

# ŘÍŠE HVĚZD

ROČNÍK 72  
CENA 5 Kčs

8/91

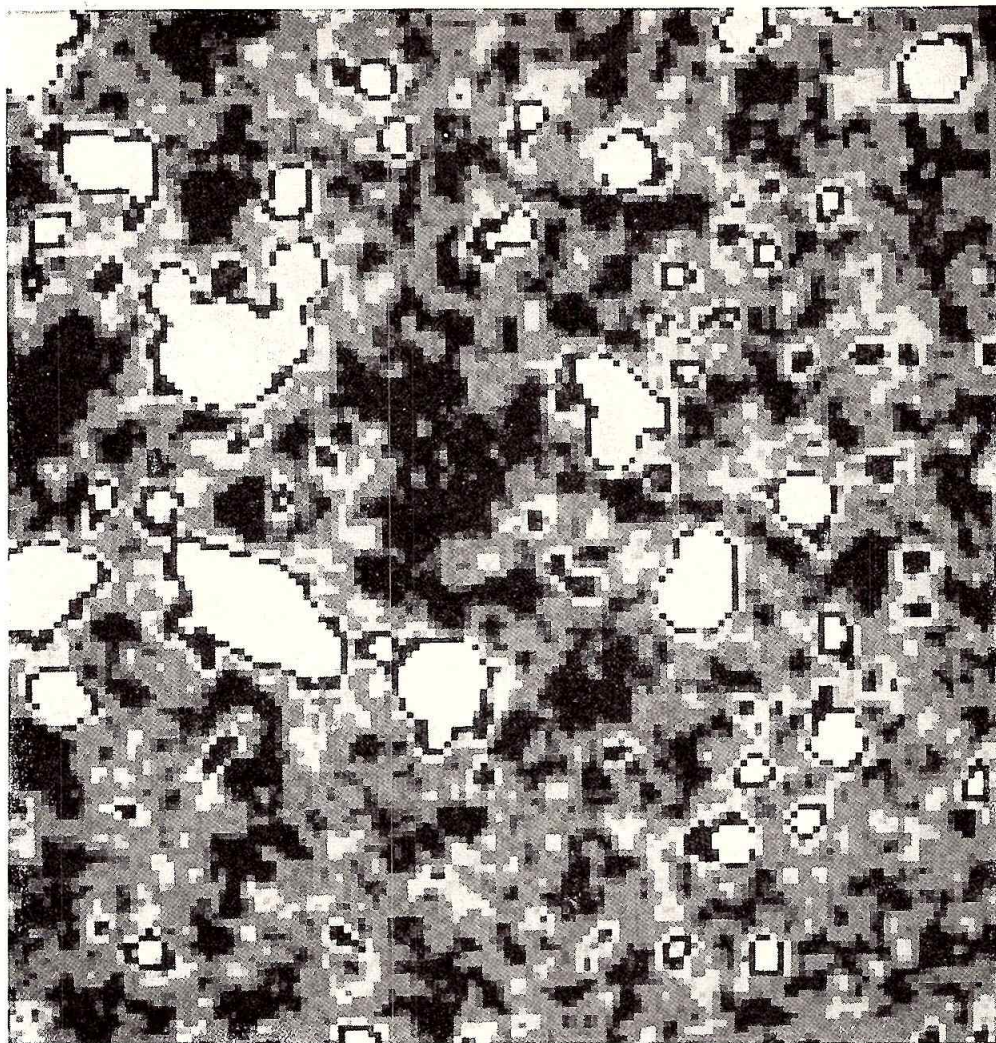




---

Snímek skupiny slunečních skvrn ze dne 26. 5. 1991 (13h, 09 min UT) pořízený na Hvězdárně Valašské Meziříčí refraktorem Zeiss AS 200/3000 metodou projekce. Použit negativní materiál ORWO MAS, expozice 1/1000 s. (1. stránka obálky)

Foto: Libor Lenža



„Nejhlubší“ pohled do vesmíru, jaký kdy pořídil dalekohled ať na povrchu Země nebo ve vesmíru. Záběr získán snímacím zařízením EMMI v Nasmythově ohnisku 3,5 m dalekohledu NTT. Plných 97 % zachycených objektů jsou galaxie — nejjasnější z nich mají hvězdnou velikost 21 až 25 mag, nejslabší pak 29,1 mag.

(převzato z časopisu ESO — The Messenger)

---



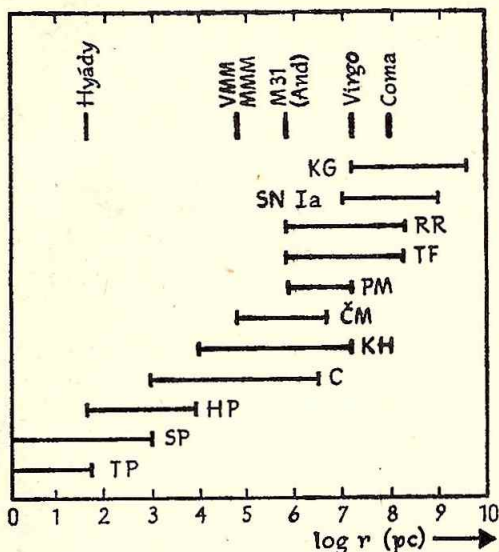
# Žeň objevů 1990

## (5. část)

### 5. Kosmologie a částicová fyzika

Problém skryté hmoty patří spolu s otázkami velkorozměrové struktury vesmíru k ústředním nerozřešeným otázkám soudobé kosmologie. Ojedinele se vyskytují názory, že *skrytá hmota* ve vesmíru neexistuje, takže jde o problém umělý, ale převážná většina kosmologů považuje skrytou hmotu za naprosto prokázanou mnoha nezávislými testy. Otázkou však je, jaká je fyzikální podstata této nezářící hmoty, jež svou hmotností daleko převažuje nad hmotou „zjevnou“. B. Carr a J. Primack zjišťovali, zda v halu galaxií neexistují dostatečně hmotné baryonní objekty, ale výsledky jejich úvah jsou, mírně řečeno, rozpačité. P. Peebles a J. Silk soudí, že správné řešení je buď chladná nebaryonní složka vesmíru v inflačním vesmíru, anebo baryonní skrytá hmota ve vesmíru, jehož střední hustota je výrazně nižší než kritická. Baryonní hmota vesmíru je totiž v nejlepším případě 10krát menší než hmota kritická. G. Efsthathiou aj. hledají východisko ve znovuzavedení kladné kosmologické konstanty do modelů vesmíru. Tím by se totiž dala nahradit údajná skrytá hmota snad až z 80 % a navíc by se odstranil rozpor mezi příliš vysokou hodnotou Hubblovou konstanty expanze vesmíru a dostatečně dlouhým věkem vesmíru. Tak například N. Visvanathan odvodil hodnotu konstanty  $H_0 = (73 \pm 10)$  km s<sup>-1</sup> Mpc<sup>-1</sup> a G. Jacoby aj. obdrželi  $H_0$  v intervalu 81 + 96 (v těchto jednotkách). Pouze A. Sandage a G. Tamman udávají vytrvale hodnoty nižší  $H_0 = (52 \pm 2)$ . Vysoká hodnota  $H_0$  za předpokladu nulové kosmologické konstanty totiž dává okamžitě nepřipustně nízké stáří vesmíru pod 9 miliard let, ve zjevném rozporu zejména se stářím kulových hvězdokup (13 + 16 miliard let). Kladnou kosmologickou konstantu poprvé uvažoval G. Lemaitre v r. 1933 — její zavedení umožňuje „přiměřeně“ zvýšit stáří vesmíru v rámci daného kosmologického modelu.

Problém *velkorozměrové struktury* vesmíru se loni dále vyhroutil zásluhou nových astronomických měření. Na jedné straně rychle přibývá změřených červených posuvů pro galaxie a na druhé straně se nalézají stále ostřejší horní meze pro anizotropii v reliktním záření. Jestliže v r. 1956 se celá kosmologie mohla opírat o pouhých 600 změřených červených posuvů galaxií, nyní je již známo přes 30 000 takovýchto posuvů a to umož-



*Kosmologický žebřík kalibrací vzdálenosti. Na vodorovné ose jsou udány logaritmy vzdálenosti r. Úsečky představují rozsah, v němž se uplatňuje příslušná metoda kalibrace kosmologických vzdáleností: TP — trigonometrické paralaxy, HP — návaznost pro hvězdy hlavní posloupnosti, C — ceфеidy, KH — kulové hvězdokupy, ČV — červení veleobři, PM — planetární mlhoviny, TF — vztah Tullyho-Fisherův, RR — vztah průměr — rozptyl rychlosti pro galaxie, SN Ia — supernovy typu Ia, KG — nejjasnější členové kup galaxií. Svislé čárky udávají vzdálenosti operních objektů, přičemž VMM a SMM jsou Magellanova mračna a známé bohaté kupy galaxií jsou označeny názvem souhvězdí, do něhož se promítají (podle S. D. Whiteho).*

ňuje konstruovat trojrozměrné mapy rozložení galaxií ve vesmíru. Z těchto studií jednoznačně vyplývá velká nehomogenita v roz-

## CITÁT MĚSÍCE

*Během svého velkého dobrodružství na Zemi by měl být každý zvědavý, a tuto vlastnost by si měl uchovat až do posledního dne života. Jestliže někdo zemře bez otázky v srdci, není důvodu, aby jeho život našel pokračování.*

F. M. Colley (1977)



ložení počtu galaxií v prostoru na stupnicích až 150 Mpc. Výskyt nadkup galaxií, popřípadě ještě větších aglomerací typu „velkého poutače“, se v rámci standardní kosmologické teorie vysvětluje stejně obtížně jako výskyt proluk mezi galaxiemi, v nichž je hustota hmoty snížena nejméně pětinašobně proti pozadí. Jelikož tyto struktury pozorujeme i pro velmi velké červené posuvy, plyne odtud, že popisované nehomogenity vznikly již v raném vesmíru, nejpozději 1 miliardu let po velkém třesku. To je příliš krátká doba pro uplatnění běžných fyzikálních mechanismů pro růst nehomogenit z kvantových fluktuací ve velmi raném vesmíru.

Nejobsáhlejší přehledku galaxií zveřejnili G. Efstathiou aj. V jejich studii je zkoumáno rozložení  $2.10^{16}$  galaxií do vzdálenosti 600 Mpc od Slunce. Tato přehledka ukazuje nehomogenity ještě na stupnici 50 Mpc; teprve pak je vesmír stejnorodý. Tento výsledek potvrdili také W. Saunders aj., kteří analyzovali galaxie z katalogu družice IRAS do vzdálenosti 140 Mpc. Infračervená pozorování také potvrzují reálnost „velkého poutače“ s úhrnnou hmotností  $10^{16} M_{\odot}$ .

T. Broadhurst aj. jakož i M. Morikawa však poukázali na další problém. Zjišťovali rozložení galaxií v úzkém svazku až do vzdálenosti 1,5 Gpc a našli tam periodická zhuštění v podobě jakýchsi „stěn“ vždy po 130 Mpc. O realitě této periodičnosti se však dosud vedou odborné spory. K. Chambers a G. Miley zase zjistili příliš vysoké počty galaxií v rekordní vzdálenosti kolem 4 Gpc, což lze vyložit jedině silnými vývojovými

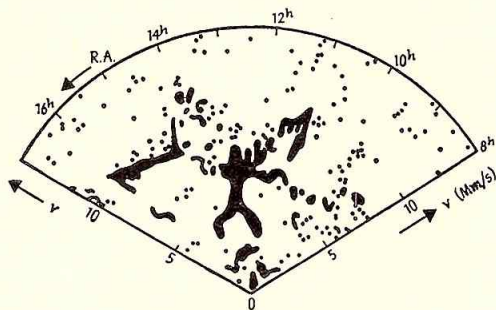
efekty pro galaxie, opět na hranici fyzikálních možností s ohledem na čas, který je k dispozici (13 miliard let). V pozorované části vesmíru nacházíme totiž úctyhodný počet 20 miliard galaxií, a to je opravdu hodně.

Při studiu *izotropie reliktního záření* dosáhl A. Readhead aj. rekordní přesnosti při rádiových měřeních v pásmu 20 GHz. Ukázali, že na úhlové stupnici 2' nepřesahují fluktuace intenzity reliktního záření relativně  $1,7 \cdot 10^{-5}$ . To prakticky vylučuje adiabatický scénář vzniku galaxií „shora dolů“ (nejprve vznikly zárodky nadkup, a ty se postupně štěpily na dílčí útvary), jenž byl až dosud horkým favoritem. Téměř stejné přesnosti dosáhla první měření z družice COBE. Podle D. Lindseye aj. činí fluktuace reliktního záření v rozsahu vlnových délek 0,5 + 10 mm méně než  $2 \cdot 10^{-5}$  na úhlové stupnici 10'. Průměrná teplota reliktního záření přitom byla zpřesněna na  $T = (2,735 \pm 0,06)$  K a pohyb Galaxie vůči pozadí reliktního záření byl potvrzen ve směru k souhvězdí Lva rychlostí 300 km/s. Lze očekávat, že definitivní výsledky z družice COBE uvedené hodnoty ještě zpřesní. Pokud se nepodaří nalézt fluktuace intenzity reliktního záření na úrovni  $1 \cdot 10^{-5}$ , znamenalo by to vážné ohrožení standardního kosmologického modelu.

To by přirozeně uvítali zejména zastánci *neortodoxních kosmologií* jako H. Arp, který vůbec popírá vznik vesmíru velkým třeskem a snaží se rehabilitovat teorii stacionárního vesmíru. Podobně J. Senovilla tvrdí, že našel řešení rovnic obecné teorie relativity pro vesmír, v nichž neexistuje v minulosti singularita. V minulosti vesmíru se podle něho vyskytuje okamžik maximální (leč konečné) hustoty a tlaku a před tímto okamžikem hustota i tlak ve vesmíru opět klesaly.

D. Sciama zase uvažuje o možnosti, že předpokládané *oscilace neutrin* mohou být odpovědné za existenci skryté hmoty vesmíru v tom smyslu, že sice elektronová neutrina mají klidovou hmotnost zanedbatelnou, ale při oscilacích se změň v daleko hmotnější mionová nebo taunová neutrina. Zdá se, že tento počet typů neutrin ve vesmíru je již konečný, neboť nejnovější měření z ženevského urychlovače LEP potvrzují, že existují právě tři rodiny kvarků i leptonů. Ještě v r. 1975 se připouštělo na základě tehdejších měření, že počet rodin částic není větší než 5, v r. 1980 se snížil přípustný počet na 4 a v r. 1988 se odhad pohyboval nanejvýš u 3,5 rodin. Loňský výsledek ( $3,08 \pm 0,11$ ), potvrzený nezávisle také v USA, svědčí o tom, že již všechny rodiny leptonů a kvarků byly objeveny (s výjimkou kvarku *t*, kvůli němuž je třeba postavit výkonnější urychlovač).

T. Krisher aj. uveřejnili výsledky přesných měření frekvencí vysíláče na palubě



Příklad dvojrozměrného rozložení galaxií v pásmu deklinací  $26,5^{\circ} - 32,5^{\circ}$ , v němž jsou vzdálenosti vyjádřeny pomocí rychlosti rozpínání vesmíru *v*. V původním grafu je zobrazena poloha 1065 galaxií, obdobných rozměrů a hmotností naší Mléčné dráze. Oblasti hustého výskytu galaxií jsou pro jednodušnost vyšrafovány. Velká koncentrace galaxií uprostřed diagramu odpovídá kupě galaxií v souhvězdí Vlasů Bereniky (Com). Z diagramu je patrné, že rozložení galaxií je neobyčejně nehomogenní, s obrovskými prolukami prakticky bez galaxií (podle M. Gellerové).



kosmické sondy Voyager 1 v době průletu sondy v minimální vzdálenosti 180 000 km od Saturnu v listopadu 1980. Frekvence vysílače 2,3 GHz byla známa s chybou 0,01 Hz, a tak se podařilo odhalit *gravitační červený posuv* frekvence o  $10^{-9}$  klidové hodnoty, čímž byl tento důsledek teorie relativity ověřen s relativní přesností na 1 %. J. Weisberg aj. studovali profil primárního impulsu známého binárního pulsaru 1913+16 v průběhu šesti let a ze změn tvaru a výšky profilu potvrdili, že pulsar vykazuje *geodetickou precesi* rotační osy, ve shodě s předpovědí obecné teorie relativity. V budoucnosti bude tento efekt studován pomocí vysoce přesných gyroskopů na plánované umělé družici Země Gravity Probe B, jež má být vypuštěna v r. 1993. Stáčení os setrvačnicků na družici by mělo být měřitelné s přesností 0,0004/rok, a odhad velikosti geodetické precese činí v tomto případě 6,6"/rok.

M. Abramowicz aj. upozornili na pozoruhodnou vlastnost *odstředivé síly* v okolí rotujících černých děr. Zatímco v běžných situacích směřuje směr síly od rotační osy tělesa, v okolí rotující černé díry ve vzdálenosti  $pcd$  1,5 násobek Schwarzschildova poloměru se směr síly změní a vede k přitahování hmot směrem k ose rotace. Tento efekt má zajímavé důsledky pro vysvětlení vlastností supermasivních černých děr, obklopených akrečními disky, jako je tomu např. v kvasarech. Překvapující *úklady uvnitř černých děr* popsali G. George a E. Poisson. Zatímco elektricky neutrální hroutlíci se hvězda se nakonec zřítí do singularity v našem vesmíru, elektricky nabitá hroutlíci se hvězda se prodere úzkým tunelem (červí dírou) do jiného vesmíru. Gravitační záření, padající do této díry, však zapečetí červí díru, takže ji nelze využít jako lacinou zkratku pro cestování mezi vesmíry. Podobně K. Thorne aj. ukázali, že potenciální časové smyčky v okolí černých děr jsou „zavčás“ zničeny nestabilitami, které tak zabraňují realizovat pověstné „stroje času“ — oblíbenou rekvizitu spisovatelů sci-fi literatury.

Fyzikové v mnoha světových laboratořích pokračují v pokusech zvýšit citlivost detektorů *gravitačního záření* z vesmíru, a to jak měřeními vibrační těžkých válců prostřednictvím skvidů, tak i konstrukcí rozměrných laserových interferometrů. Zatím však žádné zařízení nedosahuje potřebné citlivosti pro detekci výbuchů supernov v cizích galaxiích. Je zřejmé, že k úspěšné detekci impulsu gravitačních vln bude zapotřebí zbudovat celosvětovou síť detektorů, řízenou jednotným časem a pracující nepřetržitě po dobu několika desetiletí a doplněnou detektory neutrin. To je samozřejmě organizačně i finančně obtížné, ale levnější cesta k cíli zřejmě nevede.

## 6. Přístroje

Nikdy předtím nebyly vyhlídky na rozvoj pozemní optické astronomie tak vynikající jako právě v současnosti. Souvisí to patrně se změnou filozofie *budování velkých dalekohledů*, jejichž výroba je podstatně lacinější a rychlejší než u klasických teleskopů z poloviny tohoto století. Nejprve se prosadily altazimutální montáže řízené počítačem a pak přišla na řadu budova kopule. Dnes se často s teleskopem otáčí celá budova, která je navržena tak, aby minimálně poškozovala kvalitu obrazu tepelným vyzařováním a mikroturbulencí; zlepšila se i ochrana proti venkovnímu větru. Velká zrcadla mají relativně malou tloušťku, čímž se příznivě zmenšila jejich hmotnost — a tím i hmotnost montáže. Současně jsou podstatně světlejší (poměr lepší než  $f/2$  začíná být standardem a výhledově se uvažuje o  $f/1,25$ ). Do praxe se rychle prosazují systémy aktivní optiky a ve výhledu na ně navazují skvělé možnosti adaptivní optiky.

V únoru 1990 byl uveden do chodu přístroj, který je přímo prototypem všech zmíněných zlepšení — 3,5 m *reflektor NTT* Evropské jižní observatoře v Chile. Byl postaven v plánovaném termínu a levněji, než kolik činil rozpočet (14 mil. USD). Za 10 minut expozice dosáhne 25 mag a za 1 hodinu expozice dokonce 27 mag. Respektování všech požadavků na optiku vedlo k rekordní koncentraci obrazu do malé plošky; 80% záření se soustředí v plošce o průměru pouhé 0,125". Za 10 minut lze hotový snímek přenést pomocí družicové linky do centrály v Garchingu. Hmotnost zrcadla činí pouze 6 t a jeho deformace opravuje podle potřeby 75 aktivních podložek na zadní stěně zrcadla. Těmito podložkami byly nejprve odstraněny nepřesnosti při leštění zrcadla; dále při zahájení noční směny se tak jednorázově odstraní „denní korekce“ tvaru zrcadla. K dalším korekcím dochází vždy na počátku expozice nového objektu, když se změní poloha zrcadla vůči směru zemské tíže. Úprava tvaru zrcadla zabere zhruba 60 s a v průměru stačí jedna korekce za hodinu k tomu, aby obrazy hvězd zůstaly pod hranicí 0,5" — špičkově se dosahuje až 0,3". Nyní se uvažuje o doplnění zařízení systémem adaptivní optiky, kde by se tvar sekundárního zrcadla měnil 50× za 1 s, podle změřených deformací vlnové fronty vlivem neklidu ovzduší.

Koncem r. 1989 byl na Kanárských ostrovech uveden do provozu 2,6 m *reflektor Nordic* o světelnosti  $f/2$  s tenkým zrcadlem a altazimutální montáží v rotující budově. Průměry obrazů hvězd v tomto teleskopu dosahují rovněž 0,5". V listopadu 1990 bylo docíleno „prvního světle“ v segmentovém *Keckově teleskopu*, v němž bylo v té době osazeno 9 z plánovaného počtu 36 segmentů.



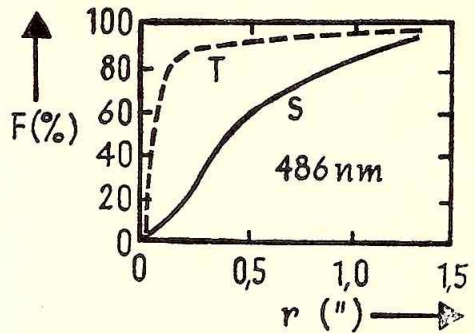
Při efektivním průměru zrcadel 5,4 m se tak už v té chvíli vyvíhl „Keck“ do extratřídy pozemních teleskopů. Koncem letošního roku by měl už zaujmout pozici na špici pozemních teleskopů s účinnou plochou 78 m<sup>2</sup>, jež je 17× větší než u Hubblova kosmického teleskopu. Navíc je již schválena výstavba „Keck II“, čímž se účinná plocha zařízení do r. 1996 zdvojnásobí a sprážených teleskopů bude možno využívat pro interferometrii.

V příštím desetiletí se zřejmě hlavním „montážním prvkem“ pro obří teleskopy stanou 8m zrcadla, vyráběná v rotačních sklářských pecích, broušená metodou předpjetého broušení podle J. Lublinerera, což zkracuje celý technologický proces na pouhých 8 měsíců. Tak se plánuje výměna zrcadel v arizonském teleskopu MMT za jedno zrcadlo s průměrem 6,5 m (účinná plocha 33 m<sup>2</sup>), výstavba systému *Columbus* (účinná plocha 100 m<sup>2</sup>) a postupná stavba obřího teleskopu *VLT* na Mt. Paranal v Chile (ESO) s účinnou plochou 210 m<sup>2</sup>. Každé další 8m zrcadlo přináší účinnou plochu 50 m<sup>2</sup> a takové přístroje byly již schváleny ve Spojených státech (jeden 8m na severní, druhý na jižní polokouli), v Japonsku a v SRN.

Pro všechny tyto přístroje se počítá se systémy *aktivní optiky* a velmi pravděpodobně i s *adaptivní optikou*. Dobré zkušenosti s adaptivní optikou získali nedávno u 3,6m reflektoru ESO, když se systémem, využívajícím deformací sekundárního zrcadla, podařilo v infračerveném oboru zmenšit kotoučky hvězd v ohnisku z 0,8" na 0,22" G. Rousset aj. využili podobného principu u 1,5m reflektoru observatoře Haute Provence ve Francii ve spojení s infračervenou kamerou InSb 32 × 32 pixelů v pásmu 2,2 + 5 μm.

Pozoruhodnou konstrukci „*rychlého teleskopu*“ navrhli C. Barthelemy aj. Kvůli studiu nenadálých zábleskových zdrojů instalovali na Kitt Peaku teleskop, jenž se během 1 s dá nastavit na požadované místo na obloze s přesností 1" a registruje objekty do 13. hvězdné velikosti. T. Axelrod a C. Alcock zase chtějí postavit teleskop, jenž by byl schopen registrovat 10× za 1 s intenzitu záření asi 1000 slabých hvězd. Domnívají se, že tak by mohli odhalit krátké (několik desetin sekundy trvající) zákryty těchto hvězd kometami z našeho Oortova mračna, jakož i projevy gravitačních mikrooček, když by ve směru ke zkoumaným hvězdám procházely zorným paprskem planety obíhající kolem bližších hvězd (případně i bludná tělesa typu planet v mezihvězdném prostoru).

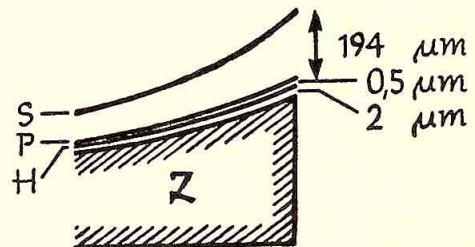
Rok 1990 se ovšem zapíše do přístrojové historie především úspěšným vypuštěním Hubblova kosmického teleskopu (*HST*) raketoplánem *Discovery* dne 24. dubna. Po uvolnění teleskopu z nákladového prostoru byl tento nejdražší astronomický přístroj (cena 1,6 miliardy dolarů) naveden na prakticky kruhovou dráhu ve výši 614 km nad Zemí.



Koncentrace světla  $F$  v závislosti na úhlovém rozměru obrazu hvězdy  $r$  v Hubblově kosmickém teleskopu. Čárkovaná křivka  $T$  představuje vypočtený průběh, kdežto křivka  $S$  skutečně změřený průběh, nepříznivě ovlivněný chybným tvarem primárního zrcadla (podle C. Burrowse).

Výška dráhy byla diktována okolností, že teleskop byl vypuštěn v období vysoké sluneční činnosti, kdy zemská atmosféra výrazně brzdí nízko létající umělé družice. Po vyřešení menších i větších technických problémů se čekalo, že *HST* začne ovládat astronomickou scénu přívalem výsledků. Místo toho se však počátkem července rozletěla po světě vpravdě neuvěřitelná zvěst o nemožnosti přesného zaostření teleskopu vlivem nesprávného tvaru některé optické plochy teleskopu.

Vyšetřovací komise velmi záhy odhalila povahu i příčinu chyby. Primární zrcadlo je o 0,002 mm mělčí, než by mělo být, a k chybě došlo při výrobě u firmy Perkin-Elmer, když technici nesprávně sestavili zrcadlový nulový korektor, jenž se používal při testování postupu broušení a leštění. Série ne-



Skutečný tvar primárního zrcadla *HST* je vyznačen v rezu  $Z$ . Křivka  $S$  představuje průběh odpovídající kulové plochy, křivka  $P$  řez odpovídajícím paraboloidem a křivka  $H$  řez vypočteným hyperboloidem, pro nějž by dávalo zrcadlo zaostřený obraz hvězdy. Odklony na okraji zrcadla jsou uvedeny v mikrometrech (podle R. W. Sinnotta).



uvěřitelných náhod a opomenutí způsobila, že tato monumentální chyba (o 2 řády větší, než přesnost měření) zůstala až do vypuštění přístroje na oběžnou dráhu nepovšimnuta a tak se HST stal učebnicovým příkladem optické vady, zvané *sférická aberace*. To znamená, že se nedaří koncentrovat světlo zkoumaného objektu do miniaturní plošky o průměru 0,06" (pro bodové zdroje), jak se čekalo. V této plošce se totiž nachází jen 15 % světla hvězdy, kdežto zbytek vytváří rozsáhlé halo o průměru přes 1".

Tímto vážným nedostatkem jsou nejvíce postiženy přístroje pro pozorování slabých objektů, tj. snímácky kamery a spektrograf pro slabé objekty. U jasných objektů lze vliv vady účinně potlačit rekonstrukcí obrazů na počítači, jenže jasné objekty lze většinou stejně dobře pozorovat velkými pozemními teleskopy. Relativně nejméně je postižen rychlý fotometr, jenže ten se nejspíše stane obětí záchranné operace, jež proběhne patrně koncem r. 1993. Při této akci bude vyměněna širokoúhlá tzv. planetární kamera za technicky dokonalejší výrobek, opatřený vhodnou korekční optikou. Další korekční optika pro druhou kameru a oba spektrografy bude patrně umístěna v modulu, kde se nyní nachází rychlý fotometr. Souběžně budou též vyměněny sluneční panely, jejichž nosníky vlivem tepelného namáhání rozkmitávají teleskop při přechodu ze světla do stínu a naopak. Navzdory současnému omezení jsou první vědecké výsledky HST povzbuzující a v řadě směrů překonávají vše, co se v daných oborech dalo pozorovat obřími teleskopy ze Země.

Podobně spěje od počátečních problémů k velkému úspěchu astrometrická umělá družice *Hipparcos*, kterou se při vypuštění v srpnu 1989 nepodařilo umístit na plánovanou geostacionární dráhu. Složitým manévrováním se družice nakonec dostala na silně protáhlou dráhu s perigeem 540 km a apoгеem 35 900 km a oběžnou periodou 10 h 40 min, při níž je měření možné za cenu komplikované telemetrie na 4 sledovacích stanicích. Od 26. listopadu 1989 probíhají plánovaná astrometrická měření tempem asi 1000 hvězd za den, tj. 2 Gbity/d. V únoru a březnu 1990 překonal *Hipparcos* nejkritičtější chvíle, když vlivem dlouhých vstupů do zemského stínu se téměř vybil palubní baterie. Polohy hvězd jsou vsutku přesné na 0,02", jak se plánovalo, a nenastanou-li nepředvídané potíže, podaří se téměř dodržet i rozsah zamýšleného převratného astrometrického projektu.

Prakticky souběžně s nástupem kosmické astrometrie skončila velká *éra astronomické fotografie* u obřích teleskopů. Dne 29. září 1989 pořídil S. van den Bergh poslední fotografický snímek v primárním ohnisku 5,1 m reflektoru na Mt. Palomaru. Šlo o červený snímek pozůstatku supernovy z r. 1158

(první fotografii tímto teleskopem pořídil M. Humason 13. listopadu 1949). Od té chvíle se pro přímé zobrazování i pro spektroskopii již výhradně užívá polovodičových matic typu CCD. Největší současnou maticí vyrobila firma Ford Aerospace. Má rozměry 4096 X X 4096 pixelů a uchovává 32 MB informací, takže jejich samotné přečtení trvá plných 11 minut. Podle P. Jordena budou matice 1024 X 1024 brzo komerčně dostupné za cenu kolem 3000 USD a při chlazení kapalným dusíkem dosáhnou kvantové účinnosti 80 %. Tyto zobrazovací systémy nyní začínají pronikat také do infračerveného pásma 2,2 + + 5 μm, i když rozměry matic se pohybují kolem 60 X 60 pixelů. Technologický pokrok je však rychlý a tak lze očekávat řádové zvýšení počtu pixelů v infračervených maticích během několika málo let, což by mělo v astronomii přímo fantastické důsledky.

Letos má být na Emerald Peak (3178 m n. m.) v Arizoně dokončen *submilimetrový teleskop* pro pásmo 350 μm s průměrem reflektoru 10 m. Tím by měla být doplněna řada mikrovlnných teleskopů, pracujících v mm pásmu spektra (IRAM — 30 m, JCMT — 15 m, SEST — 15 m) na vysokých horách, kde je toto pásmo málo ohroženo absorpcí vodní páry. Sovětští radioastronomové budují obří *mikrovlnný radioteleskop* PT-70 na severním svahu Turkeštanského hřebene na hoře Suffa ve výši 2300 m n. m. Teleskop s parabolickou anténou o průměru 70 m má být plně pohyblivý a má umožnit pozorování až do vlnové délky 1 mm. Ve spojení s radioteleskopem na družici Radioastron by měl pracovat jako špičkový radiointerferometr s fantastickým úhlovým rozlišením 1 obl. mikroveřina. R. Linfield aj. již uskutečnili *interferometrická měření* na základě 1,63 průměru zeměkoule, když kombinovali pozemní rádiová měření s měřeními 4,9 m anténou spojové družice TDRSS. Podařilo se zachytit interferometrické průřezky od 11 extragalaktických zdrojů, což zní neobyčejně slibně. Kromě toho T. Hagfors aj. navrhli využít pro interferometrii základny Země-Měsíc, přičemž Měsíc by sloužil jako pasivní reflektor. Takový systém ovšem funguje jen pro mimořádně intenzivní rádiové zdroje a v podstatě je obdobný „útesovému interferometru“, užívanému v rané epoše rozvoje radioastronomie v Austrálii. Tehdy se využívalo signálů, odrážených od mořské hladiny a interferujících se signály, přijímanými radioteleskopem, který byl instalován na mořském útesu.

V průběhu roku pokračovala mikrovlnná a infračervená přehlídka oblohy přístroji na družici *COBE*, vypuštěné v r. 1989 na polární dráhu. Vlivem zvýšené sluneční činnosti se však kapalně helium, určené k chlazení detektorů, odpařovalo rychleji, než se čekalo, takže uprostřed druhého kola přehlídky dne 21. září 1990 zásoby helia došly



a tím byly z provozu vyřazeny přístroje, pracující v daleké infračervené oblasti spektra. Dosud se však získávají data v pásmu mikrovln a blízké infračervené oblasti spektra.

V červnu 1990 byla na nízkou kruhovou oběžnou dráhu vypuštěna družice *ROSAT*, určená pro výzkum v rentgenovém a extrémním ultrafialovém pásmu spektra. V druhém pololetí 1990 se uskutečnila základní přehlídka oblohy v pásmu  $0,1 + 2$  keV zrcadlem o průměru 0,84 m, jež dává úhlové rozlišení až  $1''$  a 100násobně vyšší citlivost, než proslulé družice HEAO. Pro dosud nezkoumaný obor EUV se užívá zrcadlo o průměru 0,57 m a detektorů v pásmu  $6 + 30$  nm. Koncem roku pak byla vypuštěna aparatura *GRANT*, jež je určena pro výzkum v tvrdém rentgenovém oboru spektra a v přilehlém pásmu záření gama.

V polovině února 1990 bylo obnoveno spojení s kosmickou sondou *Giotto*, jež byla v té době asi 100 miliónů km od Země. Jelikož přístroje na sondě z větší části pracují, rozhodlo vedení agentury ESA nasměrovat sondu k dalšímu cíli, jímž bude v červenci 1992 jádro komety Grigg-Skjellerup. Pořebný manévř proběhl počátkem července 1990, když bylo *Giotto* v minimální vzdálenosti 23 000 km od Země. Sonda získala na rychlosti 3,1 km/s (zatímco Země ztratila 1 mm/100 miliónů let), takže při setkání s kometou bude mít vůči jádru rychlost 14 km/s.

Metody gravitačního praku využili též Japonci při navádění kosmické sondy *Hiten* k Měsíci. Při té příležitosti byl v březnu 1990 vypuštěn subsatelit *Hagoromo*, s nímž se však nepodařilo navázat spojení. Sonda *Hiten* se od Měsíce vzdálila v listopadu 1990 a v březnu 1990 se měla přiblížit k Zemi na sebevražednou vzdálenost pouhých 120 km. Pokud tento manévř přežila, mohla by se takto dostat do Lagrangeova bodu soustavy Země-Slunce.

W. Livingston a D. Talent se v březnu 1989 úspěšně pokusili o fotografické zaznamenání 7 geostacionárních umělých družic nevelkou kamerou o průměru objektivu 80 mm. Při 10 h expozici se objekty jeví jako hvězdy 12–14 mag. Zdá se, že takový pozorovací výkon je plně v dosahu mnoha astronomů — amatérů. Je ovšem třeba využívat jen velmi tmavých nocí a počítat se značnou geocentrickou paralaxou geostacionárních družic.

J. McGraw a G. Benedict navrhují umístit na Měsíc tranzitní teleskop se zrcadlem o průměru 2 m, jenž by pracoval v ultrafialovém, optickém a infračervenému pásmu mezi  $0,1$  a  $2 \mu\text{m}$  a dosáhl přitom rozlišení  $0,1''$ . Využitím Měsíce jako pozorovací základny se zabývali též J. O. Burns aj., kteří uvedli, že tato základna má velké výhody jak v porovnání s nízkými družicovými

drahami, tak v porovnání se základnami na geostacionární dráze. Zvlášt výhodný je Měsíc pro infračervená měření a pro optickou interferometrii. Na Měsíci je totiž seismicita o 8 řádů nižší než na Zemi a krátery v oblasti pólů vykazují poměrně stálou teplotu 70 K, což snižuje nároky na chlazení detektorů i teleskopů. Také pozadí sekundárního kosmického záření je na Měsíci o 3 řády nižší v porovnání se Zemí. Navrhuje se také nahradit pasivní retroreflektory na Měsíci aktivními (laserovými opakovači), což by zvýšilo přesnost určování vzdálenosti Měsíce od Země zhruba  $30\times$ , tj. na neuvěřitelnou hodnotu  $\pm 1$  mm.

V oboru detekce kosmických neutrin dochází rovněž k pokroku. V Pacifiku poblíž Havajských ostrovů se začíná instalovat „podvodní“ detektor DUMAND a kanadská vláda se rozhodla financovat detektor Sudbury v dole v severním Ontariu v hloubce 2000 m pod zemí. Zařízení bude sestávat z nádrže, obsahující těžkou vodu, a průlety neutrin budou registrovat fotonásobiče pomocí Čerenkovova záření. Nejdražší součást aparatury je samotná těžká voda (300 miliónů dolarů), což však bude řešeno výpůjčkou — ostatní náklady pak činí 61 mil. dolarů. Zatímco systém DUMAND by měl registrovat průlet jednoho neutrina za 2 dny, detektor Sudbury by měl denně zaznamenat na 30 průletů neutrin.

## 7. Společenská rubrika

V loňském roce zemřel akademik P. A. Čerenkov, nositel Nobelovy ceny za fyziku. V r. 1934 objevil záření, nazvané posléze jeho jménem. Sovětská astronomie utrpěla ztrátou známého odborníka ve výzkumu proměnných hvězd a dvojhvězd D. J. Martynova. Dále jsme zaznamenali úmrtí P. M. Millmana z Kanady (meteory), C. Mooreové-Sitterlyové z USA (čárová spektroskopie), W. O. Robertse (sluneční fyzika), T. G. Cowlinga z Velké Británie (magnetohydrodynamika), H. Masurského z Norska (planetární geologie) a J. Benneta z Jihoafrické republiky (amatér, objevitel stejnojmenné komety z r. 1970).

Američan R. P. Kirshner obdržel Aaronsonovu cenu za své studie supernovy 1987A, B. E. Pagel obdržel zlatou medaili britské Královské astronomické společnosti za studium chemického složení vesmírných objektů a I. Iben obdržel Eddingtonovu medaili téže společnosti za své výzkumy vývoje hvězd a dvojhvězd. Prestižní medaili C. Bruceové americké Pacifické astronomické společnosti dostala těsně před svou smrtí C. Mooreová-Sitterlyová za celoživotní monumentální dílo v oboru hvězdné čárové spektroskopie. Americká astronomická společnost ocenila práce S. van den Bergha (výzkum galaxií a Mléčné dráhy), Y. Kozate (nebeská mechanika), S. Golgateho (teoretická astrofyzika), A. La-



byrieho a R. Touseye (přístrojová technika). U nás obdržel M. Burša zlatou plaketu ČSAV.

Po mnoha peripetiích se arizonské univerzity nakonec podařilo překonat odpor ochránců životního prostředí proti výstavbě observatoře Mt. Graham, kde má být v budoucnosti zbudováno několik obřích teleskopů. Prakticky zároveň se observatoř ESO rozhodla vybudovat obří složený teleskop VLT na hoře Cerro Paranal ve výši 2664 m n. m., neboť srovnávací studie prokázaly, že je tam výrazně vyšší kvalita obrazu než na stávajícím stanovišti La Silla, jež ovšem leží plných 600 km severněji. Je tedy otázka, zda po dokončení VLT v r. 2000 budou finanční prostředky na provoz stávající observatoře La Silla. U nás odešel do důchodu ředitel hvězdárny ve Valašském Meziříčí ing. Bohumil Maleček, jenž v této funkci pracoval bezmála 30 let. Jeho nástupkyní se stala dr. Marie Vykutilová.

V říjnu 1990 se konala v Davosu 12. evropská regionální astronomická konference, v jejímž průběhu byla ustavena profesionální Evropská astronomická společnost, čítající nyní asi 600 členů. Podobně v SSSR vznikla v dubnu profesionální Astronomická společnost Sovětského svazu pod vedením N. Bočkareva, V. Gorbackého a A. Sapara. V Holandsku začal vycházet nový mezinárodní astronomický časopis *Experimental Astronomy*, určený novinkám v přístrojové technice.

Podle E. Garfielda byla v posledním období nejvíce citovanou astronomickou prací zpráva o pozorování spršky neutronů při výbuchu supernovy 1987A americkými a japonskými fyziky. H. Abt ukázal, že v posledních dvaceti letech se profesionální astronomická literatura výrazně internacionalizovala a současně vedoucí astronomické časopisy obsahují přibližně 30 % příspěvků od zahraničních autorů. Plných 52 % astro-

mických studií je věnováno teorii; v pozorovací astronomii je stále největší podíl prací z optického oboru (20 %) a potom z rádiového oboru spektra (13 %). Následuje pásmo infračervené (8 %), rentgenové (5 %), ultrafialové (4 %) a gama (1 %). Mezi nejvíce citovanými pracemi z let osmdesátých se nacházejí také astronomická témata, totiž kosmologická inflace a standardní kosmologický model (velký třesk). Čeština je osmý nejpoužívanější jazyk pro přírodovědecká sdělení (s převahou vede angličtina s bezmála 85% zastoupením), pak následují němčina, francouzština a ruština. Citační ohlas čs. prací ve fyzice dosahuje 46–49 % světového průměru za období let 1973–1988.

H. Abt zjistil, že v astronomii se odmítá jen 10 % prací zaslanych do tisku (v jiných oborech je přísnější metr, takže bývá odmítnuto 20 až 90 % prací), a dále že od konce II. světové války se počet astronomických publikací zdvojnásobuje každých 7, 8 let, přičemž roste i průměrná délka publikací ze 3 na 11 normalizovaných stran. Zatímco na počátku období připadalo na jednu práci jen 1,1 autorů, nyní to je 3,2 autorů. Podle E. Garfielda jsou malé teleskopy citačně produktivnější než velké. Souvisí to zřejmě s tím, že u menších teleskopů lze snáze uskutečnit dlouhodobé soustavné studie, jež jsou pro pokrok astronomie rozhodující. Pozoruhodné však je, že státní hvězdárny a instituce mají lepší citační výsledky než univerzitní katedry.

Obdobných nerovnoměrností lze přirozeně najít mnoho — statistiky se dají využívat i zneužívat. Nepřímo to vystihuje výrok amerického astrofyzika R. Prestona: „Mezi astronomy se říká, že zhruba 5 miliard lidí se zabývá jevy na povrchu Země, kdežto jen 10 tisíc lidí vším ostatním.“ Pokud jste tedy dočetli až sem, vítám vás ve zcela exkluzivním klubu.

ZDENĚK CEPLECHA

## Země, účastnice kosmických havárií na neznámých křižovatkách

Čtenáři science fiction se občas musí se svými hrdiny „prodírat pásmem asteroid“. Autoři smyšlených příběhů dokáží ochránit astronauty šťastnou náhodou nebo vynikající technikou jejich dopravních prostředků. Posádka kosmické lodi zvané Země se zatím musí spoléhat jen na náhodu. Neletí sice „hustým pásmem asteroid“, ale to,

co potkává, nejen „stačí“, ale navíc je to prozatím jen nedostatečně zkoumáno.

Všech planetek (asteroid) s drahou určenou pozorováním a výpočtem je okolo 4200. Odhaduje se, že všech takových těles s rozměrem větším než 1 km je ve sluneční soustavě asi půl miliónu. Většina z nich má však dráhy, které je nikdy nemohou přivést



do blízkosti Země. Planetky, které se mohou přiblížit k Zemi, tvoří zvláštní skupinu, v níž ještě rozeznáváme tři podskupiny podle typu dráhy. Planetky, jejichž dráha má periheliovou vzdálenost mezi 1 a 1,3 astronomické jednotky, patří ke skupině typu Amor. Pokud mají dráhu s periheliovou vzdáleností menší než 1 a. j., ale poloosa dráhy větší než 1 a. j., zařazujeme je k typu Apollo. Pokud je nejen periheliová vzdálenost, ale i poloosa dráhy menší než 1 a. j., patří takové planetky k typu Aten. Planetek těchto tří typů známe dnes celkem 150; většina z nich má rozměry okolo 1 km. Až do roku 1988 jich bylo objeveno nejvýše několik ročně. V roce 1989 jich bylo objeveno poprvé více než 10. Stejně tak v roce 1990. Ne, že by nám nějak přibývaly, ale zvětšuje se pozornost, kterou jejich objevení a sledování věnujeme.

Nebezpečí srážky Země s některou z planetek není zanedbatelné. Reálná situace tunguzské katastrofy (srážka s tělesem o rozměru cca 100 m) varuje před možným globálním účinkem srážky s tělesy o rozměrech několik set metrů. Některé ze známých planetek se mohou přiblížit k Zemi opravdu těsně. Např. v roce 1990 objevil dr. Antonín Mrkos na observatoři Kleť planetku 1990 HA, která 6. dubna 1990 prošla jen 4,5 miliónu km od Země. V tu dobu to bylo, kromě Měsíce, nejbližší těleso v našem sousedství. Dr. Helin z hvězdárny Mt. Palomar objevila v roce 1990 dvě planetky, které se přiblížily na 5 a 6 miliónů kilometrů k Zemi. Otázka, kolik planetek se může přiblížit tak těsně k Zemi, byla dříve značně podceňována. Celkově se množství planetek typu Apollo větších než 500 m odhadovalo na několik desítek. Dnes je zřejmé, že jich bude mnohem více, snad až 10 tisíc.

Podívejme se, co by se stalo, kdyby např. nedávno objevená planetka 1989 FC o rozměrech 200 až 500 m, která prošla jen 700 000 km od Země, se místo toho s ní přímo střetla. Stačilo by k tomu málo: jen o 5 hodin různé načasování takového přiblížení a malá změna geometrie její dráhy. Kdyby se střetla se Zemí, brzdný vliv ovzduší by byl zcela zanedbatelný a náraz na pevný povrch rychlostí cca 15 km/s by uvolnil energii větší než milión tun TNT, vytvořil kráter o průměru cca 7 km a přímo devastoval krajinu v okruhu 50 km. Množství vyvrženého materiálu by mělo globální účinky, zejména velkým obsahem prachu ve vysokých vrstvách ovzduší, kde by pohlcoval značnou část slunečního záření. A někde pár set kilometrů okolo by „přšela“ žhavá skla — tektity. Ani dopad do

oceánu by nezměnil účinek: mohutná vlna, tsunami o výšce cca 100 m by devastovala pobřežní oblasti.

Z geologické minulosti Země máme řadu příkladů takových mimořádných katastrof způsobených srážkou s planetkou. Nám nejbližší leží známý kráter Ries, který se nachází v oblasti dnešního města Nördlingen v Bavorsku. Před 14,5 milióny let mohutný náraz planetky o rozměrech větších než 1 km způsobil kráter o průměru 22 km. O zkáze v okruhu 100 až 200 km okolo dopadu si dnes stěží můžeme udělat náležitou představu. Např. i naše vltaviny pocházejí z této explozivní srážky a byly balistickými dráhami transportovány na vzdálenost 300 km (české) a 400 km (moravské).

Geologové mají však i jiná svědectví o globálních katastrofách. Na několika místech v různých oblastech Země lze nalézt tenkou vrstvičku materiálu o stáří 65 miliónů let, která obsahuje silnou koncentraci mimozemského meteoritického materiálu, zejména silně obohacenou iridiem. Na rozhraní geologických epoch křídý a terciéru před 65 milióny let došlo však též k vymírání velkého množství živočišných druhů, mezi jinými i dinosaurů. A tak někteří badatelé projevují snahu tyto dvě „události“ spojovat. Scénář by vypadal tak, že srážka s planetkou o rozměru 10 km (odpovídá odhadu celkového množství iridia ve vrstvičce na celé Zemi) vyvrhla takové množství prachu do ovzduší, že na dlouhou dobu byla zastavena fotosyntéza zelených rostlin a tím zahynuli živočiškové, kteří je měli jako jediný zdroj potravy.

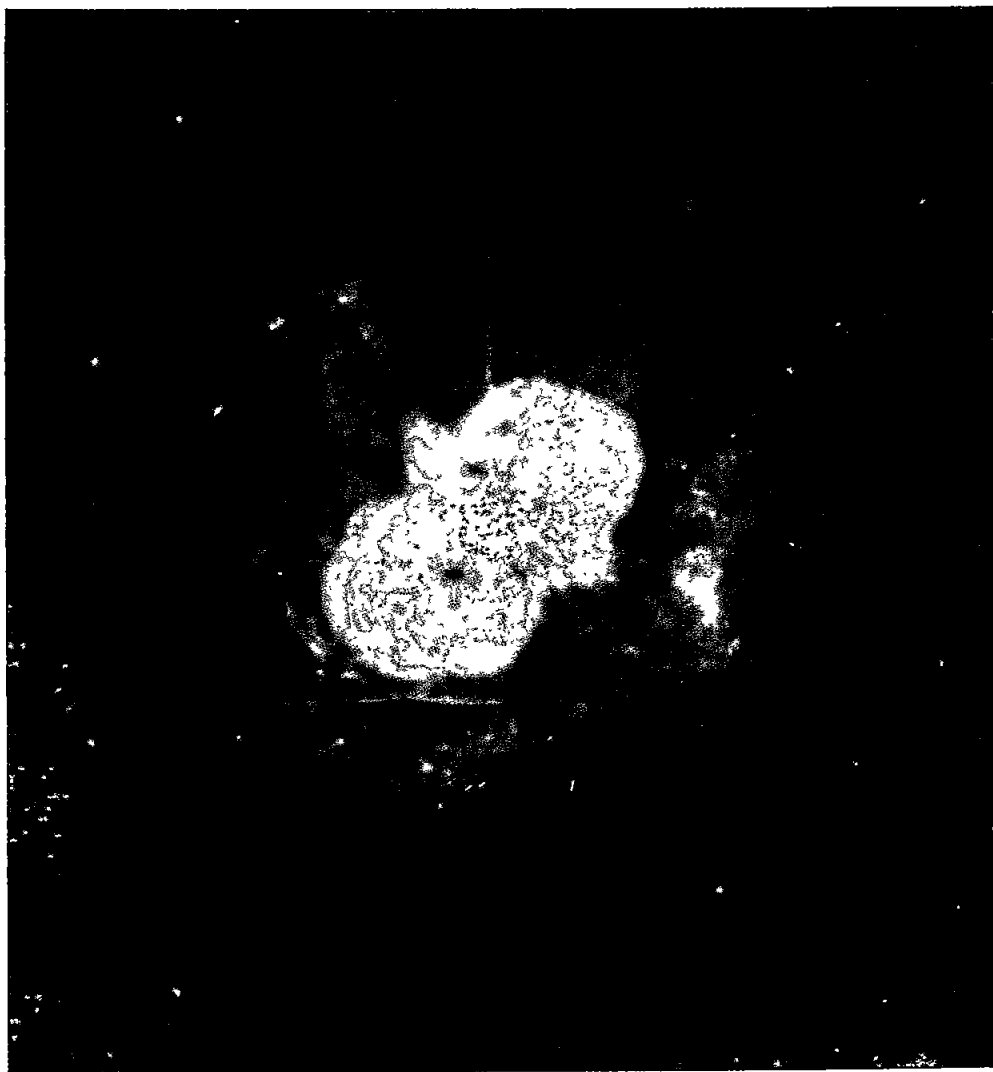
Nejvýznamnější námitkou proti této domněnce je zřejmý fakt, že vymírání druhů neproběhlo najednou, ale jako postupný proces. Studium vymírání různých živočišných druhů během posledních 250 miliónů let byla zajištěna periodicitou 26 miliónů let, v níž největší maximum vymírání bylo právě to před 65 milióny let. A odtud byl jen malý krůček k návrhu domněnky o periodickém kosmickém bombardování Země. Autoři domněnky by však těžko mohli použít planetek pro odvození periodicity, a tak mělo prý jít o komety. Bylo navrženo několik mechanismů, jak kometám v Oortově oblaku vnutit každých 26 miliónů let provádění „bombardovacího náletu“ na Zemi. Avšak ani poruchy v Oortově oblaku komet působené galaktickým oběhem Slunce, ani poruchy od neznámého hvězdného druhu našeho Slunce (Nemesis), ani poruchy od desáté planety, nestačí taková vysvětlení, pokud se přejde od kvalitativní analýzy k modelově kvantitativnímu rozboru.



---

# První rok Hubbleva dalekohledu na oběžné dráze

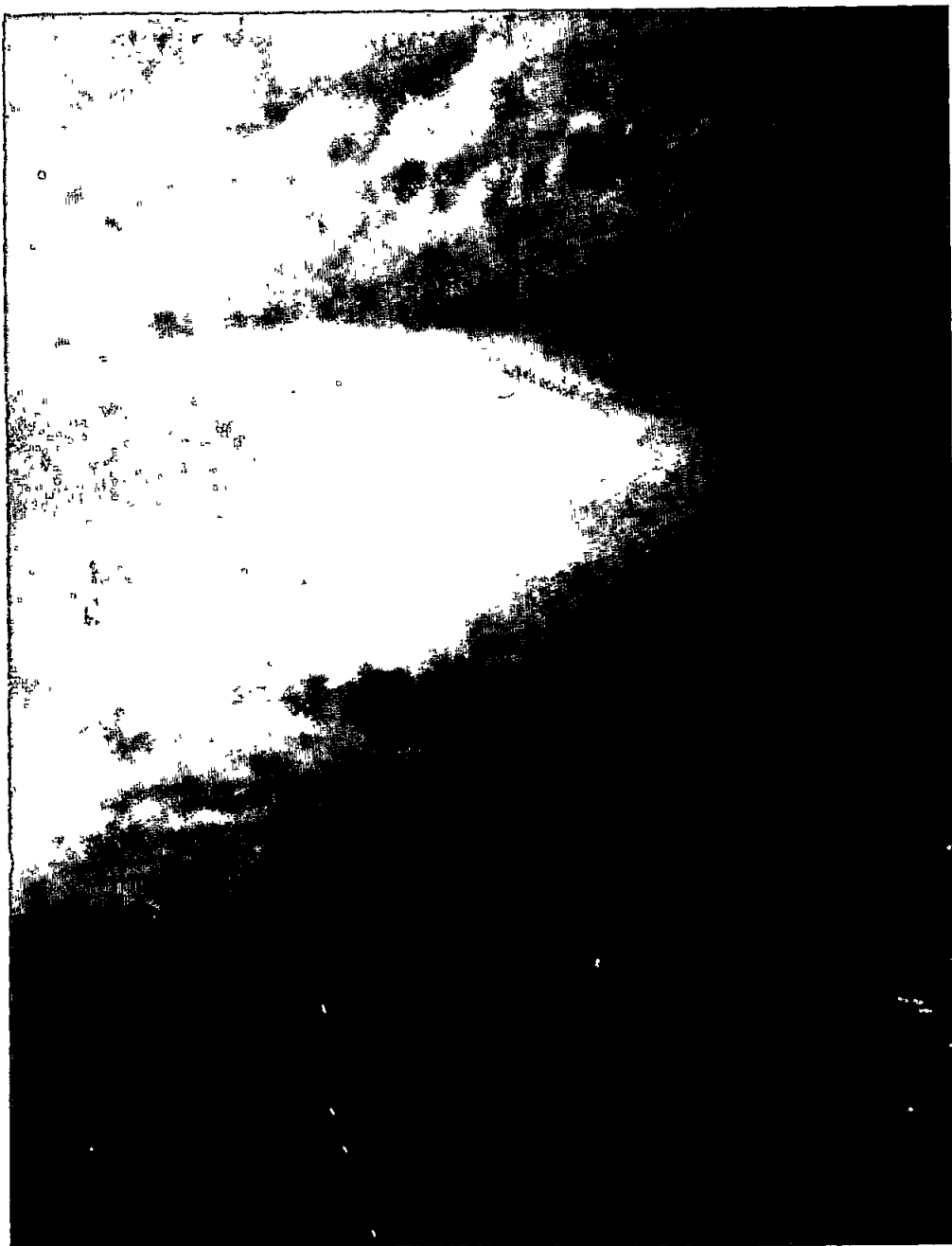
Koncem dubna dovršil Hubbleův dalekohled svůj první rok na oběžné dráze. Přes všechny svízele a pochybnosti jsou mnohé jeho snímky unikátní.



Mozaika čtyř snímků, zachycujících obálku eruptivní proměnné hvězdy  $\eta$  Car. Nejmenší podrobnosti ve struktuře mají rozměr asi 10 astronomických jednotek.  
(převzato z časopisu ESO — The Messenger)

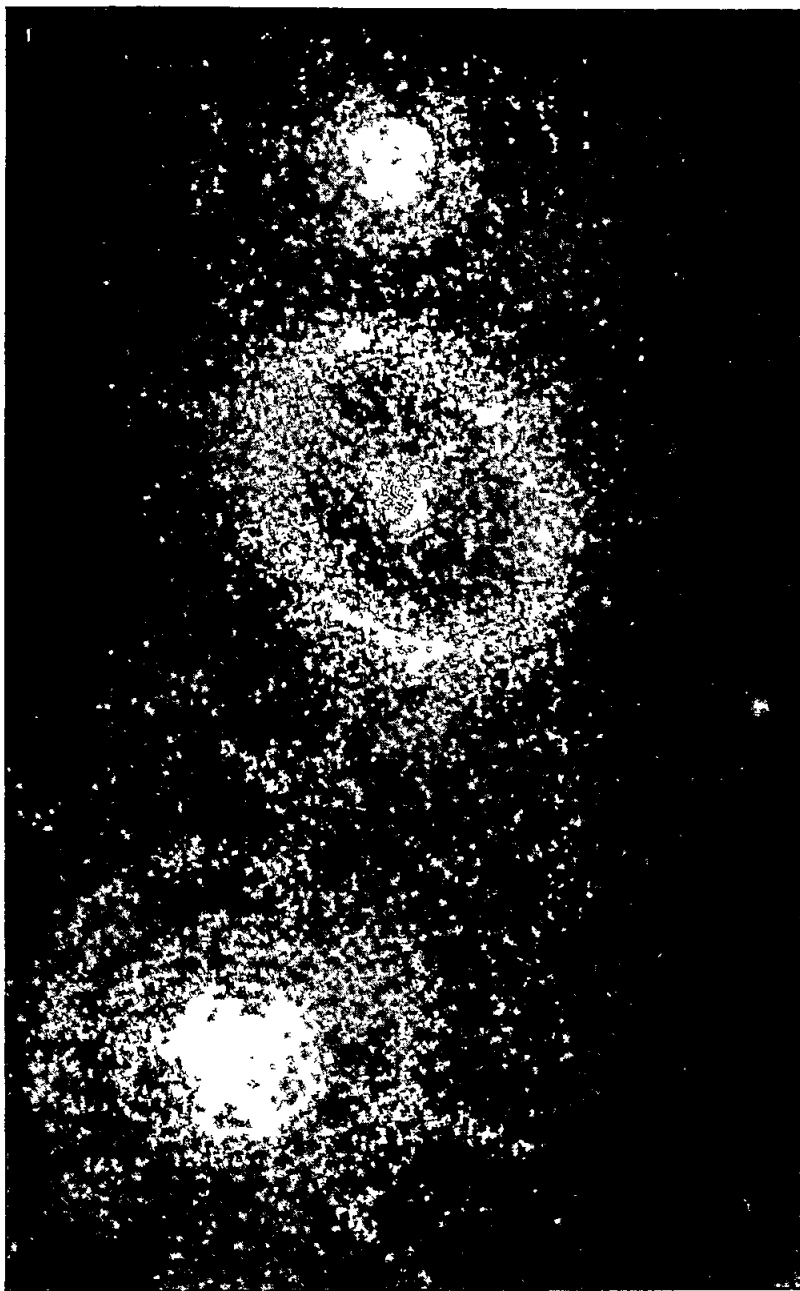
---





První snímek Jupiteru. Rozlišovací schopnost je zde zhruba stejná jako byla u snímků pořízených Voyagerem pět dní před největším přiblížením v roce 1979. Jemná pásová struktura, pozorovatelná poblíž terminátoru, vznikla vlivem rotace Jupiteru během expozice, která si (ve třech barvách) vyžádala celkem 6 minut. (převzato z časopisu ESO — The Messenger)



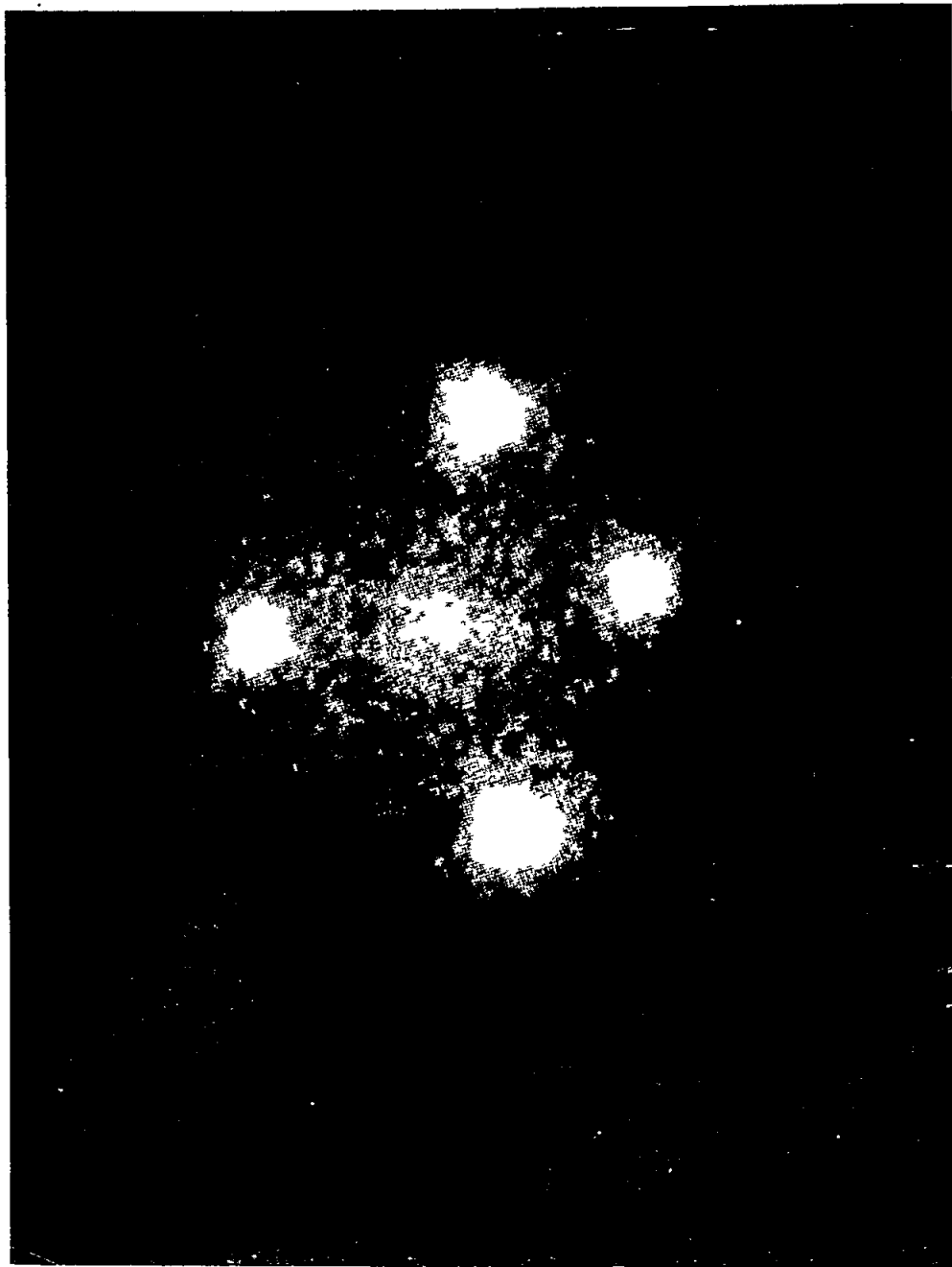


**Ve středu snímku je pozůstatek po supernově 1987A a její okolí.**

**(převzato z časopisu *Astronomie und Raumfahrt*)**

---





Jeden z nejdetailejších snímků gravitační čočky, v tomto případě objektu G 2237+0305. Čtyřnásobný obraz vzdáleného kvasaru má „na svědomí“ bližší galaxie.  
(převzato z časopisu Astronomie und Raumfahrt)