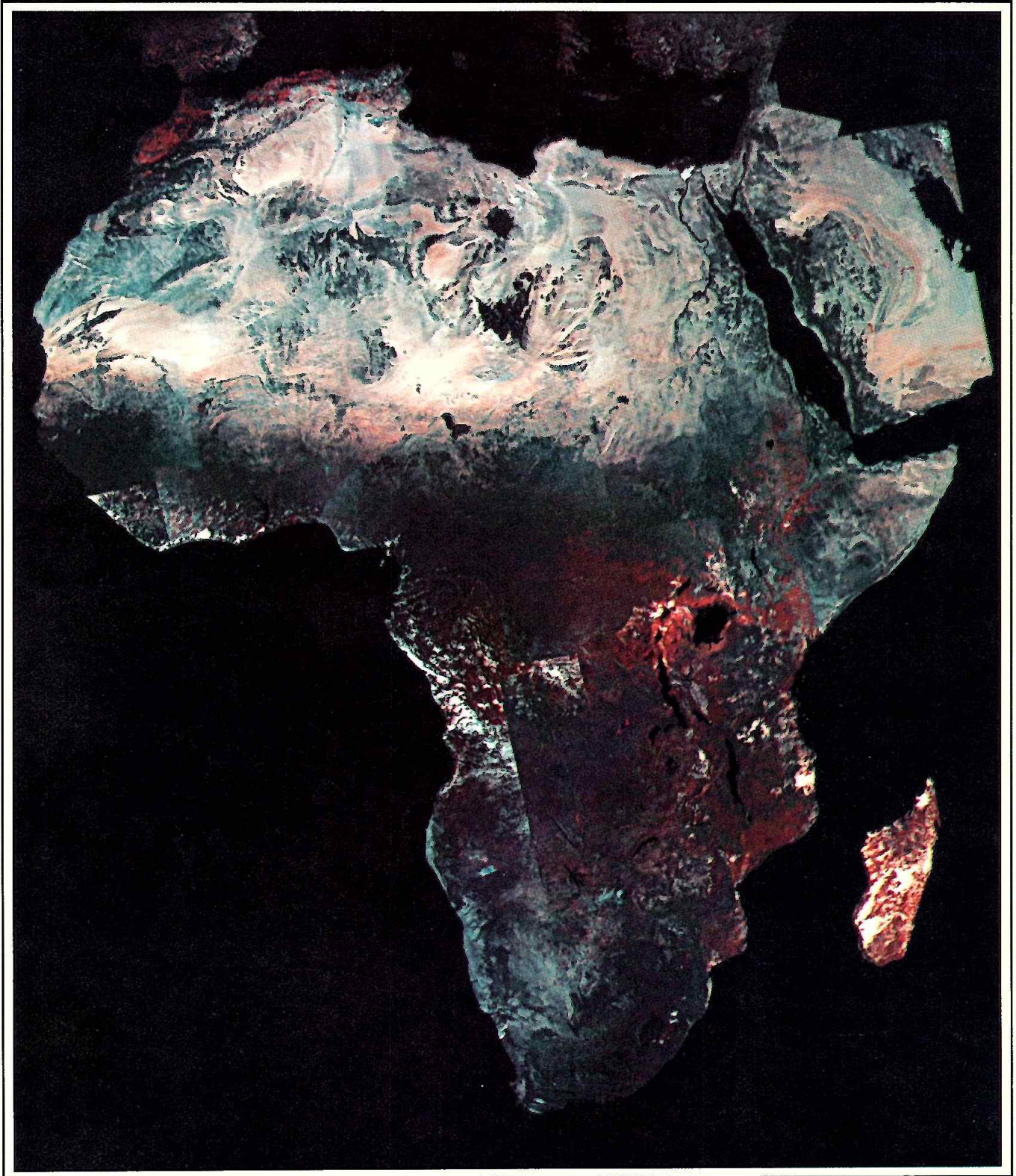


# Říše hvězd

**ZÁŘENÍM ŘÍZENÁ KOSMOLOGIE**

**Na pomoc cestovatelům za zatměním Slunce do Maroka  
Žeň objevů 1992 (III.)**

ročník 74  
9/1993  
cena 12 Kč





## PŘEDNÍ STRANA OBÁLKY

Afrika – Mozaikový snímek Afriky pořízený družicemi NOAA-9, NOAA-10 a NOAA-11. Jednotlivé části mozaiky jsou z období let 1985–1989.

(foto – ERIM/NOAA)



## DRUHÁ STRANA OBÁLKY

Dvojité jádro galaxie Markarian 315 – Snímek dvojitého jádra aktivní galaxie Markarian 315, který pořídil Hubbleův kosmický dalekohled v roce 1992. Blíže viz článek na s. 210.

(foto – NASA/STScI)



## TŘETÍ STRANA OBÁLKY

Jádro galaxie M 51 – Snímek jádra spirální galaxie M 51 pořízený širokouhlou kamerou Hubbleova kosmického dalekohledu zachycuje dva zkřížené prachové prstence ve tvaru písmene X. Jejich průměr se odhaduje na 30 parseků. – Blíže viz článek na s. 211.

(foto – NASA/STScI)



## POSLEDNÍ STRANA OBÁLKY

Mars – Mozaikový obraz povrchu Marsu vzniklý složením 102 dílčích snímků zachycuje štítové sopky v oblasti Tharsis (vlevo), planinu Chryse a větší část 5000 kilometrů dlouhého Valles Marineris (dole).

(foto – NASA/US Geological Survey)



## obsah:

- 208 ZÁŘENÍM ŘÍZENÁ KOSMOLOGIE – Juraj Zverko  
210 NA POMOC CESTOVATELŮM ZA ZATMĚNÍM SLUNCE DO MAROKA – Jan Vondrák  
196 ŽEŇ OBJEVŮ 1992 (III) – Jiří Grygar  
9. Kosmologie a částicová fyzika (196)  
10. Obecná teorie relativity, černé díry (198)  
11. Život na Zemi a mimozemské civilizace (200)  
195, 210 Novinky z astronomie  
Z astronomických cirkulářů (195)  
Dvojité jádro aktivní galaxie Markarian 315 (210)  
Tmavý kříž v jádře galaxie M 51 (211)  
Dopad kosmického výzkumu na astronomii (211)  
Zprávy z Evropské astronomické společnosti (EAS) (212)  
Zprávy z Mezinárodní astronomické unie (IAU) (212)  
202 Noční obloha – prosinec 1993  
Úkazy na obloze (202)  
Objekty vzdáleného vesmíru (206)  
216 Česká astronomická společnost  
Quo vadis, Česká astronomická společnosti?  
194 Redakci došlo  
Sluneční dalekohled  
211 Kdy, kde, co  
214 Knihy – časopisy – software  
209 Astronomická kronika – září 1993  
215 Otázky & odpovědi  
216 Proslechlo se ve vesmíru  
216 Vesmír se díví  
216 Časové signály

## THE REALM OF STARS – Contents:

- 208 COSMOLOGY CONTROLLED BY THE RADIATION – Juraj Zverko  
210 HELPING THE SOLAR ECLIPSE TRAVELLERS TO MOROCCO – Jan Vondrák  
196 HIGHLIGHTS IN ASTRONOMY 1992 (III) – Jiří Grygar  
9. Cosmology and Particle Physics (196)  
10. General Theory of Relativity, Black Holes (198)  
11. Life on the Earth and Extra-Terrestrial Civilizations (200)  
195, 210 Astronomy News  
From Astronomical Circulares (195)  
Double Core of the Active Galaxy Markarian 315 (210)  
Dark Cross in Centre of the Galaxy M 51 (211)  
The Impact of Space Research in Astronomy (211)  
News from the European Astronomical Society (EAS) (212)  
News from the International Astronomical Union (IAU) (212)  
202 Night Sky – December 1993  
Phenomena in the Sky (202)  
Deep-Sky Objects (206)  
216 Czech Astronomical Society  
Quo vadis Czech Astronomical Society?  
194 Submitted to the Editors  
Solar Telescope  
211 When, Where, What  
214 Books – Journals – Software  
209 Astronomical Chronicle – September 1993  
215 Questions & Answers  
216 Overheard in the Universe  
216 Astronomers Smile  
216 Time Signals

**REICH DER STERNE - aus dem Inhalt:** Strahlungskosmologie – J. Zverko (208); Zur Hilfe den Beobachtern der Sonnenfinsternis im Maroko – J. Vondrák (210); Ernte von Entdeckungen im Jahre 1992 (III) – J. Grygar (196)

**ROYAUME DES ÉTOILES - en ce numéro:** La cosmologie de rayonnement – J. Zverko (208); À l'aide des observateurs de l'éclipse solaire en Maroc – J. Vondrák (210); Découvertes importantes en 1992 (III) – J. Grygar (196)

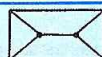
**REINO DE LAS ESTRELLAS - en el contenido:** Cosmología radiativa – J. Zverko (208); Ayuda para los observadores del eclipse anular en Maroko – J. Vondrák (210); Cosecha de descubrimientos en el año 1992 (III) – J. Grygar (196)

## CITÁT MĚSÍCE

*Nekonečný je vesmír a školní rok*

(neznámý žák)

DOLE – Znamení Vah (Libra) – obrázek ze zvěrokruhu Josefa Mánesa (1866) a z hvězdného atlasu Uranometria Jana Bayera (1572–1625).



**Sluneční dalekohled**

Vážená redakce,

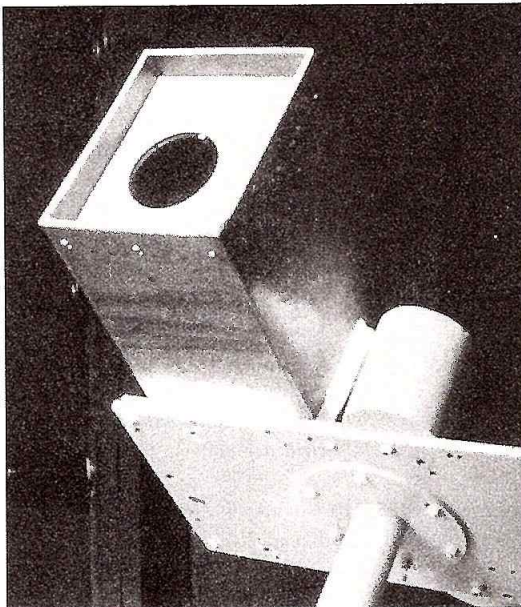
dovoluji si Vám poslat optické schéma slunečního dalekohledu, zároveň přikládám snímky již zhotoveného dalekohledu, který mám umístěn na montáži, a také zkušební snímek Slunce ze dne 9. VI. 1991.

Pro trvalé sledování slunečního povrchu jsem si zhotovil tzv. „sluneční dalekohled“, který jsem si sám vymyslel a postavil. Z optického schématu je vidět chod paprsků. Procházejí nejprve planparalelní deskou, která je opatřena chromovou vrstvou. Ta odráží většinu paprsků a propouští jen malou část k zrcadlu. Od zrcadla se zeslabené paprsky odrážejí zpět na chromovou vrstvu a od ní postupují do výsledného ohniska  $F_V$ , kde již pozorujeme obraz okulárem, případně fotografujeme.

Planparalelní chromový filtr je umístěn ve stavěcí objímce s možností regulace náklonu, stejně tak jako zrcadlo.

Nechci zde rozebírat technické detaily, neboť záleží na každém konstruktérovi, jak uvedenou problematiku vyřeší.

V dalekohledu, který mám, je použito zrcadlo  $\varnothing 120$  mm a  $f = 1200$  mm. Sluneční filtr má  $\varnothing 105$  mm.

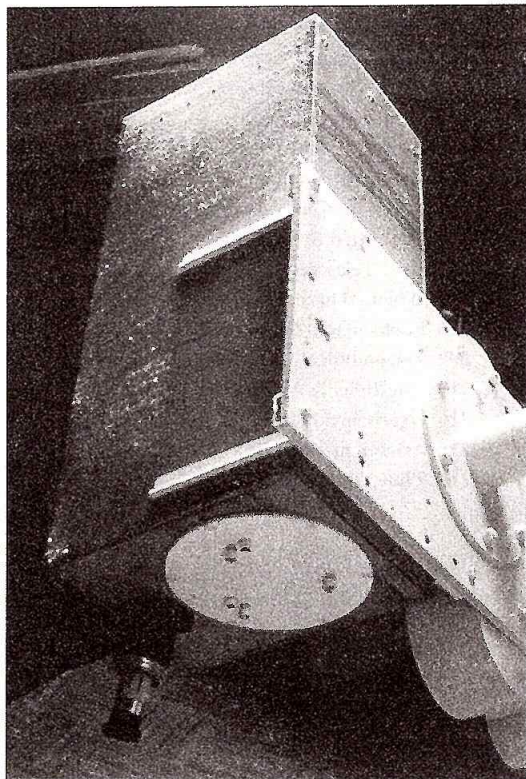


▲ Obr. 1. Sluneční dalekohled – pohled od strany okuláru. (foto – Josef Vnučko)

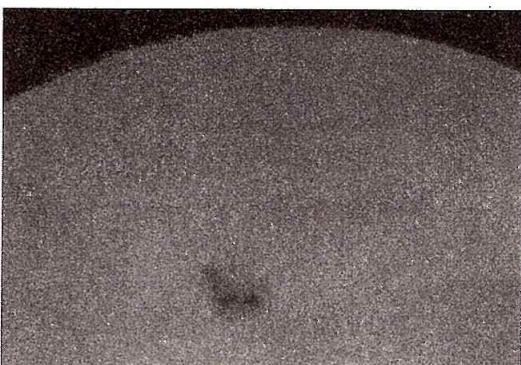
**Shrnutí výhod „slunečního dalekohledu“:**

- 1 Možnost použití zrcadel o relativní světelnosti 1:10–1:20, z čehož vyplývá možnost použití zrcadel s kulovou plochou.
- 2 Poloviční délka tubusu, než jaká by vyplývala z ohniskové vzdálenosti zrcadla.
- 3 Dobrá poloha při pozorování.
- 4 Odstranění ohybových jevů, neboť zde není odrazné zrcátko, takže kvalita obrazu je srovnatelná s čočkovým dalekohledem téhož průměru.
- 5 Uzavřená soustava; nedochází zde k turbulentnímu víření.
- 6 Je to maximální bezpečnost pozorovatele, neboť bez filtru nepřicházejí paprsky k okuláru a zrak nemůže být poškozen.

Josef Vnučko  
Jílové u Děčína

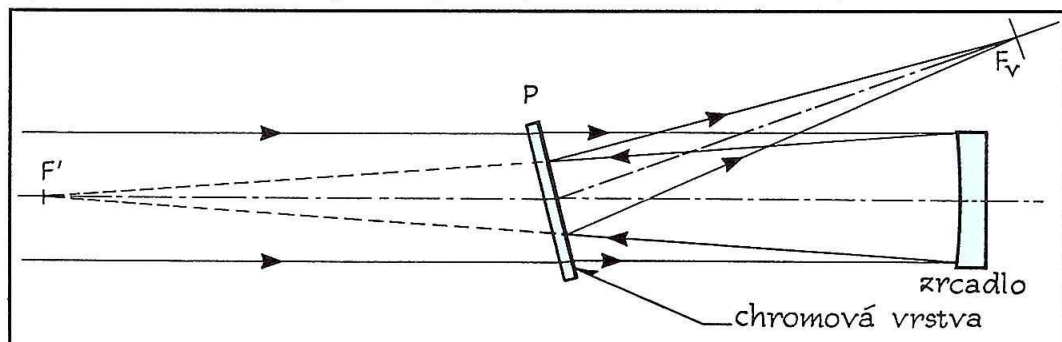


▲ Obr. 2. Sluneční dalekohled – pohled od strany objektivu. (foto – Josef Vnučko)



◀ Obr. 3. Sluneční dalekohled – zkušební snímek Slunce ze dne 9. VI. 1991. (foto – Josef Vnučko)

▼ Obr. 4. Optické schéma slunečního dalekohledu (kresba – Pavel Přihoda)



Ročník 74

9/93

POPULÁRNĚ VĚDECKÝ  
ASTRONOMICKÝ ČASOPIS

První číslo Říše hvězd vyšlo  
v březnu 1920

(Kosmické rozhledy – ročník 31)

Vydává: Informační a poradenské středisko pro místní kulturu (IPOS, Blanická 4, 120 21 Praha 2) v Nakladatelství a vydavatelství Panorama (Hálkova 1, 120 72 Praha 2).

Šéfredaktor: Tomáš Stařecký

Sekretářka redakce: Daniela Ryšánková

Adresa redakce: Říše hvězd, Mrštíkova 23, 100 00 Praha 10 – Strašnice;  $\varnothing$  (02) 781–0163, FAX (02) 777–143

Redakční rada: Václav Appl, Jiří Bouška, Marcel Grün, Jiří Grygar, Oldřich Hlad, Helena Holovská (& jazyková úprava), Miloš Kopecký, Zdeněk Mikulášek, Vladimír Novotný, Jaroslav Pavloušek, Zdeněk Pokorný, Pavel Přihoda, Vojtěch Rušin, Lenka Šarounová, Martin Šolc, Vladimír Vanýsek, Marek Wolf, Juraj Zverko ★ Redakce dále spolupracuje s Astronomickým ústavem Karlovy univerzity a s Českou astronomickou společností (ČAS, Královská obora 233, 170 00 Praha 7).

\* Tisk a sazba: UNI, spol. s r. o. Slezská 13, 120 00 Praha 2 – Vinohrady (reprografie: Repro-Fetterle, spol. s r. o., Jugoslávských partyzánů 1580, 160 00 Praha 6; barevná litografie: Michael CLS, spol. s r. o., V jámě 1, 111 91 Praha 1). \* Vychází 12–krát do roka. \* Cena jednotlivého čísla: 12 Kč; předplatné pro rok 1993: 144 Kč. \* Velkoodběratelé a prodejci si mohou časopis objednat za výhodných podmínek na adrese: Panorama, obyt časopisů, V tůních 11, 120 72 Praha 2;  $\varnothing$  (02) 2422–9536. \* Rozšiřuje První novinová společnost, a. s. (PNS). \* Informace o předplatném podá a objednávky (pro tuzemsko i pro zahraničí) přijímá: PNS, a. s., Administrace centralizovaného tisku, Hvožděnská 5–7, 149 00 Praha 4 – Roztyly;  $\varnothing$  (02) 793–4570 až 85; písemné objednávky zprostředkuje též redakce. \* Redakce nemůže ověřovat všechna fakta uvedená v příspěvcích; za pravdivost, věcnou správnost a původnost příspěvku odpovídá jeho autor. Z dalších příspěvků vybírá redakce nejpodstatnější myšlenky a vyhrazuje si právo jejich rozsah úměrně krátit a stylisticky upravovat. Autorem nevýžádané rukopisy, fotografie, diapositivu a kresby se nevracejí. \* Inzerci přijímá redakce. \*

\* Zařazeno do indexu: Astronomy & Astrophysics Abstracts; Ulrich's International Periodicals Directory. \*

Uzávěrka čísla: 7. září 1993

Index: ISSN 0035–5550

© IPOS, Praha 1993

(redakce děkuje ministerstvu kultury České republiky za významnou podporu, bez níž by realizace časopisu v současné době byla nemožná)

## Z astronomických cirkulářů

### Kometa Mueller (1993a)

- Poslední nejpřesnější dráhové elementy pro ekvinokcium J2000.0:

$$\begin{aligned} T &= 1994 \text{ Jan. } 12,895 \text{ TT} & \omega &= 130,66951^\circ \\ e &= 1 & \Omega &= 144,72245^\circ \\ q &= 1,9373152 \text{ AU} & i &= 124,87783^\circ \end{aligned}$$

- Efemerida na listopad 1993 až únor 1994:

Kometa Mueller (1993a)						
den	$\alpha_{2000}$ [h m s]	$\delta_{2000}$ [° ' " ]	$\Delta$ [AU]	r [AU]	$m_1$ [mag]	
1. XI. 1993	18 44 12,6	+74 39 40	1,764	2,134	9,0	
6. XI. 1993	19 18 05,5	+69 53 54	1,732	2,109	8,9	
11. XI. 1993	19 41 36,1	+64 48 57	1,715	2,086	8,9	
16. XI. 1993	19 59 19,1	+59 36 24	1,715	2,064	8,8	
21. XI. 1993	20 13 31,4	+54 25 37	1,730	2,044	8,8	
26. XI. 1993	20 25 27,0	+49 24 08	1,759	2,025	8,8	
1. XII. 1993	20 35 48,9	+44 37 44	1,801	2,008	8,8	
6. XII. 1993	20 45 04,0	+40 10 17	1,855	1,993	8,8	
11. XII. 1993	20 53 29,9	+36 03 57	1,919	1,979	8,9	
16. XII. 1993	21 01 18,1	+32 19 32	1,989	1,968	8,9	
21. XII. 1993	21 08 36,6	+28 56 38	2,066	1,958	9,0	
26. XII. 1993	21 15 30,8	+25 54 05	2,145	1,950	9,1	
31. XII. 1993	21 22 04,9	+23 10 18	2,227	1,944	9,1	
5. I. 1994	21 28 22,1	+20 43 30	2,310	1,940	9,2	
10. I. 1994	21 34 25,0	+18 31 57	2,391	1,938	9,3	
15. I. 1994	21 40 15,3	+16 33 56	2,471	1,937	9,3	
20. I. 1994	21 45 54,2	+14 47 47	2,548	1,939	9,4	
30. I. 1994	21 56 41,5	+11 45 14	2,688	1,949	9,5	
4. II. 1994	22 01 51,4	+10 26 14	2,751	1,956	9,6	
9. II. 1994	22 06 52,9	+09 13 57	2,808	1,966	9,7	
14. II. 1994	22 11 46,3	+08 07 23	2,859	1,977	9,7	
19. II. 1994	22 16 31,5	+07 05 37	2,903	1,991	9,8	
24. II. 1994	22 21 08,4	+06 07 50	2,940	2,006	9,9	

(IAUC 5838, MPC 22383)

### Nová kometa Mueller (1993p)

Možná, že jen o vlásek unikl objev letošní další komety (1993p) manželům Tichým ze světově proslulé hvězdárny na Kletu v Českých Budějovicích – jejich přesné poziční fotografie jsou v pořadí po objevu čtvrté. Kometu 1993p objevil Jean Mueller 16,44 srpna 1993 (UT) na fotografické desce pořízené 1,2-m Schmidtovou komorou v rámci programu tzv. druhé palomarské přehlídky oblohy. V době objevu se kometa nacházela na rozhraní souhvězdí Kasiopeji a Andromedy; měla stelární vzhled s náznakem malého kometárního ohonu. Příslušným projde kometa začátkem dubna příš-

tího roku, kdy bude ovšem pro pozorovatele na severní polokouli nepozorovatelná. Do této doby by však měla být celkem slušně pozorovatelná středními a většími dalekohledy – její jasnost bude pozvolna stoupat až do ~ 8. magnitudy.

- Poslední nejpřesnější dráhové elementy pro ekvinokcium J2000.0:

$$\begin{aligned} T &= 1994 \text{ Apr. } 5,04 \text{ TT} & \omega &= 261,27^\circ \\ e &= 1 & \Omega &= 193,95^\circ \\ q &= 0,9835 \text{ AU} & i &= 105,58^\circ \end{aligned}$$

- Efemerida na říjen 1993 až únor 1994:

Kometa Mueller (1993p)						
den	$\alpha_{2000}$ [h m s]	$\delta_{2000}$ [° ' " ]	$\Delta$ [AU]	r [AU]	$m_1$ [mag]	
1. X. 1993	00 39 37,6	+46 38 07	2,108	2,916	12,3	
11. X. 1993	00 16 10,9	+43 18 14	1,944	2,800	11,9	
21. X. 1993	23 53 17,0	+38 36 42	1,820	2,682	11,6	
31. X. 1993	23 33 11,9	+32 44 21	1,742	2,563	11,3	
10. XI. 1993	23 17 19,0	+26 08 33	1,710	2,443	11,0	
15. XI. 1993	23 11 07,9	+22 45 19	1,710	2,383	10,9	
20. XI. 1993	23 06 07,2	+19 24 15	1,719	2,323	10,8	
25. XI. 1993	23 02 13,8	+16 08 51	1,737	2,262	10,7	
30. XI. 1993	22 59 23,6	+13 01 44	1,762	2,201	10,7	
5. XII. 1993	22 57 31,9	+10 04 38	1,792	2,140	10,6	
10. XII. 1993	22 56 34,2	+07 18 28	1,827	2,079	10,5	
15. XII. 1993	22 56 25,9	+04 43 36	1,864	2,018	10,4	
20. XII. 1993	22 57 02,6	+02 19 47	1,902	1,956	10,3	
25. XII. 1993	22 58 19,8	+00 06 24	1,939	1,895	10,2	
30. XII. 1993	23 00 13,6	-01 57 25	1,976	1,834	10,1	
4. I. 1994	23 02 40,7	-03 52 40	2,010	1,773	10,0	
9. I. 1994	23 05 38,4	-05 40 24	2,041	1,712	9,9	
14. I. 1994	23 09 04,4	-07 21 40	2,068	1,651	9,8	
19. I. 1994	23 12 56,4	+08 57 36	2,090	1,592	9,6	
24. I. 1994	23 17 12,8	-10 29 18	2,106	1,532	9,5	
29. I. 1994	23 21 52,3	-11 57 49	2,117	1,474	9,3	
3. II. 1994	23 26 54,3	-13 24 10	2,120	1,417	9,1	
8. II. 1994	23 32 19,0	-14 49 18	2,116	1,361	9,0	
13. II. 1994	23 38 06,7	-16 14 14	2,104	1,307	8,8	
18. II. 1994	23 44 18,7	-17 39 57	2,084	1,255	8,6	
23. II. 1994	23 50 56,7	-19 07 24	2,055	1,206	8,4	

(IAUC 5846, 5848)



(kz)

**Vysvětlivky k tabulkám: dráhové elementy:** T – okamžik průchodu perihelium, e – excentricita, q – vzdálenost periheliu,  $\omega$  – argument periheliu,  $\Omega$  – délka výstupného uzlu, i – sklon k ekliptice, a – velká poloosa, P – oběžná doba; **efemeridy** (všechny údaje jsou vztaženy k 0h TT příslušného dne)  $\alpha$ ,  $\delta$  – souřadnice pro ekvin. J2000.0,  $\Delta$  – vzdálenost od Země, r – vzdálenost od Slunce,  $m_1$  – zdánlivá celková jasnost. □

## 9. Kosmologie a částicová fyzika

Problém skryté hmoty má ovšem mnohem obecnější povahu, zásadně ovlivňující stav soudobé kosmologie. Prvním astronomem, jenž si možnou existenci **nezářící hmoty** v galaxiích či mezi galaxiemi uvědomil, byl již v r. 1936 F. Zwicky. Dnes je rozpor mezi hmotnostmi galaxií, určenými dynamicky a ze zářivého výkonu, naprosto všeobecný a zarážející svou velikostí. Skryté hmoty je podle všeho o dva řády více než hmoty zářící. O její přítomnosti svědčí již zmíněné gravitační čocky: rozštěpení obrazů vzdálených kvasarů je podstatně větší, než by vyplývalo sečtením zářící hmoty členů mezilehlé kupy galaxií. Dalším důležitým argumentem je použití viriálové věty na pohyby galaxií v dané kupě. Galaxie se pohybují tak rychle, že pokud by tam nebyla velká skrytá hmota, celá kupa by se již dávno rozpadla. Třetím důvodem pro existenci skryté hmoty jsou pak průběhy křivek rotace pro běžné galaxie. Tyto křivky buď stále rostou se vzdáleností od centra galaxie, anebo alespoň nikde neklesají, což se dá vysvětlit jedině tak, že na periferii galaxie (v jejím halu) se nalézá velké množství skryté hmoty.

Poslední argument loni napadli E. Battaner aj., když usoudili, že na průběh křivek rotace má vliv mezihvězdné magnetické pole. Tvrdí, že např. pro galaxii M 31 v Andromedě by se dal předpoklad o skryté hmotě nahradit tvrzením, že průměrné mezihvězdné magnetické pole této galaxie dosahuje hodnoty 600 pT. To je zdánlivě docela malá hodnota, ale stěží se dá pozorovatelsky obhájit. V okolí Slunce činí totiž průměrná indukce mezihvězdného magnetického pole jen 0,2 pT.

Proto naprostá většina odborníků i nadále nepochybuje o tom, že ve vesmíru je skrytá hmota významně zastoupena; spíše se věnuje otázce, v čem spočívá **fyzikální podstata skryté hmoty**. Především jde o to, zda jde o hmotu baryonní, složenou ze známých typů baryonů (protony, neutrony, hyperony), anebo o hmotu nebaryonní (neutrina, různé hypotetické částice jako fotina, axiony atd.). Převládá mínění, že baryonní skrytá hmota nemůže být nijak hojná. P. Hut a M. Rees loni ukázali, že v halu galaxií nemohou existovat černé díry s hmotnostmi řádu  $10^6 M_{\odot}$ , neboť by to mělo důsledky, které nepozorujeme.

Z rozboru měření družice COBE i na základě dalších pozorování se nyní řada autorů (R. Schaefer, Q. Shafi, A. Taylor) kloní k mínění, že skrytá hmota se skládá jak z „horké“ složky (relativistické částice), tak ze složky „chlazené“ (slabě interagující velmi hmotné částice zvané souhrnně WIMP). A. Taylor a M. Rowan-Robinson konkrétně tvrdí, že baryonní hmota vesmíru činí právě 1% jeho celkové hmoty a že dalších 30% hmoty vesmíru připadá na obyčejná neutrina (s klidovou hmotností kolem  $7,5 \text{ eV} \cdot c^{-2}$ ). Zbýlých 69% hmoty vesmíru připadá na nespecifikovanou chladnou skrytou hmotu. Autoři přitom vycházejí z předpokladu, že sku-

tečná hustota hmoty vesmíru je právě rovna hustotě kritické a že Hubblova konstanta je rovna  $H_0 = 50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ .

M. Warren aj. se pokusili simulovat vývoj vesmíru, obsahujícího pouze chladnou skrytou hmotu, na superpočítači, na němž za 24 hodiny provedli plných  $4,4 \cdot 10^{14}$  operací pro 17,2 milionu „hmotných bodů“. Zkoumali tak vývoj vesmírné „krabice“ o hraně 250 Mpc a zjistili, že hala galaxií vznikají gravitačním zhroucením ještě rozsáhlejších objektů. Podle C. Hogana jde o pokus vysvětlit vznik nehomogenních struktur ve vesmíru z počátečních fluktuací bez zavedení negravitačních sil. Tento postup má však četná metodická úskalí a není jasné, zda povede k cíli.

D. Spergel a N. Turok shrnuli dosavadní úvahy o **vzniku kosmických struktur** v přehledovém článku, v němž vycházejí z částicové fyziky. Ta nedávno prostřednictvím experimentů prokázala, že existují nanejvýš tři rodiny částic, podléhající v raném vesmíru jediné supersymetrické interakci. Postupným narušováním symetrie se zvyšoval počet interakcí a zároveň vznikaly **topologické defekty** v jednom či více rozměrech. Podle počtu rozměrů je nazýváme monopóly, strunami nebo doménovými stěnami. Nejsložitější defekty se nazývají **texturami** a podle autorů právě textury mohou nejlépe objasnit vznik komplikované struktury současného vesmíru, aniž by se přitom model dostal do sporu se známou vysokou izotropií reliktního záření na úrovni  $10^{-5}$ . Nicméně ani tímto postupem se nedaří uspokojivě vysvětlit největší pozorované struktury ve vesmíru.

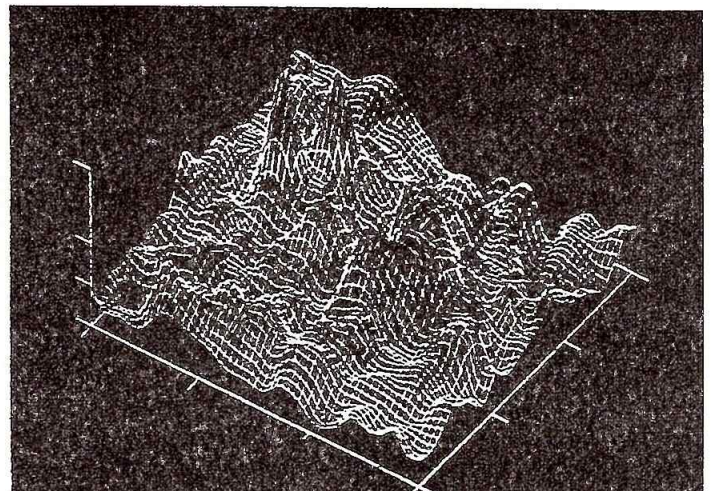
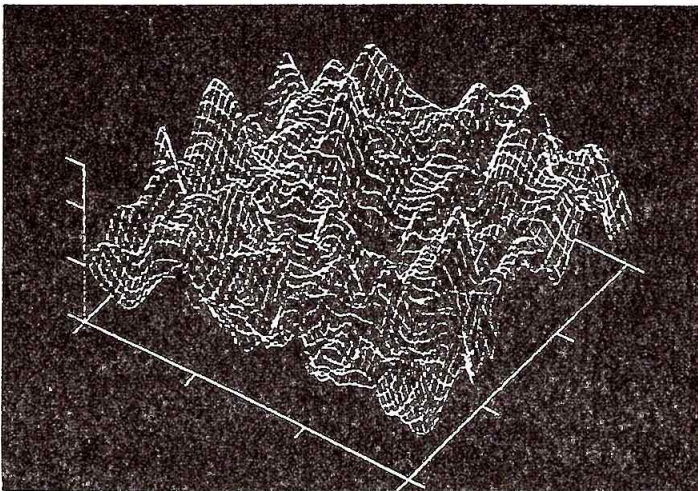
V nejbližších letech lze očekávat významný pokrok v podrobnějším poznání **velkorozměrové struktury vesmíru**. V Novém Mexiku v USA se totiž buduje specializovaný 2,5-m reflektor Apache Point se zorným polem o průměru  $3^\circ$ , jenž bude schopen při jediné expozici získávat naráz spektra asi 600 galaxií. Počítá se, že během pěti let se tak zdaří změřit červené posuvy pro milion galaxií do 19. magnitudy a dále pro sto tisíc kvasarů s červeným posuvem do  $z = 6$ ! K tomu přibude čtyřbarevná fotometrie pro 50 milionů galaxií do 23. mag, čili úhrnem asi 10 TB informací o velkorozměrové struktuře vesmíru.

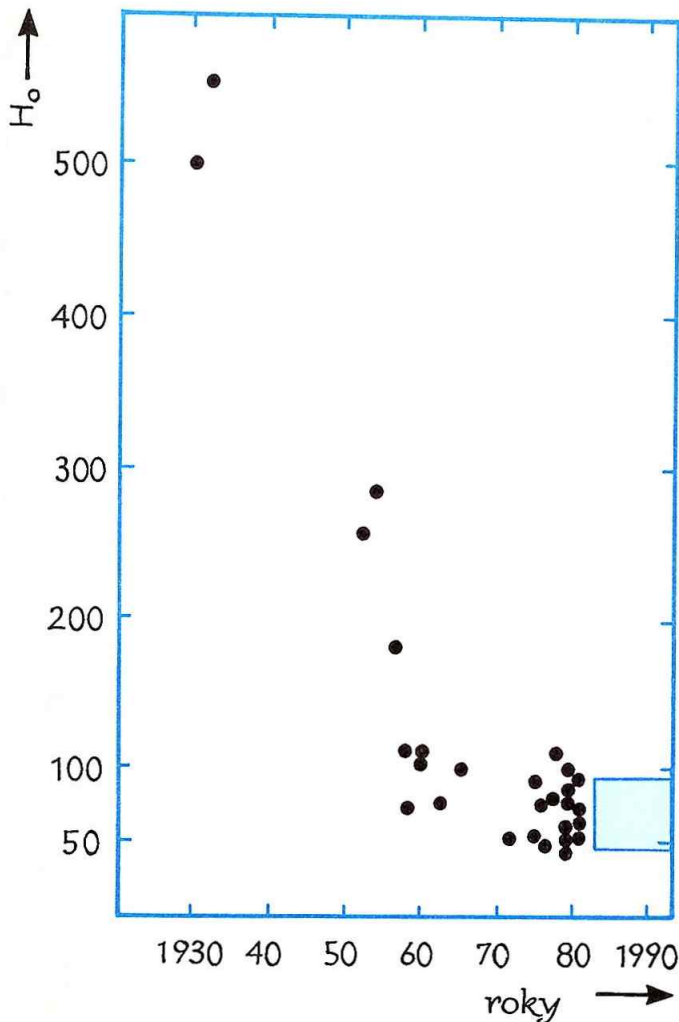
K nejostřeji vyhoceným kosmologickým otázkám patří již řadu let určení správné hodnoty **Hubblovy konstanty** rozpínání vesmíru  $H_0$ . Jak známo, odborníci se v té věci rozštěpili na dvě nesmiřitelné skupiny. Početnější (a mladší!) jsou ti, kdo hájí „vysokou“ hodnotu nad  $80 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ , zatímco konzervativci se přidržují hodnot kolem  $H_0 = 50$ . Ani loni tomu nebylo jinak. Z osmi nezávislých určení  $H_0$ , jež byla publikována renomovanými autory, vycházejí čtyři hodnoty v rozmezí 76 až 86 a zbylé čtyři v rozpětí 43 až 51. Přesto si troufám odhadnout, že v příštích letech se většina odborníků přikloní spíše k citované nižší hodnotě, jelikož nejnovější měření vzdálenosti cefeid ve středně vzdálených galaxiích, vykonaná Hubblovým kosmickým dalekohledem, dávají hodnoty kolem  $H_0 = 50$  (N. Panagia aj., A. Sandage).

Zcela nepochybně však nejvíce vzrušení vzbudilo loni v dubnu oznámení skupiny G. Smoota, jež se zabývá analýzou výsledků umělé družice

▲ Obr. 9.1 – Hustotní fluktuace v raném vesmíru podle teorie kosmologické inflace (vlevo) a teorie textur (vpravo).

(Podle D. N. Spergela a N. G. Turoka)





▲ Obr. 9.2 – Vývoj měřených hodnot Hubblovy konstanty ( $H_0$ ) v průběhu let od prvního Hubblova měření z r. 1929 do současnosti. Šrafovaně je vyznačeno rozpětí  $H_0$ , které vyplývá z měření v posledním desetiletí. (Podle R. Kippenhahna) (kresba – Pavel Přihoda)

COBE, že se jim podařilo objevit tolik očekávané drobné **fluktuační intenzity reliktního záření** v různých směrech na obloze. Družice COBE již předtím potvrdila tepelný charakter reliktního záření a zpřesnila hodnotu střední teploty na 2,736 K. Pomocí diferenciálních radiometrů DMR, pracujících na vlnových délkách od 3,3 do 9,5 mm, se podařilo ukázat, že na úhlové stupnici od  $10^\circ$  do  $90^\circ$  dochází k odchylkám od zmíněné střední hodnoty s průměrnou amplitudou  $(30 \pm 5) \mu\text{K}$ . Přitom se zatím podařilo zpracovat jen pozorování za první rok práce družice, když celá obloha byla proměřena dvakrát; úhrnem šlo o 63 milionů jednotlivých měření!

Na mapách fluktuační jsou patrné nepravidelné chladnější a teplejší chuchvalce, ale je třeba si uvědomit, že tyto mapy zdaleka nelze považovat za skutečnou strukturu hustotních fluktuační v raném vesmíru. Většina chuchvalců na mapách vznikla šířením náhodných chyb – pouze pečlivá statistická analýza ukazuje, že přes tyto náhodné fluktuační se překrývají reálné rozdíly hustot v tom smyslu, že chladnější pásma odpovídají vyšším hustotám v raném vesmíru a naopak teplejší pásma odpovídají nižším hustotám látky.

J. Silk, ale i mnozí další autoři odtud vyvozují, že tato měření potvrzují standardní kosmologický model s epizodou inflace ve velmi raném vesmíru jakož i způsob tvorby škálově invariantních hustotních fluktuační. Jsou však i tací, kteří se snaží zmíněné výsledky interpretovat netradičně, buď jako výsledek fluktuační gravitačních vln v raném vesmíru (L. Krauss,

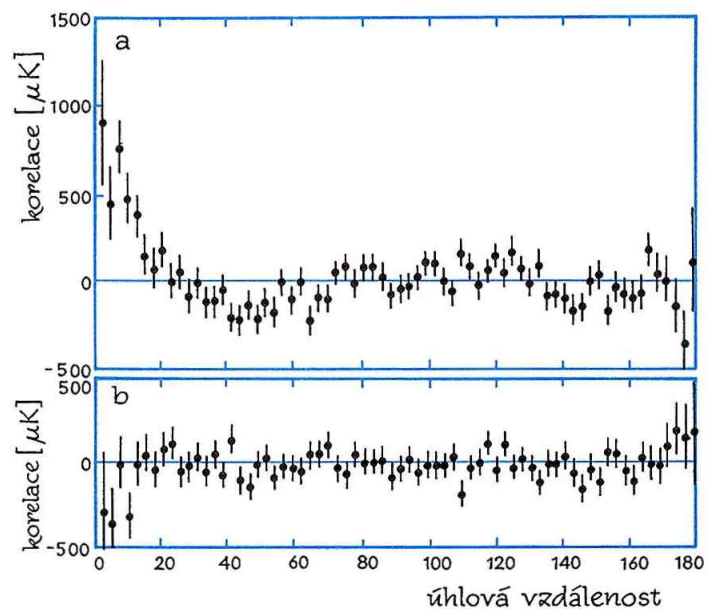
M. White), nebo dokonce jako důkaz platnosti oprášené hypotézy stacionárního vesmíru (F. Hoyle, G. Burbidge)! V současné době je však samotný výsledek experimentu podroben kritice a tak asi nezbude než počkat na zpracování dalších desítek milionů měření z radiometrů družice COBE.

Čekání si můžeme krátit úvahami o tom, zda je velký třesk opravdu ta nejhodnější kosmologická teorie. Autor domněnky ustáleného stavu vesmíru F. Hoyle se totiž překvapivě nevzdává – na loňské konferenci Evropské astronomické společnosti v Lutychu se snažil vzkřísit úvahy již čtyřicet let překonané a vzápětí uveřejnil práci, v níž navrhuje netradiční cesty tvorby lehkých prvků ve vesmíru v tzv. **Planckových ohnivých koulích** o hmotnosti  $10^{-8}$  kg, které mohou při jakýchkoli explozích dodat do vesmíru pokaždé nějakých  $5 \cdot 10^{18}$  baryonů.

Pozorování však nic takového nepodporují. J. Linsky aj. se snažili určit poměrné zastoupení deuteria v raném vesmíru z pozorování Hubblovým kosmickým dalekohledem a dostali hodnotu  $1,5 \cdot 10^{-5}$ , což mimo jiné znamená, že baryonní hustota vesmíru představuje asi 10% hustoty kritické.

G. Zank se pokusil shrnout současný stav názorů na vznik částic kosmického záření, tedy zejména protonů a atomových jader o velmi vysokých energiích. První kloudnou hypotézu o původu kosmického záření vyslovili v r. 1934 W. Baade a F. Zwicky. Usoudili, že kosmické záření nějak souvisí s explozemi supernov. Posléze sám E. Fermi navrhl v r. 1949 nový mechanismus, při němž jsou částice kosmického záření postupně urychlovány v chaotických mezihvězdných magnetických polích. Dnes se vsutku zdá, že urychlování kosmického záření probíhá uvnitř Galaxie a že registrované částice kosmického záření nejsou starší než 10 milionů let, což znamená, že urychlovací mechanismus pracuje rychle a efektivně. Zdá se, že původní domněnky mají podle D. Bryanta aj. něco do sebe, jelikož k neefektivnějšímu urychlování dochází v rázových vlnách expandujících obálek supernov. Jakmile se částice mírně urychlí, převezme roli efektivního urychlovače chaotické mezihvězdné magnetické pole. Lze tak opravdu rychle docílit energií částic na úrovni  $10^{20}$  eV, což jsou vsutku nejvyšší pozorované energie.

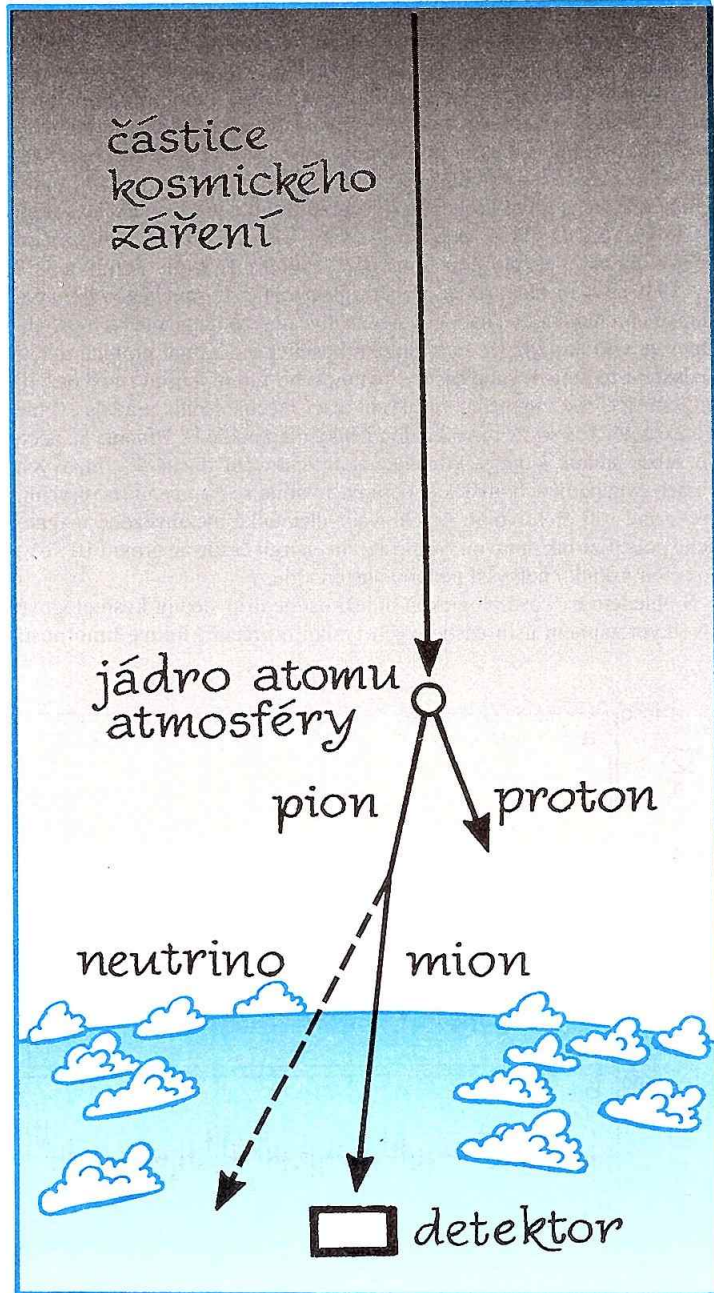
S ohledem na kosmologickou důležitost neutrin sledují kosmologové s velkým zájmem úsilí částicových fyziků o určení klidové hmotnosti



▲ Obr. 9.3 – Korelační funkce pro měření reliktního záření pomocí družice COBE na frekvencích 53–90 GHz. V grafu a) je vynesena korelační funkce pro součet signálů ve dvou kanálech každého radiometru, kdežto v grafu b) je vynesena funkce pro rozdíly signálů v obou kanálech. Přítomnost značných fluktuační v diagramu a) a naopak jejich nepřítomnost v grafu b) je důkazem reálnosti naměřených fluktuační intenzity reliktního záření. (Podle G. F. Smoota aj.) (kresba – Pavel Přihoda)

všech typů neutrin. Podle J. Bonna aj. činí horní mez klidové hmotnosti elektronového neutrina  $7,2 \text{ eV} \cdot c^{-2}$  a údajné anomální neutrimo o hmotnosti  $17 \text{ keV} \cdot c^{-2}$  neexistuje. Mionové neutrimo je lehčí než  $170 \text{ keV}$  a tauonové lehčí než  $35 \text{ MeV}$ .

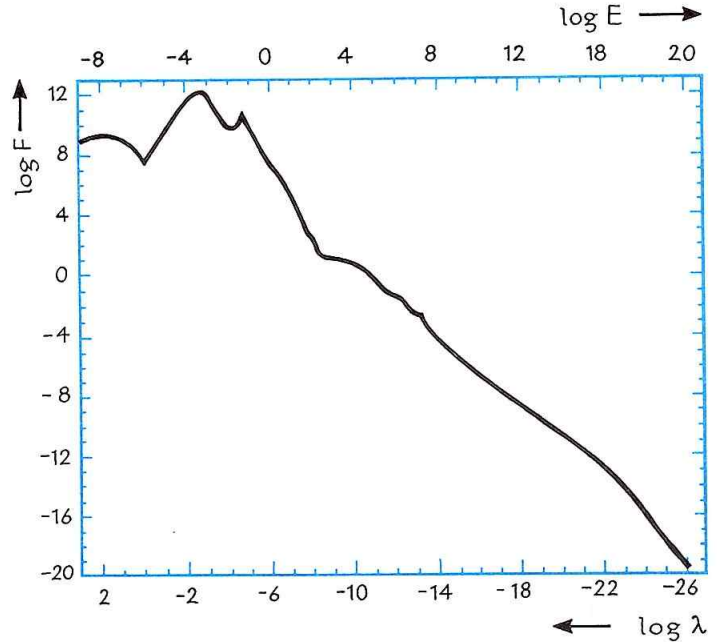
A. Burrows uvádí, že značný pokrok lze očekávat ve chvíli, kdy k Zemi dorazí **neutrinová sprška** od některé galaktické supernovy. Soudí, že spršku zachytí všechny stávající detektory slunečních neutrin, jimž však bude hrozit krátkodobé zahlcení, jelikož až 20% vazbové energie vznikající neutronové hvězdy se uvolní převážně v podobě neutrin během první  $0,1 \text{ s}$  po hvězdném kolapsu. Pokud příští galaktická supernova vzplane po



▲ Obr. 9.4 – Primární částice kosmického záření narazí při průletu atmosférou na jádro atomu atmosféry a vyráží z něho proton a pion. Pion se rozpadá na nestabilní mion a stabilní neutrimo, které lze případně zaznamenat detektorem na zemském povrchu. Přitom nestabilní mion dosáhne zemského povrchu, přestože jeho životnost v klidu by mu umožnila proletět jenom pár set metrů. O prodloužení jeho životnosti se stará dilatace času – efekt speciální teorie relativity.

(Podle P. Daviese)

(kresba – Pavel Příhoda)



▲ Obr. 9.5 – Vyhlazený průběh toku  $F$  kosmického elektromagnetického záření pozadí v závislosti na vlnové délce  $\lambda$  (v m) resp. energii fotonů  $E$  (v eV). Částice kosmického záření začínají převyšovat tok fotonů gama pro energie nižší než  $10^{10} \text{ eV}$  (10 TeV). (Podle S. Barwicka aj.) (kresba – Pavel Příhoda)

r. 1995, je prakticky jisté, že od ní zaznamenejme několik tisíc neutrin. Jak známo, od supernovy SN 1987A ve Velkém Magellanově mračnu bylo zachyceno pouhých 19 neutrin.

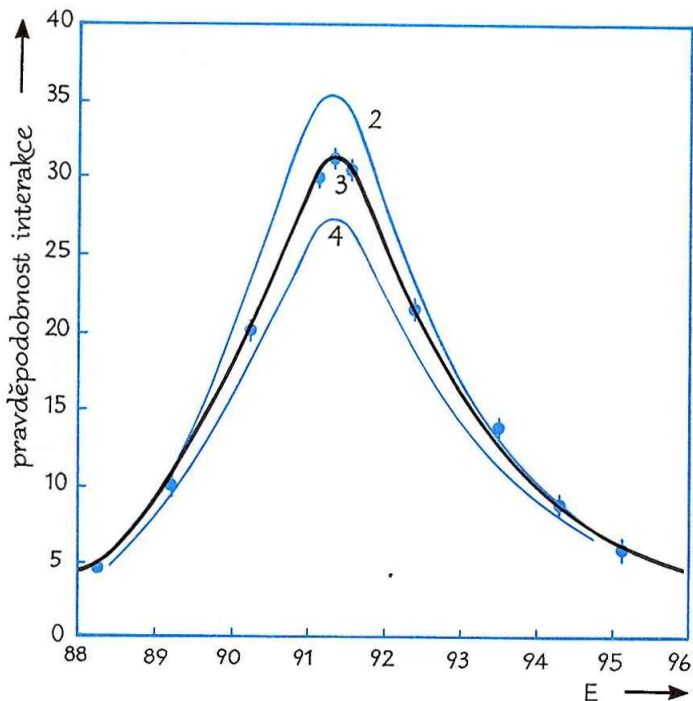
Částicovní fyzikové mezitím úporně hledají předpokládané částice s vysokými klidovými hmotnostmi, tj. **Higgsovy bosony** (očekávaná klidová energie mezi 45 a 1000 GeV) a **kvark top** (očekávaná energie nad 91 GeV). Přitom německý urychlovač HERA již dosáhl energie 800 GeV a americký Tevatron dokonce 900 GeV! Tak se podařilo ukázat, že účinný průřez dosud známých kvarků je menší než  $3 \times 10^{-18} \text{ m}^2$ . Nicméně nejvýkonnějším soudobým urychlovačem zůstává LEP v CERN v Ženevě, jenž již získal údaje o více než 2 milionech intermedieálních bosonech  $Z^0$ . Přitom se objevil efekt ryze astronomický: výtěžnost svazku kolísá – v závislosti na postavení Měsíce na obloze! Nejprve se uvažovalo o nějakém neznámém působení Měsíce na částice  $Z^0$  (po vzoru „působení“ Měsíce na náměsíčníky nebo na růst hub), ale nakonec se zjistilo, že jde o prozaické měsíční slapy v zemské kůře. Měsíc tak dokáže změnit lokální poloměr Země o 200 mm, což se v prstenu LEP projeví posuvem o celý 1 mm, a to už má silný vliv na zaostření svazku. □

## 10. Obecná teorie relativity, černé díry

Na sklonku dvacátého století zajisté nikdo nepochybuje o tom, že rozvoj fyziky, astronomie i kosmologie zásadně ovlivnily dvě velkolepé fyzikální teorie, obecná teorie relativity a kvantová mechanika. Tím více odborníky znepokojuje, že obě teorie nejsou slučitelné, což poukazuje na potřebu je překonat něčím kvalitnějším. Nebude to asi jednoduché, neboť o unitární teorii se pokoušel již ve třicátých letech tohoto století sám A. Einstein a po něm v padesátých letech W. Heisenberg – bezúspěšně.

V posledních desetiletích se úsilí teoretiků soustřeďuje na syntézu v podobě **kvantové teorie gravitace**, jež ovšem opět narazí na potíže. Předpovědi teorií lze stěží ověřovat ve vesmíru, ale i v urychlovačích. Potřebovali bychom totiž experimentovat s částicemi o energiích vyšších o plných 15 řádů, než dosahují moderní urychlovače, a na vzdálenosti řádu  $10^{-35} \text{ m}$ . Před několika málo lety vkládali odborníci velké naděje do teorie superstrun, ale tento optimismus se nyní vytrácí. V r. 1985 přišel A. Ashtekar





▲ Obr. 9.6 – Tvary pravděpodobnosti interakce v závislosti na energii  $E$  (v GeV) pro intermediální bosony  $Z^0$  v urychlovači LEP v CERN v Ženevě za předpokladu, že elementární částice tvoří dvě, tři nebo čtyři (křivky 2, 3, 4) rodiny. Naměřené hodnoty (plné kroužky) a jejich střední chyby jednoznačně ukazují, že ve vesmíru se nalézají právě tři rodiny částic – tedy např. právě tři typy neutrin atd. (Podle C. Rubbia a M. Jacoba) (kresba – Pavel Příhoda)

s myšlenkou tzv. **prostorových smyček** a tím vzbudil nové naděje – zatím bylo na toto téma publikováno již asi 200 prací, ale rozpaky přetrvávají; není opět s čím konfrontovat teorii.

B. Allen a J. Simon shrnuli úvahy o pozoruhodném teoretickém problému obecné relativity, lze-li zkonstruovat tzv. **stroj času**. Před nedávnem totiž C. Morris a K. Thorne přišli s myšlenkou, jak takový stroj sestavit využitím kvantového Casimirova efektu a o něco později navrhl J. Gott použít k cestování v čase dvou rovnoběžných kosmologických strun. S. Hawking však soudí, že existuje nějaký teoretický princip, který takový stroj času „obalí“ singularitou, anebo že prostě nelze zařídit rovnoběžnost dvou kosmologických strun. Lze prý jediné připustit, že již v okamžiku vzniku vesmíru byly do něj takové stroje času „zabudovány“, ale to je přirozeně vysoce spekulativní. Nejspíš lze zformulovat jakýsi princip zákazu strojů času, podobný zákazu perpetua mobile...

V soudobé astrofyzice slaví ovšem obecná relativita neustálé úspěchy, jak ukazuje nedávná studie J. Taylora aj., kteří se zabývali **relativistickými efekty** u tří binárních pulsarů a zjistili, že pozorování jsou ve výtečné shodě s teorií. Jde vlastně o jedinou možnost, jak ověřovat obecnou relativitu v silných gravitačních polích. Podobně G. Sitarski zjistil rozbohem přesné dráhy planety (1566) **Icarus** od r. 1949 do r. 1992, že dráhová elipsa podléhá relativistickému stáčení perihelu o velikosti pouhých  $10''$  za století.

Velmi instruktivní článek o **paradoxech speciální a obecné relativity** uveřejnil W. Stuckby. Ilustruje problém, který se vyhroutil zejména po zavedení hypotézy kosmologické inflace (prudkého rozfouknutí vesmíru v jeho nejranější fázi), jak se má totiž oddaný vykladač teorie relativity vyrovnat s nezbytnými nadsvětelnými rychlostmi tohoto rozfouknutí. Již před časem upozornil zejména E. Harrison, že se fakticky rozpíná prostor vesmíru (žádné hmotné objekty se tedy nevzdalují; jsou pouze taženy rozpínajícím se prostorem), takže expanze vesmíru není doslova Dopplerův jev. To znamená, že sám pojem rychlosti zde ztrácí odstatnění, neboť nejde o lokální, nýbrž o globální jev. Pro globální jevy lze užít jediné obecné teorie relativity, v níž se postulát o mezní rychlosti šíření signálů nevyskytuje – to je záležitost (lokální) speciální teorie relativity. Pouze

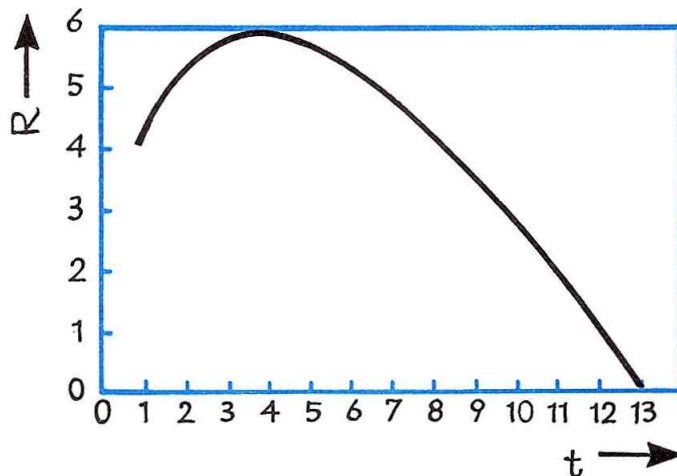
pro červené posuvy nižší než  $z = 0,5$  lze obě koncepce bez rizika nepřesnosti zaměřovat, ale pro větší posuvy si už musíme dávat velký pozor, abychom nesešli na scestí.

Autor to ilustruje na případě kvasaru 1158 + 4635, jenž před třemi lety držel „světový rekord“ s červeným posuvem  $z = 4,73$ . Za předpokladu  $H_0 = 50$  (Hubbleovo stáří vesmíru 13 miliard roků) to značí, že signál z kvasaru, který dnes registrujeme, byl vyslán v době, kdy vesmír byl starý jen 0,95 miliardy let. V té době byl od nás zmíněný kvasar vzdálen jen 3,8 miliardy světelných let a vzdaloval se od nás „rychlostí“ 2,8  $c$ ! V současnosti je již vzdálen 22 miliard světelných let a jeho „rychlost vzdalování“ činí stále ještě 1,2  $c$ !! To fakticky znamená, že jsme docela dobře schopni sledovat kvasar, který se po celý interval mezi vysláním signálu a jeho příjmem na Zemi od nás vzdaloval nadsvětelnou rychlostí – a přesto tím není teorie relativity narušena. Rozhodně pak nelze zmíněný kvasar (a další objekty s podobnými či ještě vyššími posuvy  $z$ ) považovat za důkaz existence **tachyonů** – to by musely být lokálně detekované částice.

Jedním z důsledků obecné relativity jsou – jak známo – singularities v podobě **černých děr**. V astrofyzice se dnes uvažuje o třech typech černých děr: prvotní (miniaturní) černé díry vzniklé ve velmi raném vesmíru, černé díry o hvězdných hmotnostech a supermasivní černé díry v jádrech galaxií a v kvasarech. Pro prvotní černé díry dosud neexistují žádné pozorovací důkazy. Teorie předvídá, že tyto miniaturní černé díry by se měly v současnosti vypařovat Hawkingovým procesem, spojeným s uvolněním spršky tvrdého záření gama. Dosud však žádná podobná sprška nebyla pozorována – známá vzplanutí gama mají odlišnou spektrální charakteristiku.

Poměrně dobré důvody vedou astrofyziky k názoru, že pozorujeme projevy černých děr v některých **rentgenových dvojhvězdách**. Za nejlepší kandidáty se nyní považují objekty Cygnus X-1, LMC X-3, A 0620-00, V 404 Cyg, LMC X-1, Nova Muscae 1991 a GX 339-4. Sledováním viditelné složky dvojhvězdy lze odvodit minimální hmotnost neviditelného průvodce, která je určitě vyšší než 3,2  $M_{\odot}$ , což je teoretická spodní mez pro hmotnost spontánně utvořené černé díry. V některých objektech byly pozorovány oscilace rentgenového i gama-záření s frekvencí 0,04 Hz, nejnověji právě pro prototyp Cyg X-1 (experiment Granat – A. Vichlinin aj.; BATSE – C. Kouveliotou aj.; družice EXOSAT – C. Angelini aj.), což jednoznačně podporuje domněnku, že v těchto soustavách se opravdu nacházejí černé díry.

Pokud jde o černé díry v **jádrech galaxií**, R. Sanders namítá, že v jádře naší Galaxie není supermasivní černá díra proto, že tam pozorujeme kupu



▲ Obr. 10.1 – „Životní osud“ fotonu, jenž byl vyzářen z kvasaru QSO 1158+4635 v čase  $t = 0,95$  miliardy let po velkém třesku. V té době byl od nás vzdálen  $R = 3,8$  miliardy světelných let. Díky expanzi vesmíru se foton od nás nejprve vzdálil až na  $R = 5,8$  miliardy světelných let v čase  $t = 3,9$  miliardy let. Tehdy se však rozpínání vesmíru již natolik zpomalilo, že od té chvíle se k nám foton blížil a dosáhl pozemských detektorů právě 13 miliard let po velkém třesku (za předpokladu, že  $H_0 = 52$ ). (Podle W. M. Stuckeyho) (kresba – Pavel Příhoda)