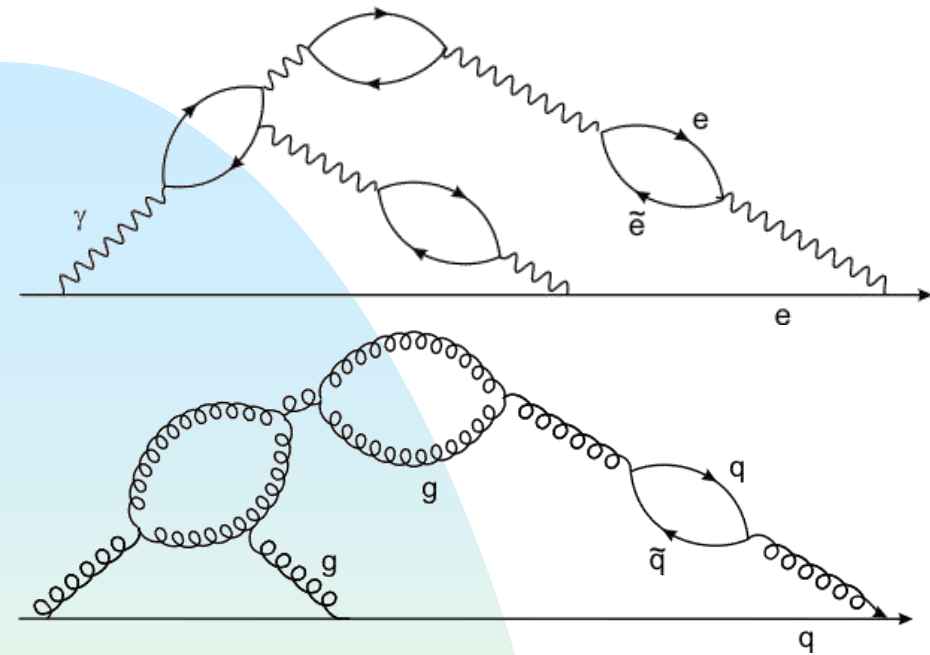






Kvantové vakuum

- stínění náboje
- polarizace vakua
- Lambův posuv
- Casimirův jev



Vakuová energie?

- kvantové fluktuace polí
- virtuální páry částice-antičástice
- pole zajišťující narušení symetrií v přírodě
- $\rho \sim \text{const}$ (temná energie dominuje až nyní!)
- předpověď: 10^{108} eV^4 (standardní model)
- měření: 10^{-12} eV^4 (SN Ia, SDSS, fluktuace CMB)
- **extradimenze, superčástice?**

vakuum - netriviální dynamický systém
polarizace vakua
Lambův posuv
stínění náboje



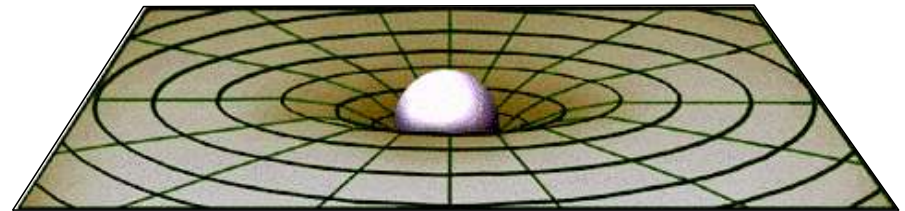
Frank Wilczek: cosi nového je za dveřmi ...

Kvintesence?

Modifikovaná gravitace?



- zakřivení paprsků (1919)
- gravitační čočky (1979)
- stáčení perihelia planet
- gravitační červený posuv
- kosmologický posuv
- Lenseův-Thirringův jev
- gravitační vlny,
- černé díry,
- rozpínání vesmíru

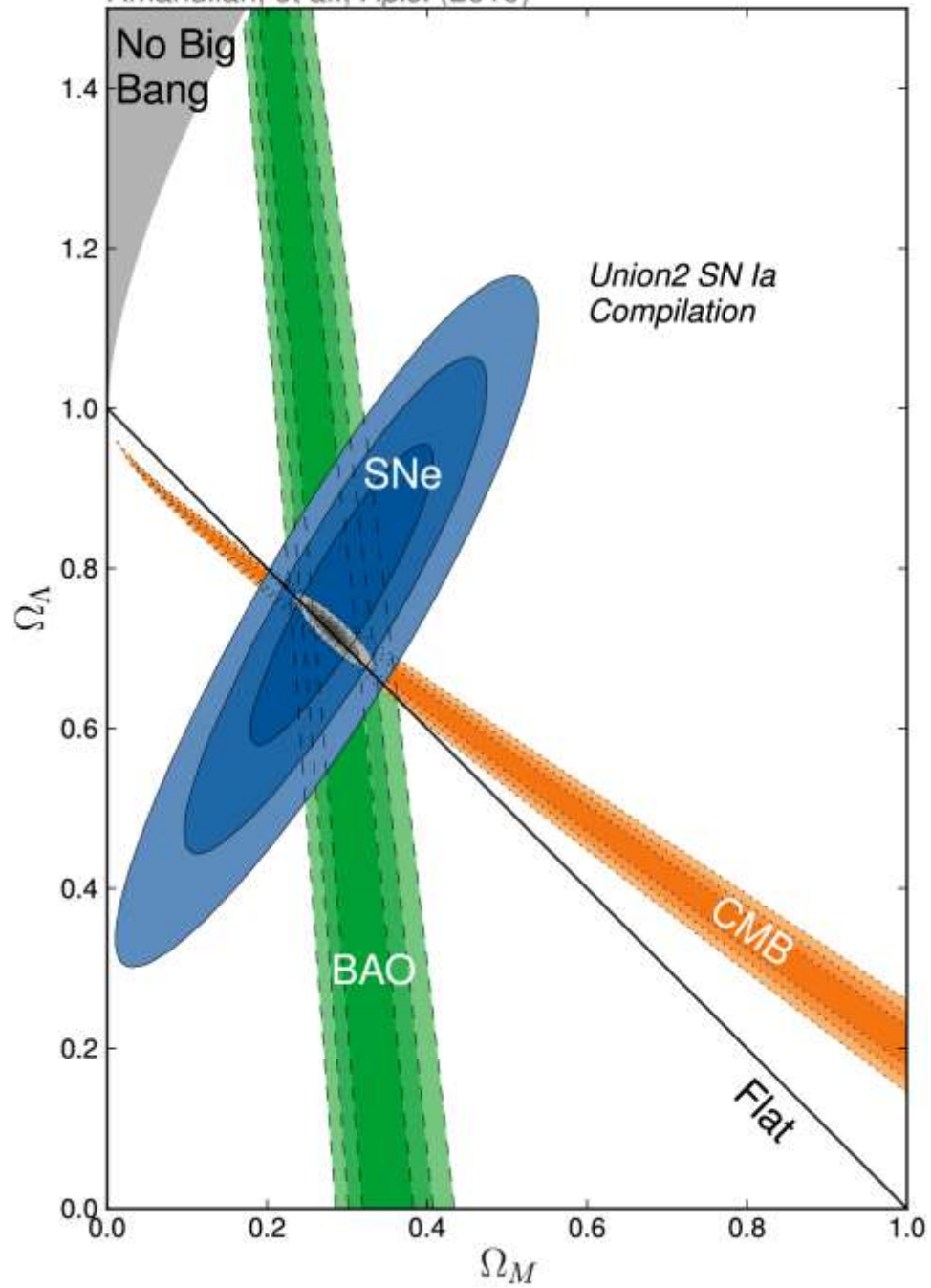


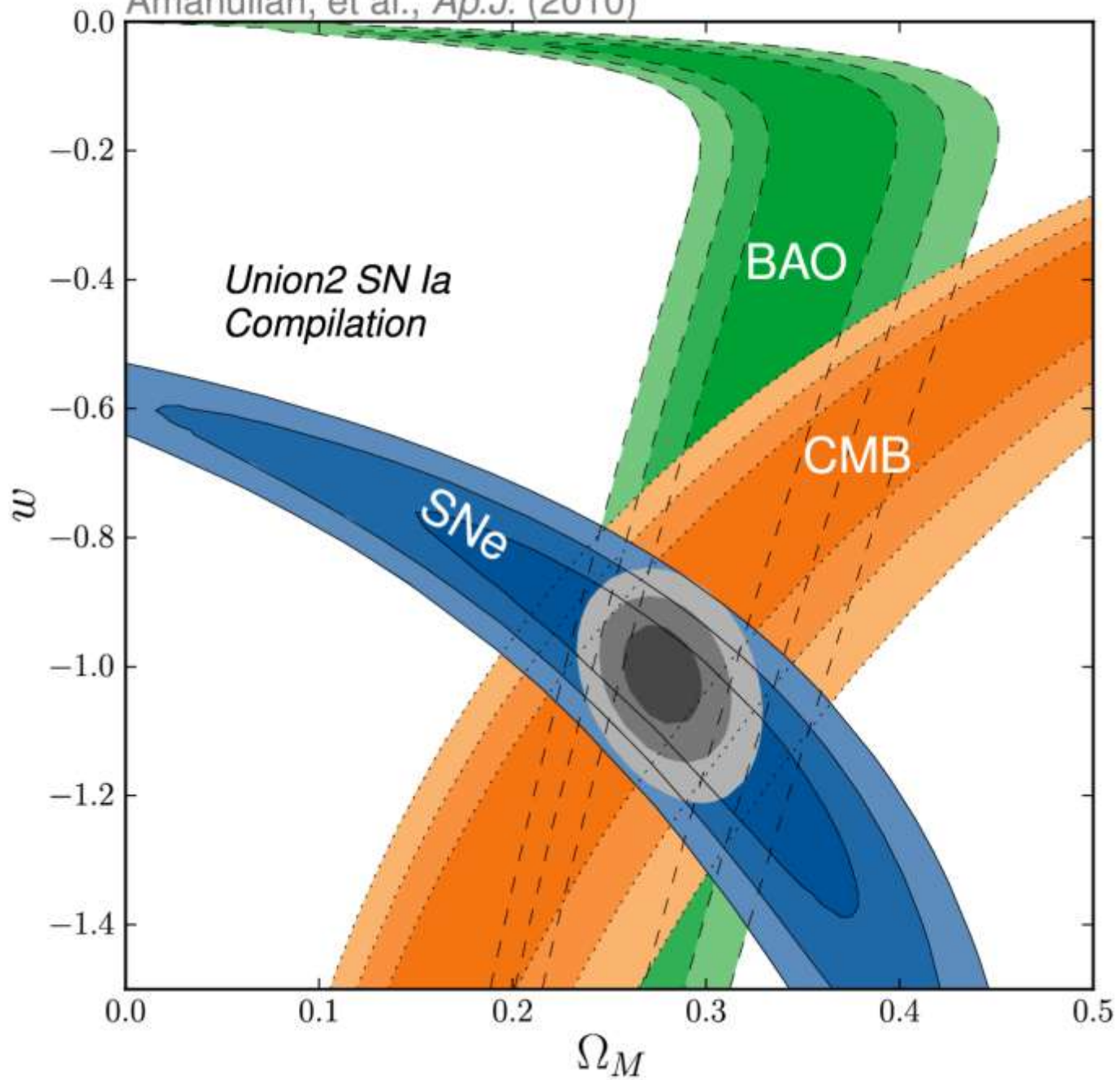
SCP (Supernova Cosmology Project (2010))

SNe – supernovy typu Ia. Autoři projektu shromáždili veškerá dosud naměřená data, z 719 měření bylo 557 použitelných. Tato část projektu se označuje SNe (Supernovae).

CMB – fluktuace reliktního záření. Analýzou fluktuací reliktního záření (CMB, Cosmic Microwave Background) byly zjišťovány oblasti možných kosmologických parametrů našeho Vesmíru.

BAO – baryonové akustické oscilace. Analýzou dat z celooblohových přehlídek je možné detekovat velkorozměrové struktury, do nichž se vyvinuly prvotní fluktuace pozorované v reliktním záření. Tyto fluktuace záření ovlivnily látku, ve které vznikly tzv. baryonové akustické oscilace a z nich později velkorozměrové struktury. Tato část projektu nese označení BAO (Baryonic Acoustic Oscillations).

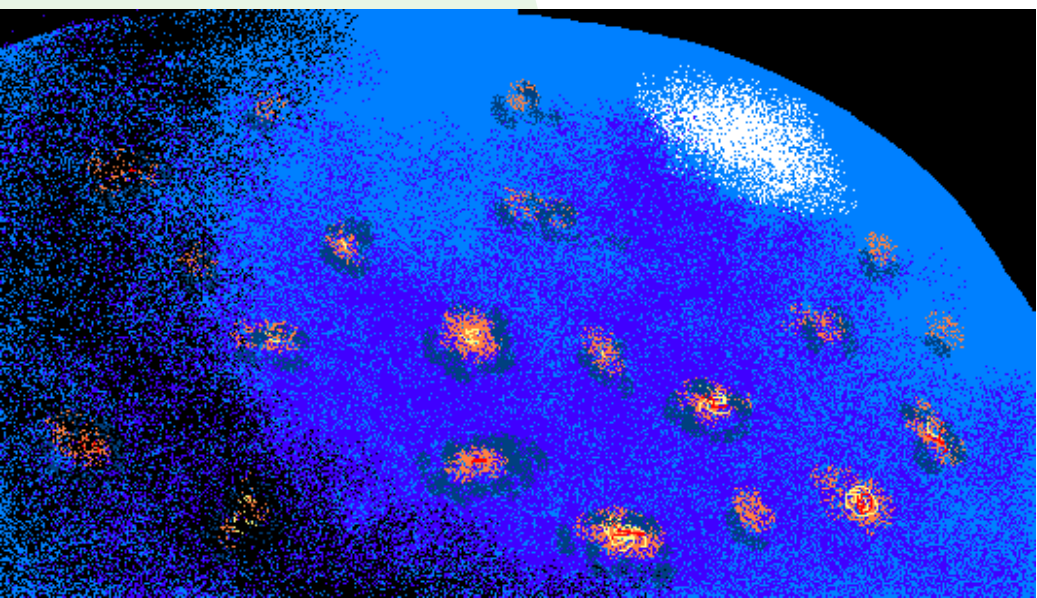
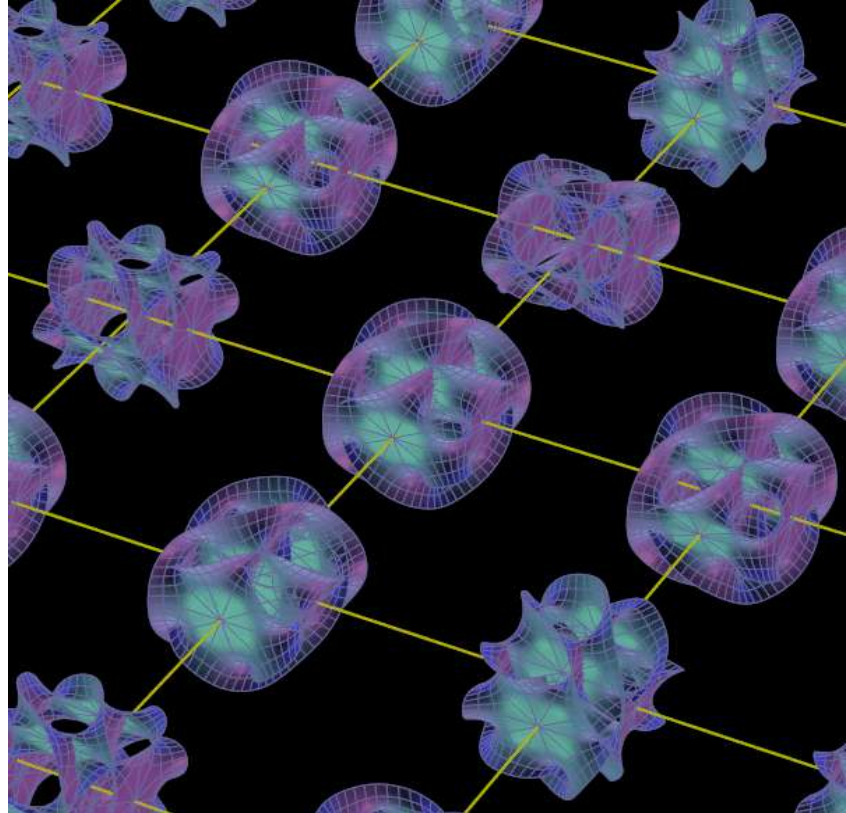




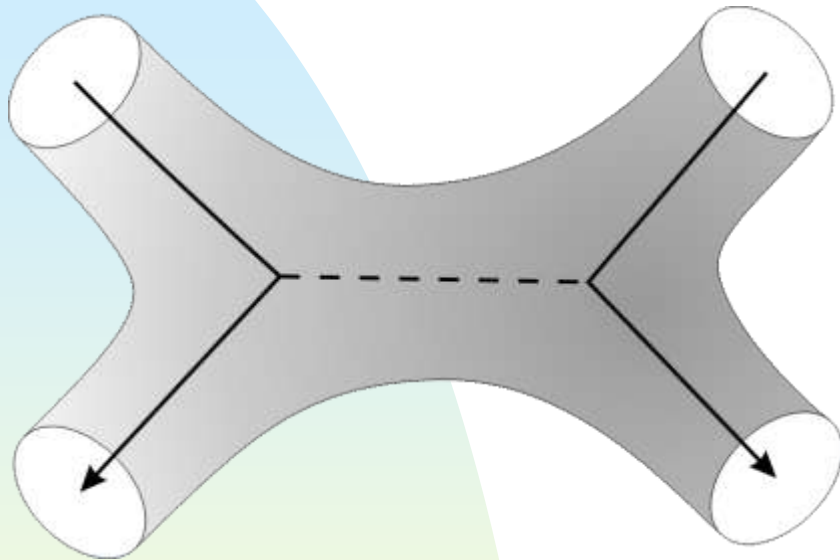


8. Extradimenze zasahují do popisu vesmíru

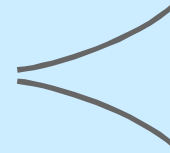
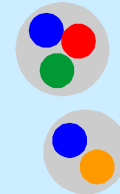
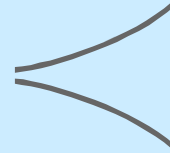
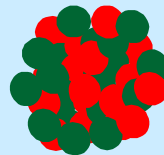
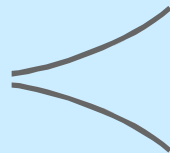
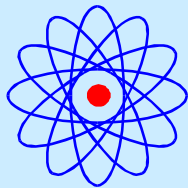
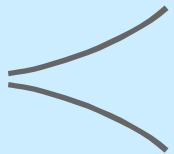
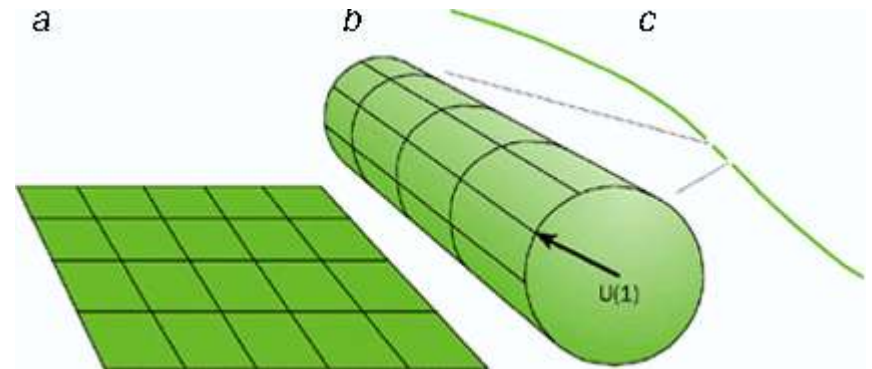
Kaluza, Klein a pátá dimenze (1921)



TOE: extradimenze, kompaktifikace



- spojení kvantové teorie a relativity
- vysoký počet dimenzí
- kompaktifikované dimenze (10^{-33} cm)
- periodické struktury
- částice jako 1D struny
- strunové vakuum



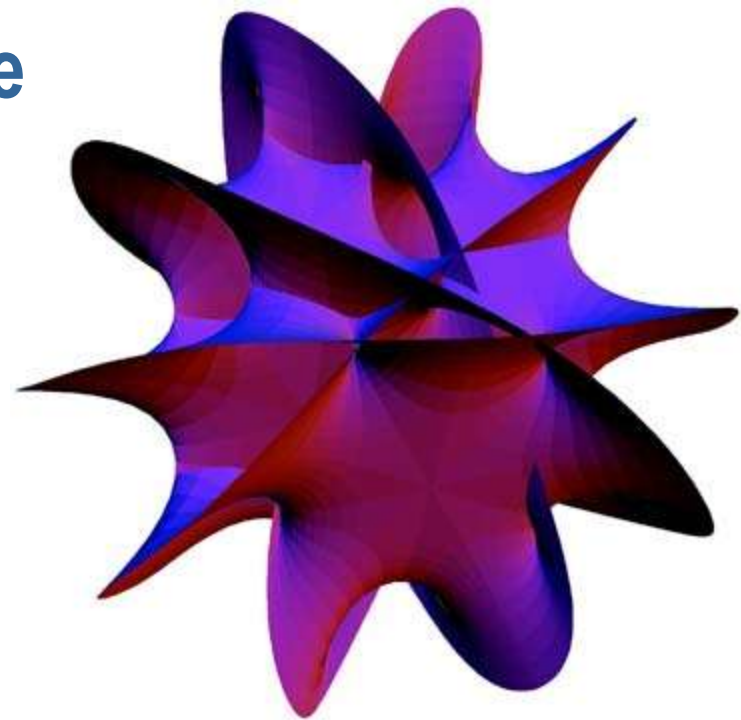
TOE: extradimenze, kompaktifikace

Kolik dimenzí?

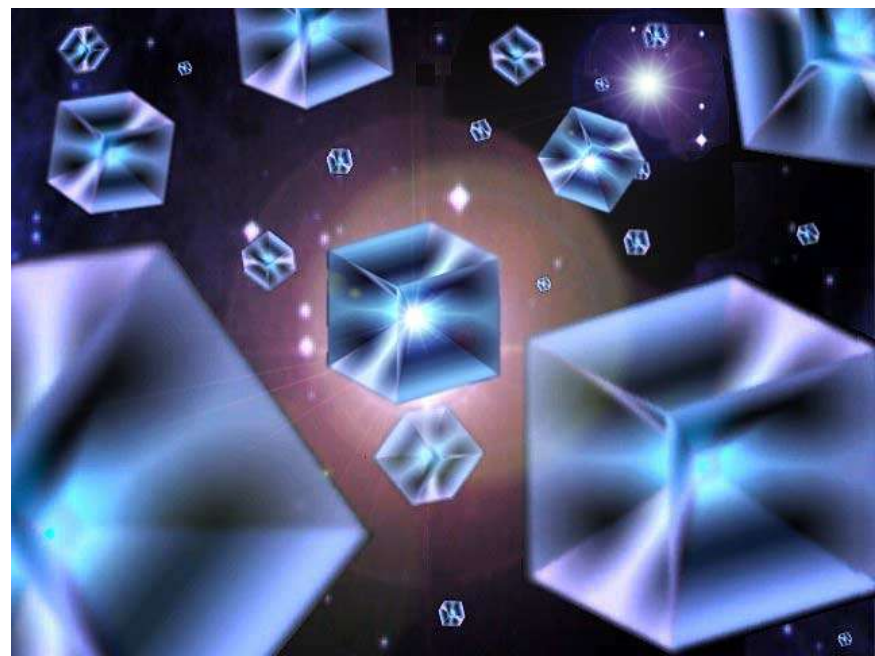
10 + 1

26 + 1 = 4 + 6 + 16 + 1

506 + 1

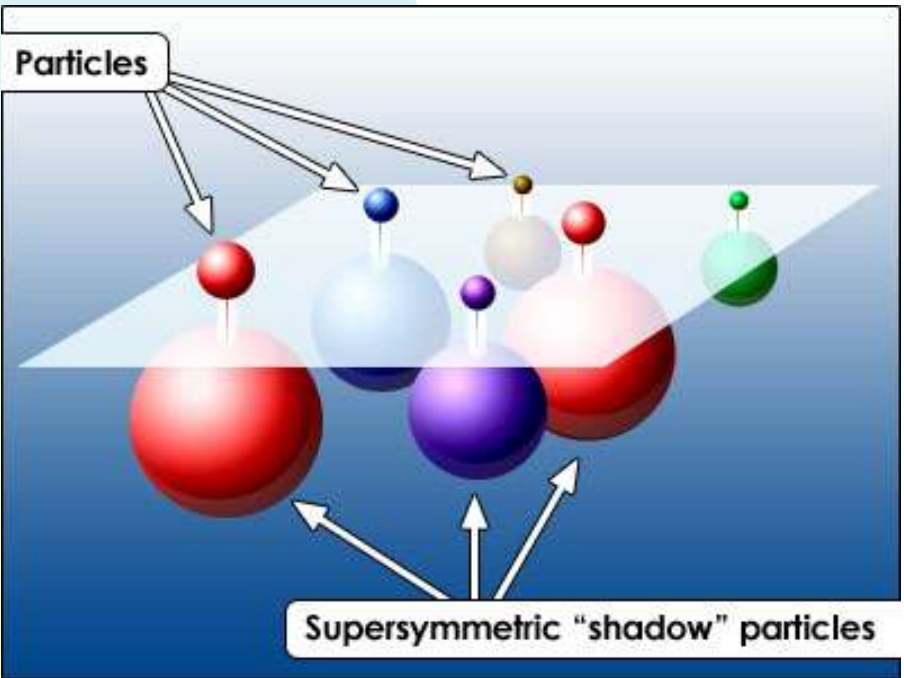
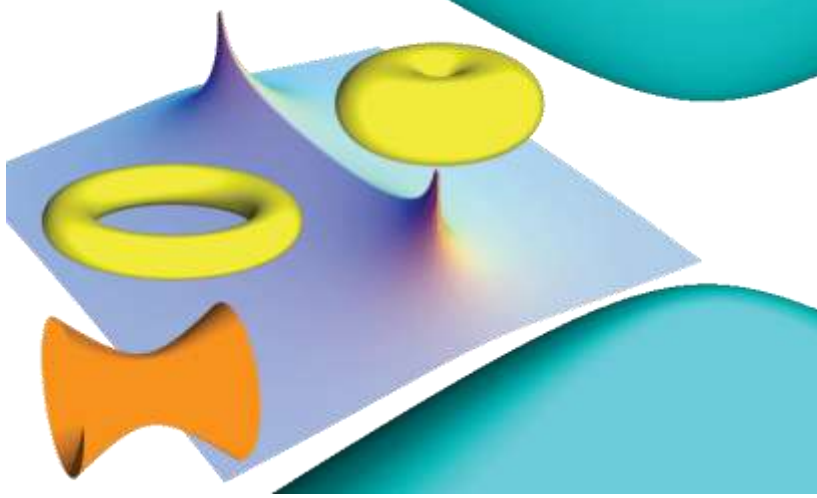


Standard Model				Superstrings Theory
				 Superstring
gluon	graviton	w,z	photon	
			quark	
10^{-17} cm				10^{-33} cm
High scales Low energies				Low scales High energies



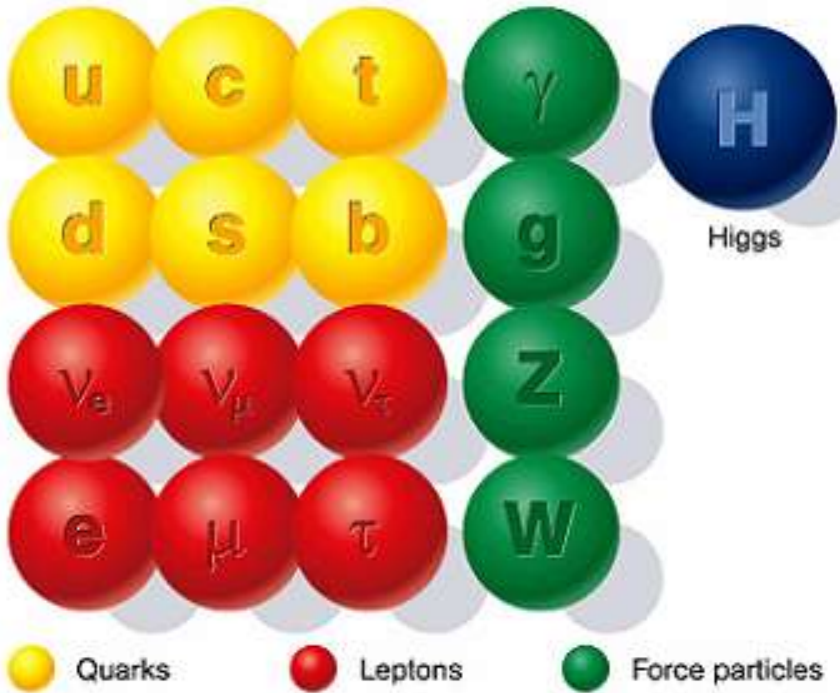
Princip supersymetrie (SUSY)

- superpartneři
- superstruny
- strunová kosmologie – superinflace, superkontrakce
- intenzivní gravitační vlny

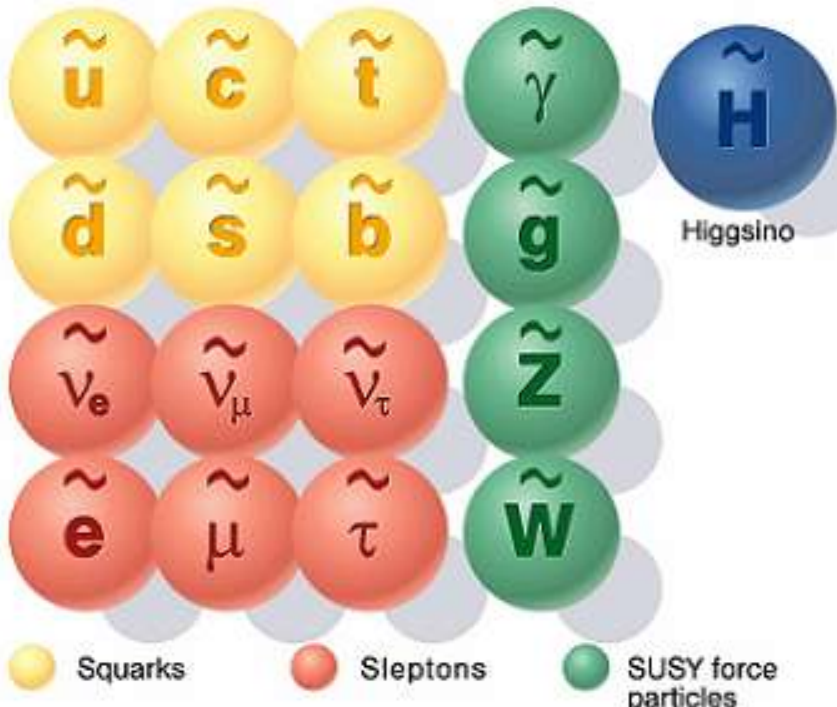


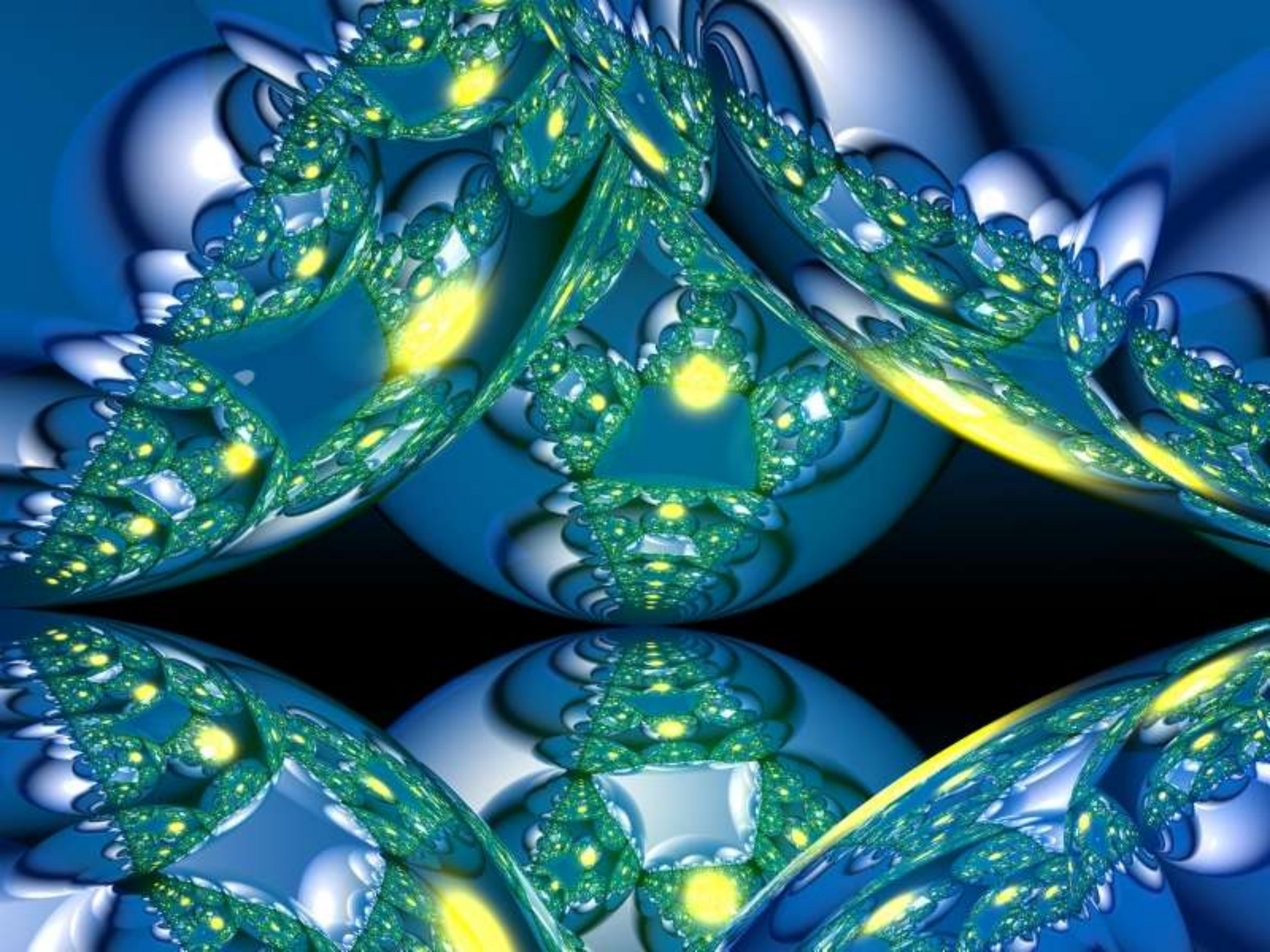
KVARKY	down d dolů	strange s podivný	beauty (bottom) b krásný (dolní)	g gluony	INTERMEDIÁLNÍ ČÁSTICE
	up u nahoru	charm c půvabný	truth (top) t pravdivý (horní)	γ foton	
LEPTONY	e elektron	μ mion	τ tauon	Z boson Z	FERMIONY
	ν_e e neutrino	ν_μ μ neutrino	ν_τ τ neutrino	W[±] bosony W	

Standard particles



SUSY particles



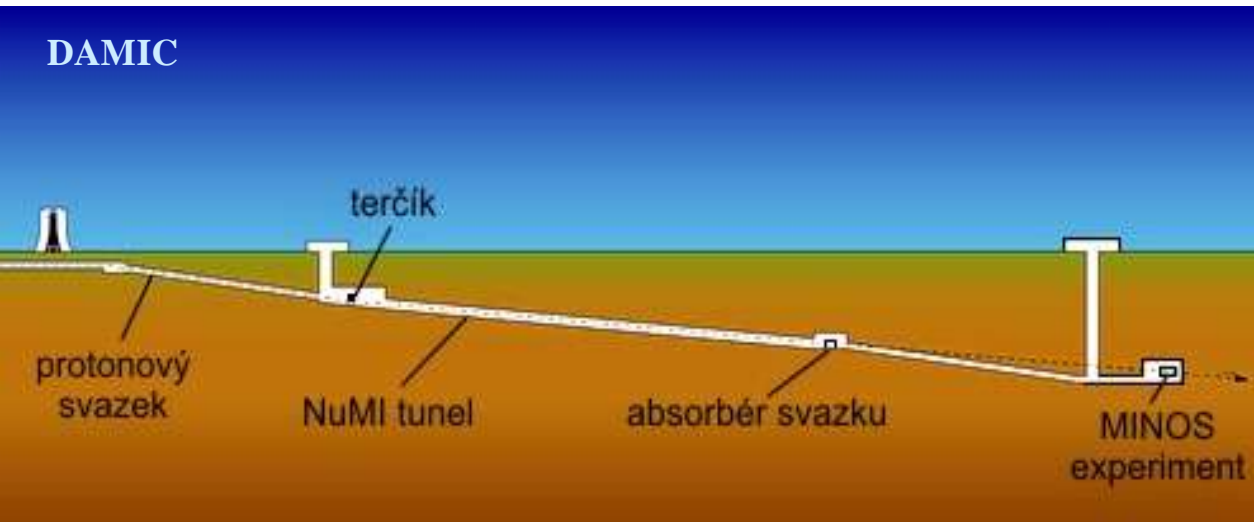


Wimpy – poslední superpartneři?

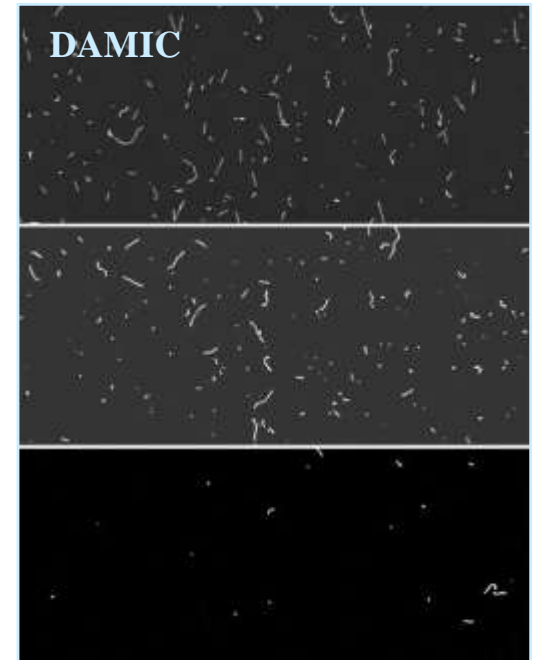


Wimpy – poslední superpartneři?

DAMIC



DAMIC



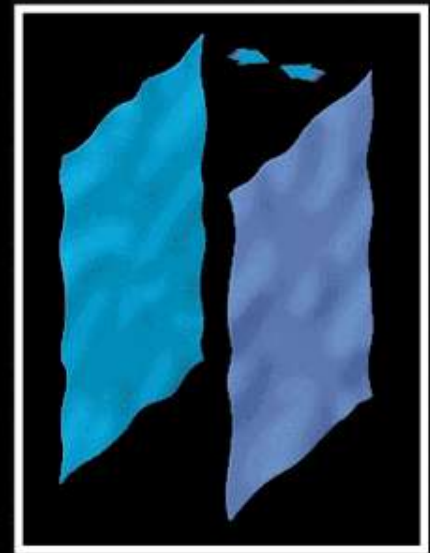
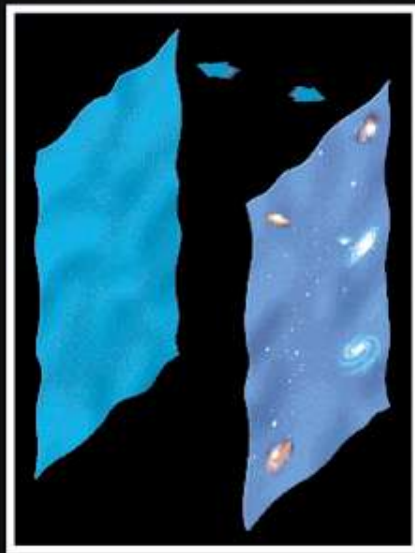
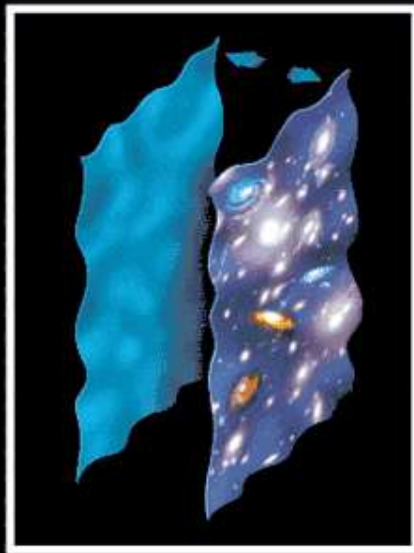
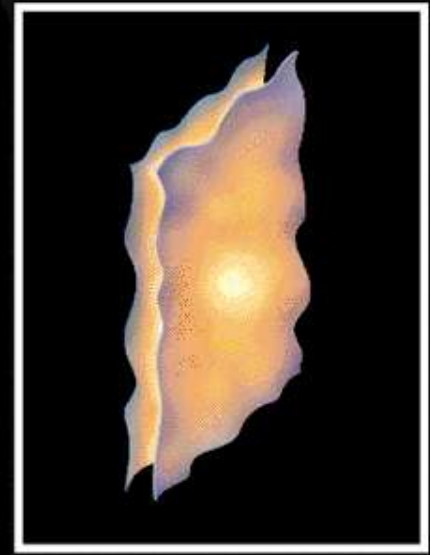
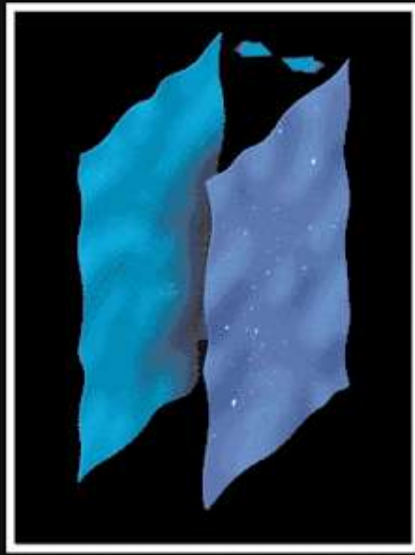
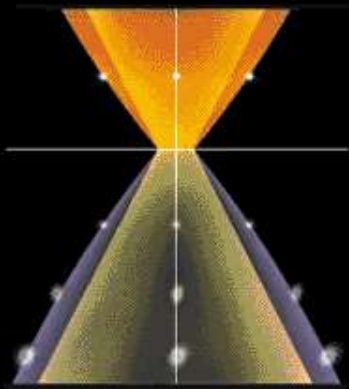
DAMIC



DAMA/LIBRA

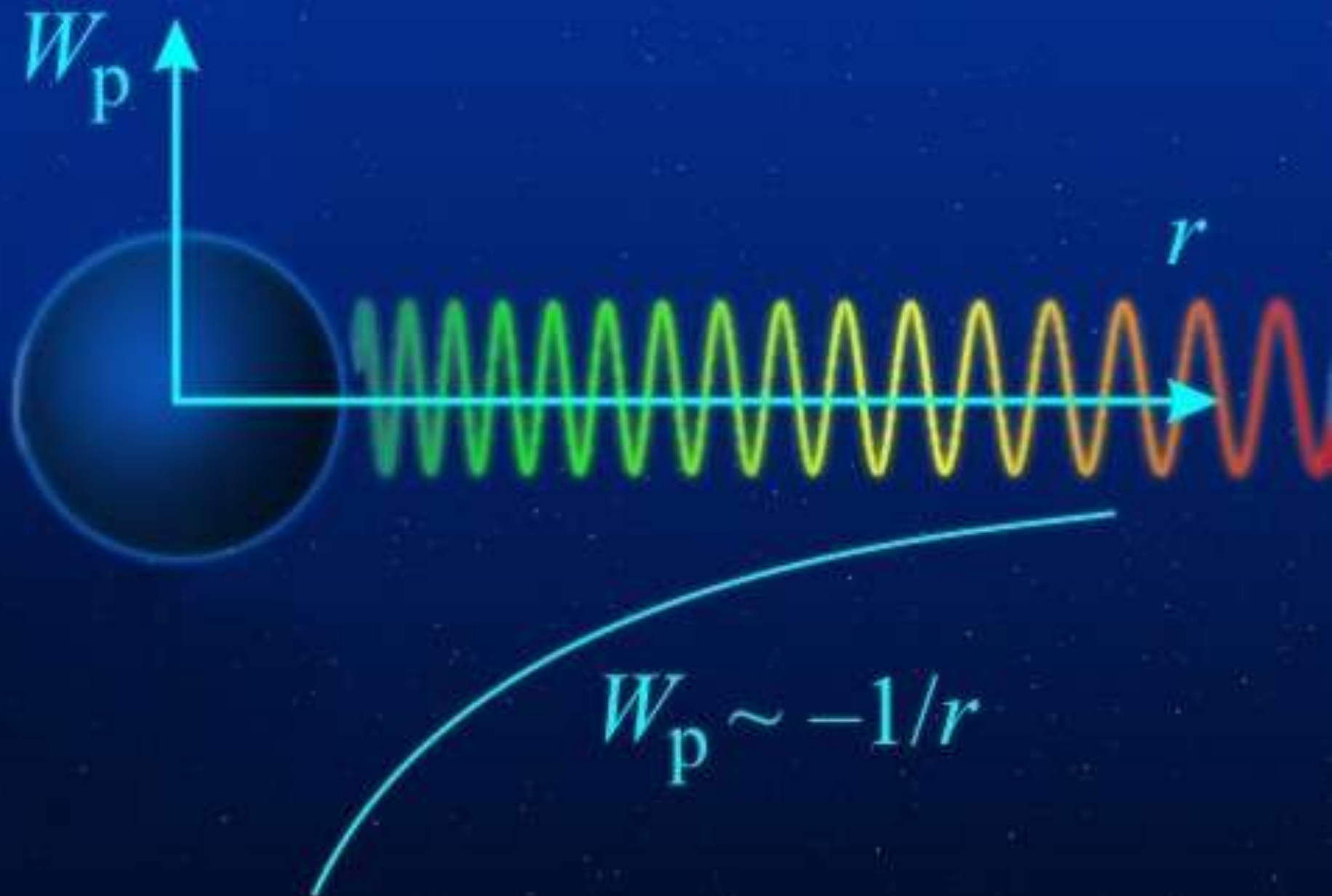


EKPYROTICKÝ MODEL



2001, Neil Turok and Paul Steinhardt

9. Měření zakřivení času



Robert Pound, Glen Rebka, 1960, Jeffersonova laboratoř, Harvard

22,6 metru
přesnost 10 %



Joseph Hafele, Richard Keating, 1971, 1976

Jeffersonova laboratoř, Harvard

10 km
přesnost 1 %



Gravity Probe A, 1976



10 000 km
přesnost 0,01 %

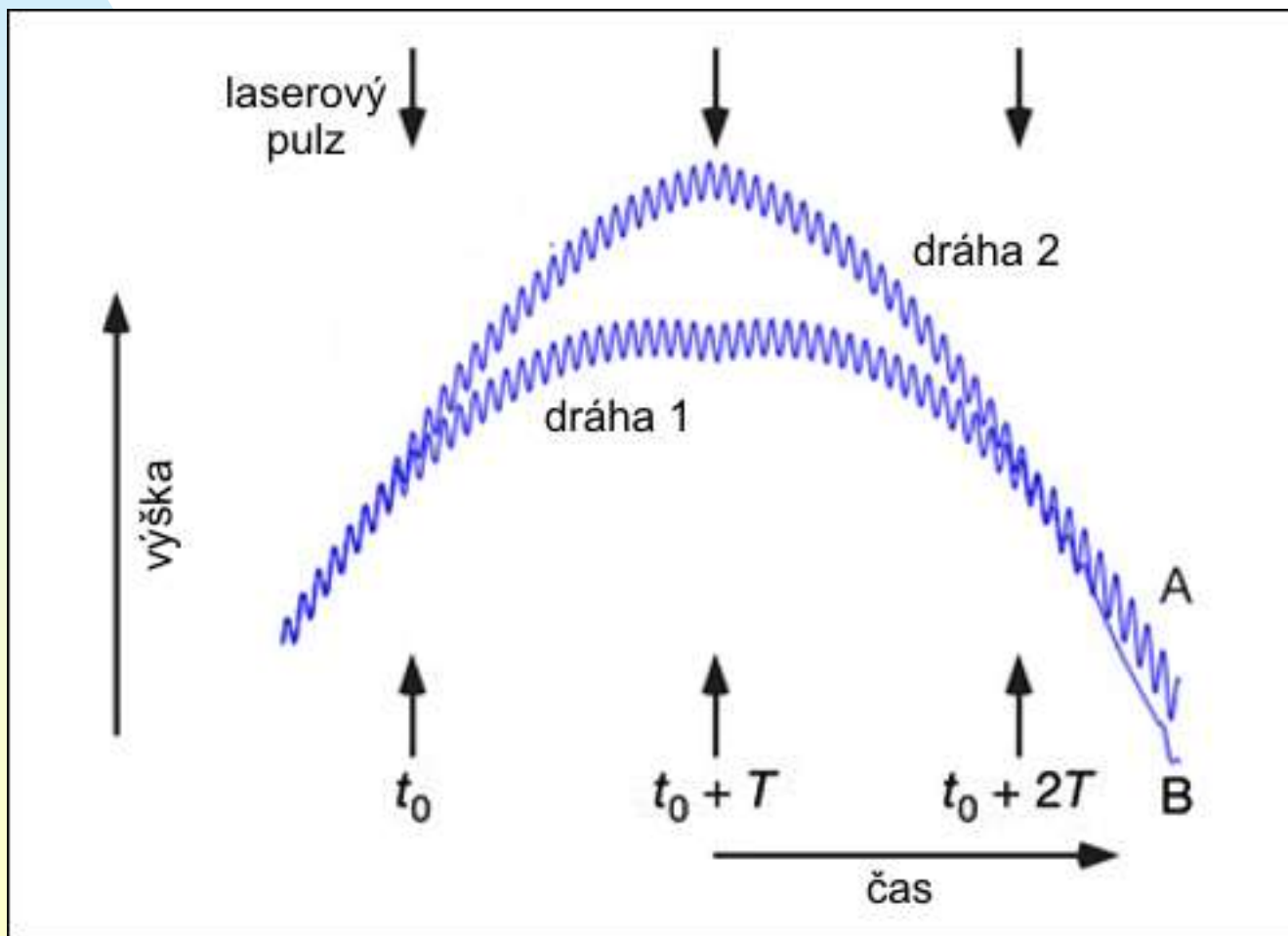
Steven Chu (LBNL)

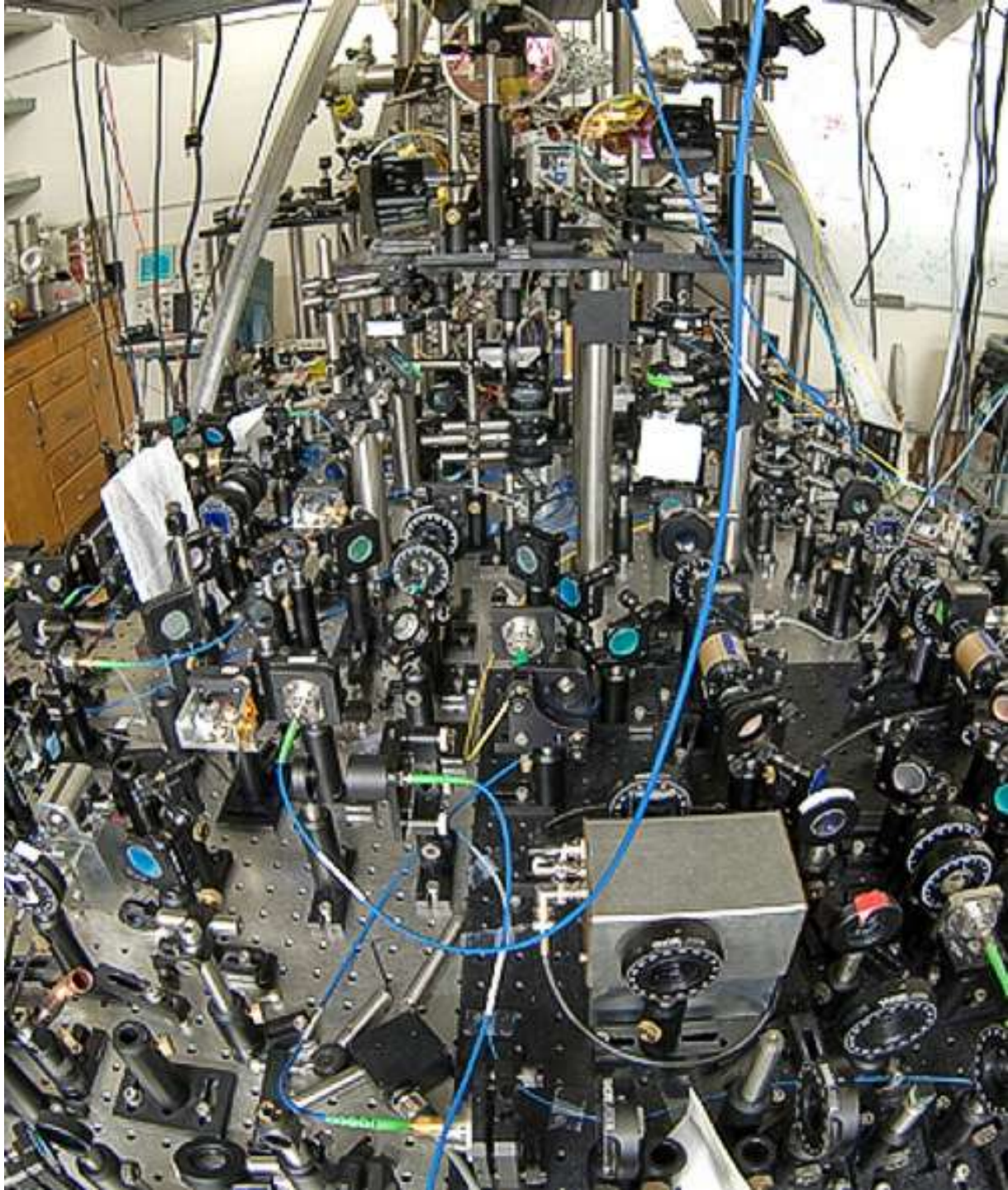
Achim Peters (Humboldtova univerzita)

Holger Müller (UCB)

De Broglieho vlna cesiových atomů

0,1 mm
přesnost 10^{-7} %





10. Hawkingovo vypařování v laboratoři???

Milánský experiment

