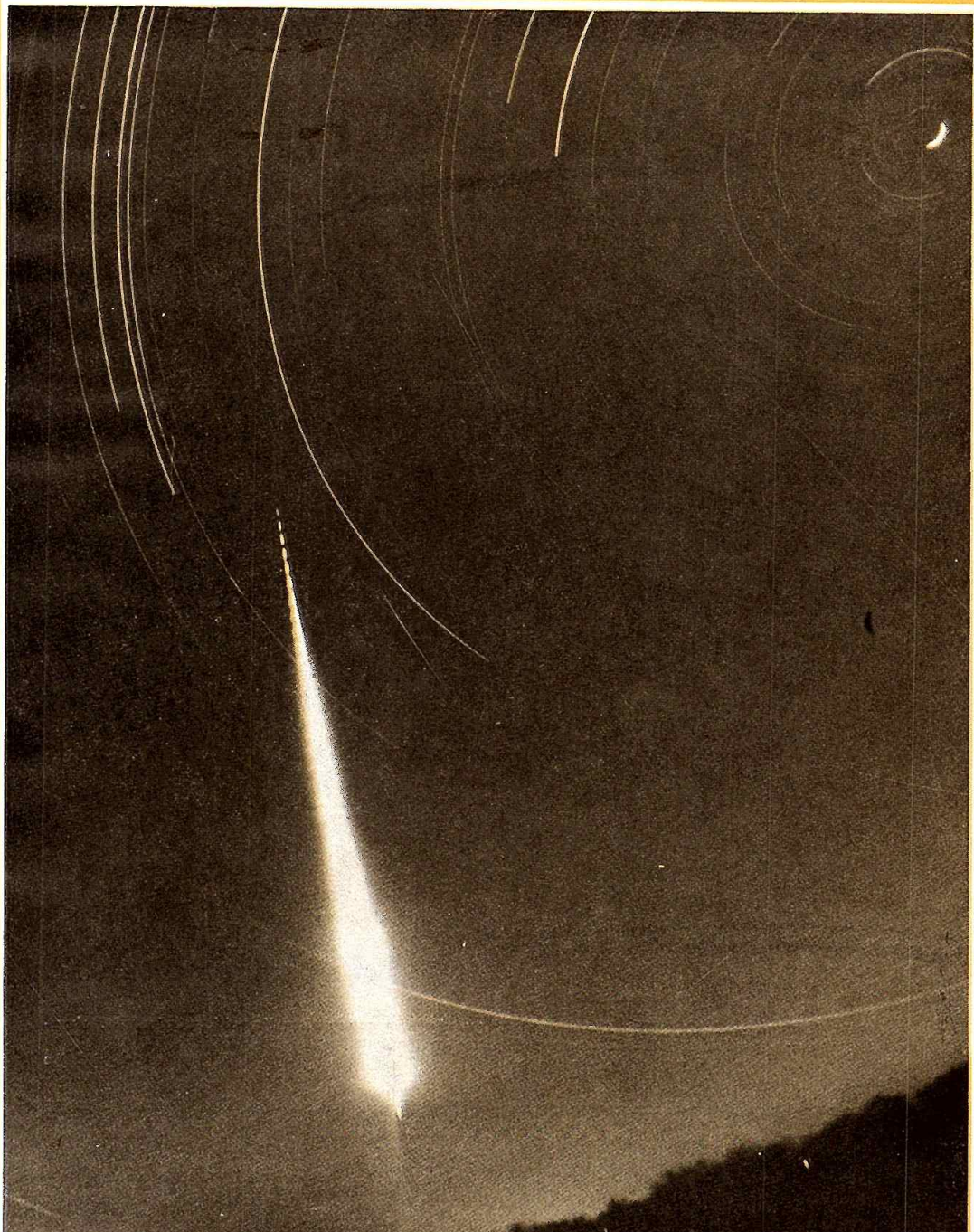


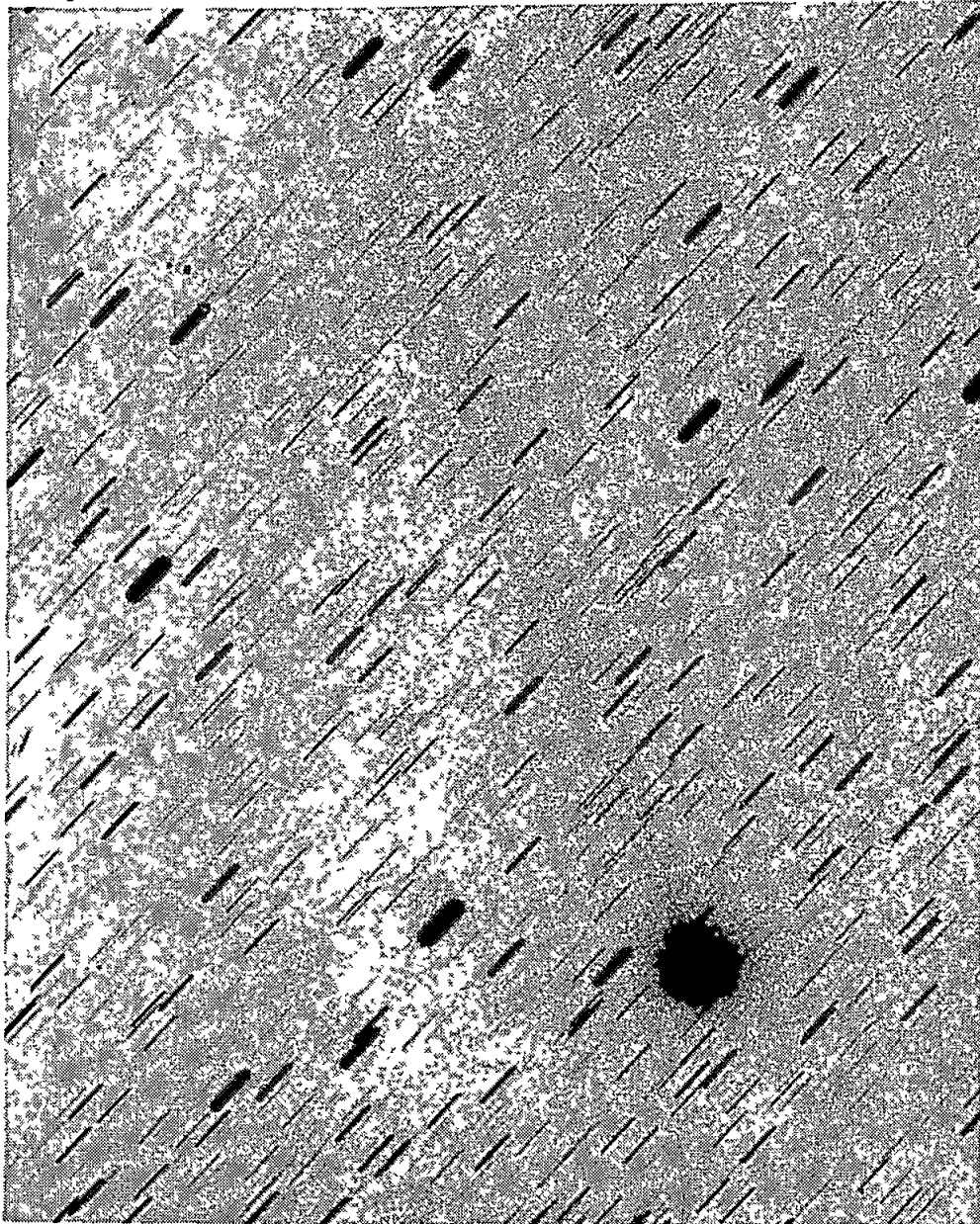
ŘÍŠE HVĚZD

ROČNÍK 72
CENA 5 Kčs

7/91



Bolid EN 070591 „Benešov“, vyfotografovaný pevnou kamerou typu ($f = 30$ mm, $1 : 3,5$) na jedné ze stanic evropské bolidové sítě v Kostelní Myslové u Telče. Bolid byl zaznamenán nízko nad severozápadním obzorem, přičemž výška začátku je 88,1 km a výška konce 18,9 km. Dosáhl maximální absolutní hvězdné velikosti $-18,5$ mag.



Kometa Tsuchiya – Kiuchi 1990i; snímek byl pořízen dvojitým astrografem Krymské astrofyzikální observatoře (průměr 0,4 m, $f/4$) 16. 11. 1990. Expozice 60 minut, materiál deska ORWO ZU-21.

Foto: Sergej Žujko

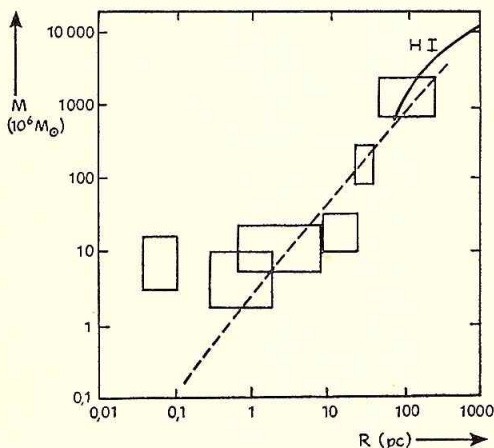
Žeň objevů 1990

(4. část)

Také v oboru záření gama byly nalezeny spektrální čáry, a to jednak anihilační čára 511 keV, a jednak čára 1,8 MeV, vznikající radioaktivním rozpadem nuklidu ^{26}Al . Odtud plyne, že v oblasti jádra každou sekundu anihiluje 10^{13} kg pozitronů [1], a že v téže oblasti se nalézá radioaktivní hliník o úhrnné hmotnosti několikanásobku hmotnosti Slunce. Jelikož tento nuklid vzniká v nepatrné míře jen při výbuchu supernov, znamená to, že v centru Galaxie vybuchují supernovy doslova na běžícím pásu. Pozorované proudění plynu nasvědčuje tomu, že do vlastního centra přitéká ročně asi $0,001 M_{\odot}$ hmoty, což představuje plných $5 \cdot 10^6 M_{\odot}$ za posledních 5 miliard let. To je podle obou autorů nepřímý důkaz existence *supermasivní černé díry* v jádře Galaxie — jinak bychom totiž pozorovali i stejně mocný výtok hmoty z oblasti jádra.

Čtverce a obdélníky představují hodnoty a jejich nejistoty, odvozené z infračervených a mikrovlnných pozorování hvězd a mezihvězdného plynu. Z grafu je patrné, že ve vzdálenostech nad 1 pc od centra model uspokojivě souhlasí s pozorováním, avšak v „centrálním parseku“ leží pozorované hodnoty soustavně výše, než udává model. To znamená, že v centrálním parseku se nachází nadbytečná hmota, která nezáří, tj. *supermasivní černá díra* s hmotností zhruba $4 \cdot 10^6 M_{\odot}$ (podle C. H. Townese a R. Genzela).

Podle rádiových pozorování „sedí“ v centru Galaxie nevelký objekt *Sgr A**, který podle autorů K. Lo a D. Backera měří v průměru jen 1,2 miliardy km (což odpovídá poloměru dráhy Jupiteru kolem Slunce). F. Yusef-Zadeh aj. však zjistili, že zdroj anihilačního záření leží plných 100 pc od centra a kromě toho také maximum ultrafialového záření je vůči němu posunuto a zdroj sám nezáří v infračerveném pásmu. Konečně v červenci 1990 M. R. Rosa aj. objevili nedaleko zmíněného rádiového zdroje dva *optické objekty GZ-A a GZ-B*, z nichž první vyniká nápadně modrou barvou a absolutní vizuální hvězdnou velikostí $-9,5$ mag. Proto se tyto autoři domnívají, že ve vlastním centru Galaxie leží právě tento zdroj GZ-A, skládající se z husté hvězdokupy mimořádně svítivých hvězd s úhrnným zářivým výkonem $1 \cdot 10^7 L_{\odot}$. Hvězdokupa obsahuje nejméně 15 modrých veleobřů spektrální třídy O7. Pak by ovšem v jádru Galaxie nezbylo místo pro *supermasivní černou díru*. Zdá se, že tento závěr nepřímo podporují i pozorování P. Mandrona aj. na sovětsko-francouzské orbitální observatoři Granat. V pásmu energií $200 + 800$ keV se totiž v centru



Obr. L Rozdělení úhrnné hmotnosti M v oblasti centra Galaxie v závislosti na radiální vzdálenosti R . Základem pro výpočet modelového rozdělení je křivka rotačních rychlostí pro neutrální vodík (plná čára H I) a rozložení hmoty hvězd viditelných v blízkém infračerveném pásmu spektra (čárkované na sebe téměř navazující křivky).

Jestliže platí domněnka, že tektity vznikají při srážce komety se Zemí, budou nicméně všichni souhlasit s názorem, že jakákoliv praktická ukázka procesu, jak vznikají tektity, by přišla tak draho, že by se to nedalo zdůvodnit vědeckým přínosem experimentu.

**Harold C. Urey (1973),
americký chemik,
nositel Nobelovy ceny**

Galaxie vynořil zdroj 1E 1740.7-2942 v polovině října 1990 a po několika dnech opět zmizel. I kdyby však v centru Galaxie nebyla černá díra, je zcela zřejmé, že jde o oblast mimořádně nebezpečnou — výsledkem příslušného selekčního tlaku je i skutečnost, že se naše civilizace nalézá dostatečně daleko a může tedy bouřlivé procesy v jádře sledovat ze vzdálenosti úctyhodné, leč bezpečné.

Z galaxií místní soustavy se nyní věnuje nejvíce pozorností *Velkému Magellanovu mračnu*, a to zejména zásluhou rentgenové umělé družice ROSAT, vypuštěné loni v červnu. Při celkové přehliďce této galaxie se podařilo rozlišit 44 diskretních zdrojů, které se koncentrují do oblastí výskytu mračen ionizovaného vodíku. Efektivní teploty zdrojů se pohybují od 0,5 do 1 MK a v mnoha případech se právě ty nejteplejší podařilo ztotožnit se zbytky supernov, neutronovými hvězdami a černými dírami hvězdného typu. Vůbec nejintenzivnějším rentgenovým zdrojem v galaxii VMM je *rentgenová dvojhvězda LMC X-1*, jejíž zhroutilá složka je skoro určitě černou dírou.

Rádiově rozlišená *obří mračna neutrálního vodíku*, o nichž se zprvu soudilo, že jde o galaxie ve stavu zrodu, byla nyní ztotožněna s poměrně blízkými trpasličími galaxiemi. Podle S. Djorgovského tak existuje trpasličí galaxie, vzdálená od nás 20 Mpc, kterou obklopuje mračno HI s průměrem 200 kpc. C. Impey aj. podobně identifikovali mračno v souhvězdí Panny, jehož průměr činí rovněž 200 kpc, a pro nějž se dodatečně podařilo najít trpasličí optickou galaxii, vzdálenou od nás 8 Mpc. Těmito objevy byla odstraněna námitka proti standardní teorii velkého třesku, že některé zárodky galaxií jsou podstatně mladší, než je očekávané stáří vesmíru. Ve skutečnosti nejde o zárodky, ale o dobře vyvinuté — byť opticky nevýrazné — trpasličí galaxie. To současně znamená, že *populace trpasličích galaxií* je podstatně významnější, než se dosud myslelo — vinu na tomto zkrácení nese silný výběrový efekt.

Mnohé galaxie s nízkou plošnou jasností mohou být navzdory tomu soustavy doslova veleobří. Takovým příkladem je *galaxie SB 88* (1037+211), objevená v r. 1988. Loni totiž G. Bothun aj. získali její spektrum a odtud určili červený posuv $z = 0,046$. Galaxie je nápadná svými velkými úhlovými rozměry a vskutku, hmotnost mračen neutrálního vodíku dosahuje hodnoty $2,5 \cdot 10^{10} M_{\odot}$ a dynamická hmotnost soustavy dokon-

ce $9,10^{11} M_{\odot}$. Ještě větší galaxii našli J. M. Uson aj. v centru *kupy Abell 2029*. Její halo lze prokázat ještě ve vzdálenosti větší než 1 Mpc od centra (za předpokladu, že vzdálenost galaxie od nás činí 470 Mpc). Pro tuto obří soustavu vychází též extrémní poměr dynamické a zářivé hmotnosti 500 : 1.

Nejvzdálenější „obyčejnou“ galaxii *G 0102-190* se loni podařilo zaznamenat na snímku teleskopem NTT (La Silla, ESO, Chile). Při červeném posuvu $z = 1,025$ činí její kosmologická vzdálenost $1,10^{10}$ světelných let. V úhlové vzdálenosti 5" od galaxie se nachází kvasar s červeným posuvem $z = 3,035$ a v jeho spektru je vidět méně posunuté absorpční čáry z hala zmíněné galaxie. To automaticky znamená, že poloměr hala galaxie činí nejméně 25 kpc, což je v dobré shodě s představou, že galaxie vznikaly postupnou kontrakcí zárodečného materiálu. V citovaném případě totiž pozorujeme objekt v epoše, kdy vesmír byl třikrát mladší, než je dnes.

Podle K. Chamberse aj. je nyní nejvzdálenější známou radiogalaxií *objekt 4C 41.17* s červeným posuvem $z = 3,8$. Na nejpronikavějších snímcích oblohy našli J. Tyson a R. Wenk v oblasti kolem pólu Galaxie takový počet galaxií do mezní hvězdné velikosti 27 mag, že v přepočtu na 1 čtvereční stupeň to představuje plných 20 000 galaxií. T. J. Boradhurst aj. použili techniky pronikavých snímků ke studiu *struktury vesmíru* do vzdálenosti 2 Gpc od Mléčné dráhy. Za předpokladu, že Hubblova konstanta $H_0 = 100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, objevili periodické koncentrace počtu galaxií ve směru zorného paprsku s intervalem vzdálenosti 128 Mpc. Mnozí autoři však o realitě této periodicity pochybují, jelikož statistický vzorek je dosud omezený. Zato se již téměř nepochybuje o existenci „*Velké stěny*“ galaxií, kterou poprvé odhalili M. Gellerová a J. Huchra při studiu rozložení červených posuvů pro středně vzdálené galaxie. Podle těchto autorů se Velká stěna nachází v rozmezí rektascenzí $8 + 17 \text{ h}$ a obsahuje na 10 000 galaxií o úhrnné hmotnosti $2 \cdot 10^{16} M_{\odot}$. Rozměry stěny činí $150 \times 60 \text{ Mpc}$, kdežto její tloušťka dosahuje jen 5 Mpc. Hustota galaxií uvnitř stěny převyšuje zhruba pětikrát hustotu galaxií v obecném poli. Naproti tomu tzv. *proluky* (kaverny) mezi kupami galaxií znamenají snížení prostorové hustoty galaxií na 1/5 proti hustotě v obecném poli. Pro kosmologii z toho plyne nutnost objasnit fluktuace hustot 1 : 25 v rané fázi

vývoje vesmíru na prostorové stupnici řádu megaparseků.

Galaxiemi z katalogu umělé družice IRAS pro střední a daleké pásmo infračerveného spektra se zabývali M. Rowan-Robinson aj., kteří za 3 roky našli červené posuvy pro 2000 nejjasnějších galaxií z katalogu IRAS. Odtud se podařilo odvodit, že infračervená svítivost galaxií s časem klesá již v průběhu několika málo miliard let. To odpovídá základnímu schématu, že v hustším vesmíru se galaxie častěji srážely, což vedlo k překotné tvorbě hvězd a tím i k vyšší infračervené svítivosti. J. Davies upozorňuje, že přítomnost prachu se projeví infračerveným přebytkem ve spektru galaxie. To však znamená, že v místech, kde na optických snímcích je „tma“, je fakticky větší koncentrace hmoty galaxie, než tam, kde je galaxie opticky jasná. Vzniká tím nepříjemný výběrový efekt, který ovlivňuje četné kosmologické i kosmologické úvahy.

Se Lipari porovnával vzhled infračervených objektů IRAS 18508-7815 a 07598+6508, jež leží v protilehlých bodech oblohy a tvrdí, že podle kosmologického modelu Fang-Li-Ziho jde o dva obrazy téhož kvasaru J. R. Webb aj. zveřejnili výsledky soustavné fotometrie „nadsvětelného“ kvasaru 3C-279 v letech 1987–90. V březnu 1987 totiž zmíněný kvasar prudce zvýšil svou optickou jasnost a v tomto vzrušeném stavu setrval až do března 1990. V pásmu vlnových délek od ultrafialové do blízké infračervené oblasti spektra ($0,1 \div 1 \mu\text{m}$) vyžárl během výbuchu celkem $1,3 \cdot 10^{48}$ J energie, přičemž maximální zářivý výkon dosáhl až $1,6 \cdot 10^{41}$ W. V té chvíli byl objekt opravdu jasný, $B = 12,1$ mag. Z archivních fotografií se podařilo rekonstruovat optickou světelnou křivku od r. 1927. Tak se ukázalo, že k podobnému vzplanutí došlo již v letech 1937–38, a že amplituda zjasnění dosahuje až 8 mag.

Naopak blazar [tj. kvasar bez emisních čar ve spektru] OJ 287 podle L. O. Takaly aj. snížil svou jasnost v první polovině r. 1989 jak v optickém, tak i rádiovém oboru spektra. Tyto změny jasnosti jsou pravděpodobně periodické v intervalu 11,65 roku a mohly by být vyvolány precesí relativistického výtrysku v soustavě dvou supermasívních černých děr, obíhajících v jádru kvasaru kolem společného těžiště. Vskutku, S. Rawlings a R. Saunders rozpracovali model rychle rotující supermasívní černé díry, obklopené mocným akrečním diskem, jako zdroje energie kvasarů. Jelikož Eddingtono-

va svítivost výtrysku o hmotnosti $10^7 M_{\odot}$ dosahuje „jen“ 10^{38} W, autoři usuzují, že zdrojem zářivé energie je spíše kinetická energie částic ve výtryscích. Pokles jasnosti se pak dá vysvětlit odklonem výtrysku od směru zorného paprsku.

Jedním z neplodnějších směrů výzkumu vzdáleného vesmíru se stalo studium efektu gravitační čočky při zobrazování vzdálených kvasarů a galaxií. Jestliže v pětiletí před objevem první gravitační čočky v roce 1979 bylo tématu věnováno pouze 36 vylučně teoretických studií, pak v další pětiletce se počet prací na toto téma zvýšil na 191 a v poslední pětiletce dokonce na 583 studií. Není divu; vřdyt pozorované případy efektu v podobě rozštěpených obrazů kvasarů či ve tvaru obřích zářících oblouků umožňují postihnout celou řadu vlastností extragalaktických objektů. Zejména tak lze studovat rozložení dynamické hmoty v kupách galaxií a nepřímo určovat vzdálenost objektů z fázového zpoždění časových variací jasnosti složek rozštěpeného obrazu. Značné zesílení jasnosti zdroje v pozadí pak dovoluje studovat objekty nepozorovatelné běžnými teleskopy. Loni se poprvé podařilo dokázat, že pro některé takto zobrazené objekty slouží za gravitační čočku zhustek skryté hmoty vesmíru, a dále že alespoň v jednom případě jsou patrné efekty gravitační mikročočky, když zorným paprskem prochází menší kompaktní těleso, unášené vlastním pohybem v mezilehlé galaxii. Jde o známou Huchrovu čočku Q 2237+0305, jež je ze všech známých případů úhlově nejmenší. Vzdálenost krajních obrazů totiž činí jen $0,75''$. M. J. Irwin aj. zjistili, že zatímco relativní jasnosti 4 složek „Einsteinova kříže“ byly v letech 1986 až 1988 stálé, v srpnu 1988 se jedna ze složek počala zjasňovat s amplitudou až 0,5 mag, a tato anomálie skončila až v listopadu téhož roku. Jelikož červené posuvy kvasaru i mezilehlé kupy galaxií jsou známy ($z = 1,7$ a $0,04$), známe i kosmologické vzdálenosti obou objektů (2,5 Gpc a 120 Mpc) a odtud lze z amplitudy změny jasnosti odhadnout hmotnost mikročočky na $0,008 M_{\odot}$ — to by znamenalo, že zorným paprskem procházela hmotnější planeta (8 hmotností Jupiteru)! Podle J. Wambsgansse způsobí průchod hvězdy slunečního typu zorným paprskem úhlovou deformaci obrazu o 6 řádů nižší než když jde o zobrazení prostřednictvím celé galaxie — právem proto hovoříme o mikročočkách. V případě Huchrovovy čočky je obraz složek zesílen 14krát

a hmotnost mezilehlé galaxie činí $6.10^{11} M_{\odot}$.

J. A. Tyson aj. uvádějí, že na nejpronikavějších snímcích oblohy jsou obrazy vzdálených galaxií většinou deformovány prostřednictvím skryté hmoty v mezilehlých kupách galaxií. Tak lze nepřímou studovat rozložení skryté hmoty, které podle A. Bergmanna aj. v některých případech vůbec neodpovídá rozložení hmoty zářící. To je zejména případ zobrazení tzv. *obřích zářících oblouků*, kterých je nyní známo již 10. Odtud vychází zvláště vysoké množství skryté hmoty v kupě Abell 370. Dosud nejvzdálenějším obloukem je úkaz v kupě C1 2244-02, jehož spektrum se podařilo získat B. Fortovi aj. za 15 h integrace signálu, tj. $z = 2,24$.

[pokračování]

Nový pohled na jádro Galaxie

I v době moderních detektorů a teleskopů existují oblasti ve vesmíru, které nejsou dostatečně prozkoumány. Jednou z nich je i prostor v okolí centra Galaxie. Otázka, jaký objekt se tam nachází, není uspokojivě zodpovězena vzhledem k velkému množství mezihvězdné látky, kterou můžeme prokouknout jen prostřednictvím rádiových vln.

Téměř uprostřed oblasti, v níž by mělo centrum Galaxie ležet, pozorujeme rádiový zdroj Sagittarius A. Sestává ze tří složek. První z nich, zdroj záření netepelného původu Sgr A East, je nejspíš pozůstatkem

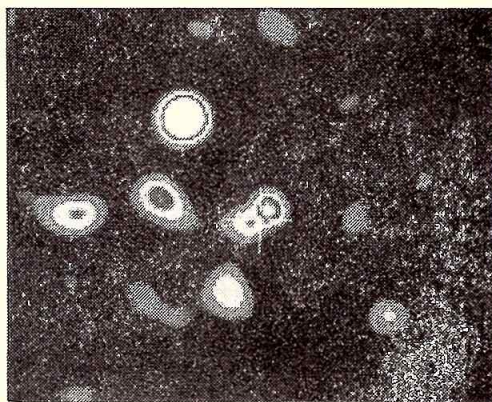
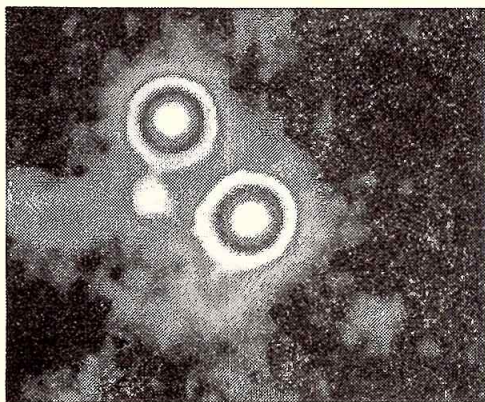
exploze supernovy. Ve zdroji tvořeném ionizovaným plynem Sgr A West jsou zjišťovány pohyby velkých rychlostí, svědčící o silné aktivitě v jádru Galaxie. Kompaktní netepelný zdroj uvnitř této složky vlastnostmi připomíná jádra aktivních galaxií.

Nedávno byly získány prostřednictvím radioteleskopu VLA v Novém Mexiku ve Spojených státech, který pracuje s vysokou rozlišovací schopností, překvapivé záběry centra Galaxie. Struktura rozložení hmoty svědčí o tom, že v centrální oblasti je pravděpodobně skryta masivní černá díra.

Detailní studie spojené s hledáním kandidáta pro ztotožnění s jádrem v optické oblasti narážejí na silnou extinkci zmiňované mezihvězdné látky. Použitím CCD prvků citlivých v infračervené oblasti spektra kolem vlnové délky $1 \mu\text{m}$ lze podstatně zvýšit schopnost zachytit strukturu zdrojů blízkých viditelné oblasti spektra, neboť v této oblasti je extinkce podstatně menší.

Důležitým mezníkem ve zkoumání jádra Galaxie byl 24. červenec 1990, kdy byl prostřednictvím dalekohledu NTT Evropské jižní observatoře na La Silla v Chile získán obraz centra na vlnové délce 920 nm. Detektorem byla CCD kamera firmy Thomson s mozaikou s rozměrem 1024×1024 pixelů, obrazovou rozlišovací schopností 0,3 obloukové vteřiny na pixel a citlivostí 6 % na vlnové délce 950 nm.

V průběhu pozorování bylo získáno pět čtyřicetiminutových expozic oblasti jádra. Na levém obrázku je zobrazeno okno úhlových rozměrů $10'' \times 12''$. Dva jasné objekty jsou IRR 1 a IRR 2 o hvězdné velikosti 17,6 mag na vlnové délce 980 nm (pro snímání zařízení v uvedené konfiguraci byla mezní hranicí 24 mag). Před sebou tedy máte obraz jádra Galaxie, který byl získán



Dvojice snímků pořízená dalekohledem NTT na observatoři La Silla v Chile. Zachycuje oblast středu Galaxie na vlnové délce 920 nm.

v nejkratší vlnové délce infračervené oblasti spektra, velice blízko hranic vizuální oblasti.

Díky dostatečnému odstupu signál — šum mohli astronomové H. Zinnecker, M. R. Rosa a A. Moneti pomocí počítače podstatně zlepšit kvalitu obrazu, jehož rozlišení činí 0,4". Před zpracováním se obraz objektu IRR 2 (levý horní jasný objekt na snímku vlevo) jevil jako pravidelný kruhový zdroj bez vnitřní struktury, zatímco IRR 1 (jasný objekt ve středu levého snímku) vykazoval protažení ve směru od jihovýchodu na severozápad.

Druhý snímek představuje tentýž obraz nyní již počítačově upravený. K překvapení všech byly za neostrým obrazem zdroje IRR 1 skryty poměrně jasné objekty 20. až 21. velikosti. Nepatrně slabší jihovýchodní objekt byl označen jako GZ-A, jasnější severozápadní složka jako GZ-B. Pozoruhodné přitom je, jak přesně oba objekty souhlasí s polohou rádiového zdroje Sagittarius A (vyznačen bílým křížem).

Oba infračervené objekty jsou od rádiového zdroje Sgr A úhlově vzdáleny pouze 0,3", resp. 0,5". Z velice dobré shody poloh lze soudit, že objevené zdroje GZ-A i GZ-B skutečně leží v centru Galaxie.

Je otázka, čím jsou tyto objekty tvořeny a proč vlastně tak silně září. Vysvětlení jsou dvě: může jít o skupinu mladých hvězd nebo o projev dějů probíhajících v akrečním disku kolem předpokládané černé díry. Zářivé výkony obou objektů zřejmě budou větší než 5 milionů Sluncí.

Teprve další detailní pozorování jádra Galaxie s vysokou rozlišovací schopností na různých vlnových délkách může pomoci vyjasnit všechny otázky, na které dosud neznáme odpověď. Proto ani v tomto případě nemůžeme činit ukvapené závěry.

(Podle ESO Press Release No. 9/1990 a The Messenger No. 62/1990, ESO, Garching, zpracoval Petr Velfel, upravil Zdeněk Mikulášek)

MIREK PLAVEC

Melnick 42: Úspěch Hubblova dalekohledu a českého astronoma

Hubblův kosmický dalekohled (HST) se rozbíhá k vědeckým výsledkům a první z nich jsou skutečně slibné. Nyní se uplatnil vysokodisperzní spektrograf (viz článek Pavla Příhody v RH 11/1990, str. 201) při pozorování vzdálené horké hvězdy. Hvězda Melnick 42 není známé jméno a do nedávna o ní vědělo jen velmi málo astronomů; to se nyní změní.

Je to jedna z hvězd katalogu, který r. 1985 vydal J. Melnick jako výsledek svého průzkumu jasnějších hvězd ve Velkém Magellanově mračnu. Její zdánlivá vizuální magnituda je 12,64, což ji jistě nedělá nijak nápadnou. Uvažme ale, že tuto jasnost musíme opravit o vliv mezihvězdné extinkce na 11,40 mag, ale hlavně, že ji vidíme ze vzdálenosti 51,8 kpc (169 tisíc světelných let). Přenesena do standardní vzdálenosti 10 pc by byla její absolutní vizuální magnituda -7,17, a tomu se vyrovná málokterá hvězda v naší Galaxii, ještě tak Rigel v Orionu. Ani Rigel však nemůže soupeřit s hrdinkou našeho dnešního příběhu ve svítivosti, tedy v celkovém množství záření, vysílaném do prostoru ve všech vlnových délkách, ne tedy jen ve viditelném spektru. Rigel září převážně v ultrafialovém oboru, protože jeho spektrální typ je B8; má tedy efektivní

teplotu nějakých 11 200 K. Potřebná oprava z absolutní vizuální magnitudy na bolometrickou (zahrnující veškeré záření) dá pro Rigel bolometrickou magnitudu -7,71, kdežto naše Slunce má +4,69 ve stejné stupnici. Jinými slovy, Rigel září jako 90 tisíc Sluncí. Jenže Melnick 42 má mnohem vyšší efektivní teplotu, jak ukazuje její spektrální typ, O3f. To je prakticky začátek spektrální posloupnosti, protože ještě žádná hvězda nedostala spektrální typ O2; Melnick 42 tedy patří mezi nejteplejší známé hvězdy hlavní posloupnosti. Přívlastek „f“ říká, že ve spektru hvězdy jsou kromě obvyklých absorpčních čar viditelné také jasné (emisní) čáry ionizovaného hélia a dvakrát ionizovaného dusíku. Tyto emisní čáry potvrzují, že máme co činit s hvězdou nejen velmi horkou, ale také vysoce svítivou; taková hvězda tlakem svého záření vyhání totiž atomy ze svého povrchu (říkáme tomu hvězdný vítr) a tak kolem sebe vytváří mlhovinový závoj, v němž emisní čáry vznikají.

Otázka je, jaká je efektivní teplota hvězdy, a jaká je její svítivost. Obojí tak vybočuje z normálu, že nemáme spolehlivé srovnání, a je nutno vypočítat síť modelů a pak porovnat modelová spektra s pozorovaným. Jedině Hubblův dalekohled může dodat do-

statečně kvalitní ultrafialové spektrum tak slabé hvězdy v Magellanově mračnu: k potřebné značné světelné citlivosti přistupuje zde požadavek velmi dobré rozlišovací schopnosti nejen spektra, ale i obrazu, aby se odstranilo záření okolních hvězd ve velmi hustém hvězdném poli mlhoviny zvané populárně Tarantula, odborněji pak 30 Doradus.

Spektrograf Hubblova dalekohledu pořídil ultrafialová spektra v oboru 115–175 nm s rozlišovací schopností 0,06 nm/mm. Jak je pro O hvězdy typické, ve spektru se překrývá veliké množství čar různých iontů, zejména také uhlíku, dusíku a kyslíku. Modelovat takové spektrum vyžaduje nejprve propočítat dobrý model atmosféry. Pro horké hvězdy je to úkol mnohem nesnadnější než pro obyčejné „tuctové“ hvězdy. U chladnějších hvězd je rozdělení atomů do různých stupňů ionizace a rozdělení elektronů do různých energetických hladin v každém místě atmosféry v podstatě diktováno místními podmínkami, zejména tedy teplotou; takové atmosférické modely se poměrně snadno počítají za předpokladu lokální termodynamické rovnováhy (LTE). U horkých hvězd je však proud fotonů z nitra hvězdy tak mocný, že pronikavě ovlivňuje ionizaci a excitaci i na velkou dálku. Odpovídající modely (non-LTE) jsou mnohem komplikovanější. Navíc musí mít výpočetní program schopnost měnit chemické složení, jež je rovněž málo známé, kromě toho, že víme, že v porovnání s naším okolím je v Magellanových mračcích nižší zastoupení prvků těžších než vodík a hélium. Existuje jen velmi málo dostatečně propracovaných výpočetních programů, které by mohly tento úkol zvládnout. Zde se vynikajícím způsobem uplatňuje neobyčejně kompletní, detailní a promyšlený program, který po léta buduje český astronom dr. Ivan Hubený, a který nazval půvabnou slovní hříčkou TLUSTÝ. Ivan Hubený je nyní důležitým členem týmu, který spektra z vysokodisperzního spektrografu zpracovává. Práce, o které píše, vznikla spoluprací amerických, německých a kanadských astronomů, a výsledky jsou založeny na Ivanových modelech.

Ukázalo se, že ke všem známým komplikacím při modelování horkých atmosfér přistupuje zde ještě jedna, totiž že zmíněná hvězda má v atmosféře výraznou nestabilní, turbulentní vrstvu, ve které typické rychlosti atomů jsou kolem 25 km/s. Rychlá rotace hvězdy, asi 200–250 km/s, značně rozšiřuje spektrální čáry, dělá je mělké a způsobuje mnoho překryvů (blendů). Naproti tomu mikroturbulence s poměrně malými turbulentními celami činí spektrální čáry silnějšími a výraznějšími. Za těchto okolností je obdivuhodné, že se Ivanu Hubenému podařilo najít takový model atmosféry, který při výpočtu předpovězeného spektra

(kdy je nutno vzít v úvahu možné příspěvky asi 11 tisíc čar) dává velice přijatelnou shodu se spektrem pozorovaným. Z této práce nakonec vyplynuly nejpravděpodobnější parametry hvězdy Melnick 42. Efektivní teplota je nejspíše 42 500 K (s nejistotou asi ±2000 K). To umožňuje určit spolehlivěji potřebnou opravu absolutní vizuální magnitudy na bolometrickou; ta je asi –4 magnitudy, takže absolutní bolometrická magnituda je –11,2 mag. Hvězda Melnick 42 září jako 2,3 miliónu Sluncí!

Je tedy Melnick 42 nejen jedna z nejteplejších známých hvězd, ale také jedna z nejsvítivějších známých hvězd vůbec. Jen centrální hvězdy planetárních mlhovin a několik vzácných tzv. podtrpaslíků mají vyšší teplotu, ale daleko menší poloměr a následkem toho i daleko nižší svítivost. Žádný chladnější veleobr, jako je modrobílý Rigel (B8), žlutá ρ Cassiopeiae (F8) nebo červená Betelgeuze (M1) se nevyrovná hvězdě O3f. Přitom tyto chladnější hvězdy mají podstatně větší rozměry: jejich poloměry jsou desítky (Rigel) nebo stovky slunečních poloměrů (Betelgeuze nebo Antares). Poloměr hvězdy Melnick 42 je asi 28 slunečních poloměrů, tedy poměrně malý na hvězdu, která svítivostí předčí všechny veleobry. To je tím, že svítivost roste s druhou mocninou poloměru, ale se čtvrtou mocninou efektivní teploty. Ještě vyšší svítivost můžeme tedy hledat zase jen mezi horkými hvězdami spektrálního typu O, a ty jsou velice vzácné, a skoro u všech nemáme srovnatelnou jistotu o skutečných parametrech.

Vysoká svítivost znamená velkou hmotnost hvězdy; Melnick 42 tedy musí také patřit mezi nejhmotnější známé hvězdy. Přímé určení hmotnosti je možné jen u vhodných dvojhvězd. Jinak můžeme hmotnost pouze odhadovat, a to dvojnásobem: buď spektroskopicky, nebo hvězdu zakreslíme do Hertzsprungova-Russellova diagramu a porovnáme její polohu se sítí modelů, které popisují vývoj hvězd daných hmotností. Porovnání s nejnovějšími vývojovými modely dává pro hvězdu Melnick 42 hmotnost asi 110 Sluncí; původní hmotnost byla vyšší, asi 120 Sluncí. Úbytek hmoty je způsoben hvězdným větrem, který se projevuje přítomností emisních čar. Hvězdný vítr zde dosahuje rychlosti až 3000 km/s. Jak rychle hvězdný vítr zmenšuje hmotu hvězdy je zatím nejisté; první odhad je, že hvězda ztratí jednu sluneční hmotnost asi za 250 000 let.

Spektroskopické určení hmoty je založeno na tom, že profily spektrálních čar jsou ovlivněny nejen teplotou, ale i gravitačním zrychlením na povrchu hvězdy, které je úměrné její hmotnosti, ale nepřímo úměrné dvojnásobí poloměru. Tento způsob určení hmotnosti dával bohužel pravidelně hmoty podstatně nižší, než vyplývaly z vývojových

modelů. Práce Ivana Hubeného naznačuje možnou příčinu tohoto rozporu: dřívější analýzy totiž nebraly ohled na vliv mikroturbulence, která pozměňuje zvrstvení atmosféry. Důsledný ohled na mikroturbulenci nyní dal spektroskopickou hmotnost rozumně blízkou „vývojové“ hmotnosti.

Je hvězda Melnick 42 „nejteplejší, nejsvětivější, nejhmotnější mezi všemi“? O tento titul s ní soupeří několik hvězd v naší Galaxii a v Magellanových mračnecích. Soutěží hvězdy v naší Galaxii leží skoro vždy za oblaky mezihvězdného prachu nebo v nich, takže určení jejich parametrů je velmi nejisté. Směrem k Magellanovým mračnům je prostor mnohem průzračnější, ale objevuje se jiná potíž: nebezpečí, že na tu velkou vzdálenou nerozpoznáme, že daný jasný objekt je vlastně hvězdokupa, ne jediná hvězda.

Oběti tohoto omylu je již několik. Tak např. r. 1981 skupina astronomů oznámila, že hvězda R(adcliffe) 136, rovněž uložená (jako Melnick 42) v mlhovině Tarantula ve Velkém Magellanově mračnu, má hmotnost asi 3000 slunečních hmot. O něco později moderní interferometrická technika ukázala, že tento objekt je velmi hustá hvězdokupa; od té doby se v ní už podařilo rozpoznat několik desítek jasných hvězd. Snímek okolí hvězdy Melnick 42, pořízený širokoúhlovou kamerou Hubblova dalekohledu, ukazuje, že to je s velkou pravděpodobností skutečně osamocená hvězda. Není patrně ani nejhmotnější ani nejjasnější ze známých hvězd, ale patří v žebříčku nepochybně velmi vysoko. Cílem nebylo docílit rekordu co do vlastností hvězdy, ale v kvalitě spektra a v kvalitě interpretace.

VLADIMÍR VANÝSEK

Jasnost Neptunu a sluneční činnost

Od roku 1972 jsou na Lowellově observatoři ve Flagstaffu systematicky měřeny jasnosti planet a některých jejich měsíců. Je používán barevný systém u v b y, měření se však provádí většinou v barvách b (efektivní vlnová délka $\lambda = 470$ nm) a y ($\lambda = 550$ nm). V roce 1983 dospěl G. W. Lockwood k předběžnému závěru, že Saturnův měsíc Titan a planeta Neptun mění jasnost v závislosti na jedenáctiletém cyklu sluneční činnosti. U Titana variace hvězdné velikosti (redukované na jednotkovou vzdálenost od Slunce a Země) se pohybuje v mezích 0,1 mag v barvě b a o něco menší je v barvě y. Změny jasnosti Neptunu byly menší a nepřesahovaly 0,06 magnitudy.

Jasnosti obou těles klesaly se vzrůstající sluneční činností, byly tedy „tmavší“ v období slunečního maxima. Tyto periodické variace by bylo možno připsat změnám optických vlastností aerosolů v atmosférách těchto dvou těles. Podle jedné hypotézy dochází k periodickému poklesu efektivního albeda stratosférických aerosolů vlivem zvýšeného toku krátkovlnného slunečního záření. Druhá hypotéza předpokládá, že se mění množství a optické vlastnosti aerosolů v důsledku modulace galaktického kosmického záření sluneční činností. Galaktické kosmické záření (GCR) velmi pravděpodobně významně ovlivňuje vytváření nejen aerosolů, ale i tzv. klastrů v planetárních atmosférách. Existuje však i interakce mezi slunečním větrem a GCR, a tím dochází k variacím v kondenzačním režimu aerosolů. Toto vysvětlení výše popsanych změn jasnosti Neptunu a Titanu lze bezpečněji aplikovat v případě Neptunu. U Titanu zde

může hrát důležitou úlohu i vzájemná změna poloh pozorovatele, Slunce a objektu. Doba oběhu Saturnu — tedy i Titanu — je 28 let a dvojnásobek základního cyklu sluneční aktivity je 22 let. Čistě geometrický efekt, odvozený z kratší pozorovací řady, může jevit zdánlivou korelaci se sluneční činností.

Jiná situace je u Neptunu. Až do minulého roku se zdálo, že přímá souvislost mezi sluneční činností a jasností této planety je mimo jakoukoliv pochybnost. Ale analýza pozorovacích dat z posledních let tyto závěry zpochybnila. Lockwood a jeho spolupracovník T. D. Thompson nedávno zveřejnili diskusi úplné pozorovací řady fotometrických pozorování Neptunu z let 1972 až 1990 (Nature 349, č. 6310, ze 14. 2. 1991), tedy z období 21. a 22. cyklu jedenáctileté periody sluneční činnosti. Ukázalo se, že s rostoucí sluneční činností v období 1985 až 1989 jasnost Neptunu neklesala, jak se předpokládalo, ale naopak stoupala. V roce 1990 byla dokonce téměř o 2 % vyšší než v době slunečního minima v roce 1976.

Jak se již mnohokrát ukázalo, relace mezi sluneční aktivitou a atmosférami planet je složitá a nespolehlivě popsatelná jednoduchým mechanismem. Zdá se, že v případě Neptunu neobstojí teorie změn albeda stratosférických aerosolů v závislosti na toku krátkovlnného slunečního záření. Jen o trochu lépe je na tom hypotéza o sekundárním efektu způsobeném modulací GCR. Je však zřejmé, že do tohoto problému může vnést jasno jedině další dlouhodobá řada systematických fotoelektrických měření. Takový program nevyžaduje velké přístroje. Neptun

je objekt jasný, v opozici dosahuje ve viditelném oboru spektra hvězdné velikosti 7,8 magnitudy. Výše zmíněné výsledky byly dosaženy reflektorem o průměru objektivu 0,5 m, ale postačil by i menší přístroj. Ovšem nároky na přesnost jsou velké. Variace hvězdné velikosti nepřesahují 0,08 magnitudy a střední chyba měření by tedy neměla překročit $\approx 0,01$ magnitudy. To vyžaduje nejen kvalitní fotometr, ale i nízkou a stabilní atmosférickou extinkci. Nicméně je to vhodný program pro malé observatoře.

LUBOŠ KOHOUTEK

NÁVŠTĚVA EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY

Hvězdárna La Silla, Chile

Když v r. 1969 přišel doc. L. Perok jako první Čech na La Silla, byla tato hvězdárna právě v počátcích. Dnes patří Evropská jižní observatoř (ESO) k největším na světě: na La Silla je umístěno 14 dalekohledů (ESO nabízí 32 různých kombinací dalekohled + přístroj) a ústav má velké středisko v Garchingu u Mnichova. Přimo z tohoto střediska je možno pracovat se dvěma dalekohledy na La Silla.

Počátky ESO je možno datovat od r. 1962, kdy 5 zemí západní Evropy, tj. Belgie, Holandsko, Francie, Švédsko a západní Německo (dnes patří ke členským zemím ještě Dánsko, Itálie a Švýcarsko) podepsalo konvenci o vybudování hvězdárny na jižní polokouli. Hlavními důvody bylo málo hvězdáren na jižní polokouli ve srovnání s polokouli severní a možnost dobře pozorovat galaktické centrum i Magellanova oblaka. K nim přistupuje ještě překotný vývoj civilizace v posledních letech, který podstatně zhoršil podmínky pro pozorovací astronomii ve střední Evropě: je to hlavně znečištění ovzduší, jas noční oblohy a stopy letadel, které vedou ke snaze získat hlavní pozorovací materiál mimo Evropu a „doma“ jej jen zpracovat.

V tomto směru se pozorovací astronomie podstatně změnila od dob před 35 lety, kdy

pisatel těchto řádků v Brně a v Praze studoval. Z astronomie také bohužel skoro zmizela určitá romantika, stal se z ní jistý druh fyzikálního měření. La Silla nabízí spojení romantiky s měřením. Romantiku bych viděl hlavně v poloze této hvězdárny, v okolní pustině téměř bez civilizace (nejbližší městečko La Serena je asi 150 km daleko), v horách s průzračným vzduchem, v překrásné a tmavé obloze. Nepíši „černá“ obloha, protože Mléčná dráha a Magellanova mračna doslova svítí a vzbuzují dojem, že obloha není úplně čistá.

Jak se člověk z Evropy dostane na La Silla? Vše začíná pozorovacím programem a žádostí o pozorovací čas. Příslušný šestistránkový formulář s návrhem dalekohledu, instrumentace a pozorovací doby se zašle do ústředny ESO v Garchingu. Programová komise, v níž jsou zastoupeny členské země ESO, navržený program posoudí — v červnu 1990 jsem se tak dověděl, že můj program byl schválen, a že jsem obdržel 14 nocí pro fotometrii u 50cm dalekohledu (5.—18. 1. 1991) a 6 pozorovacích nocí pro spektroskopii u 1,5m dalekohledu (22. až 27. 1. 1991). Sekretářka oddělení „Visiting astronomers“ v Garchingu mi poslala příslušné letenky a zařídila transport ze Santiaga na La Silla. Z Evropy jsem odletěl 1. ledna, v Santiagu přistál následující den a taxíkem jsem byl dopraven do domu pro hosty. Je to nízká, ale dost rozsáhlá budova podkovovitého tvaru, s 10 pokoji pro hosty, se společenskou místností, jídelnou, terasou a s velkou zahradou s bazénem — taková oáza na cestě na La Silla a zpět. Bohužel tam člověk stráví krátký čas, jen nějaký den, a je zpravidla unaven po cestě z Evropy nebo po pozorování. Na aklimatizaci — a ta je potřebná, protože začátkem ledna je v Chile parné léto — jsem měl jeden den a 4. 1. jsem cestoval dál na La Silla. Letí se asi 600 km na sever od Santiaga malým letadlem pro 10 osob včetně pilotů, které ESO najímá od jedné z četných leteckých společností. Let je moc hezký, protože na rozdíl od velkých jetů z Evropy letí letadélko jen ve výšce asi 3000 m, takže se mohou dobře sledovat podrobnosti krajiny. Na jedné straně člověk vidí velikány Kordiller (i nejvyšší horu jižní Ameriky; Aconcagua je vysoká přes 7000 m) a na druhé straně Pacifik. Po přistání na náhorní rovině Pelicano, když motory letadla umlknou, zarazí vás především ticho — to ticho je skutečně příznačné. Potom se jede asi 25 km dlouhou a dosti klikatou cestou do pustých hor.

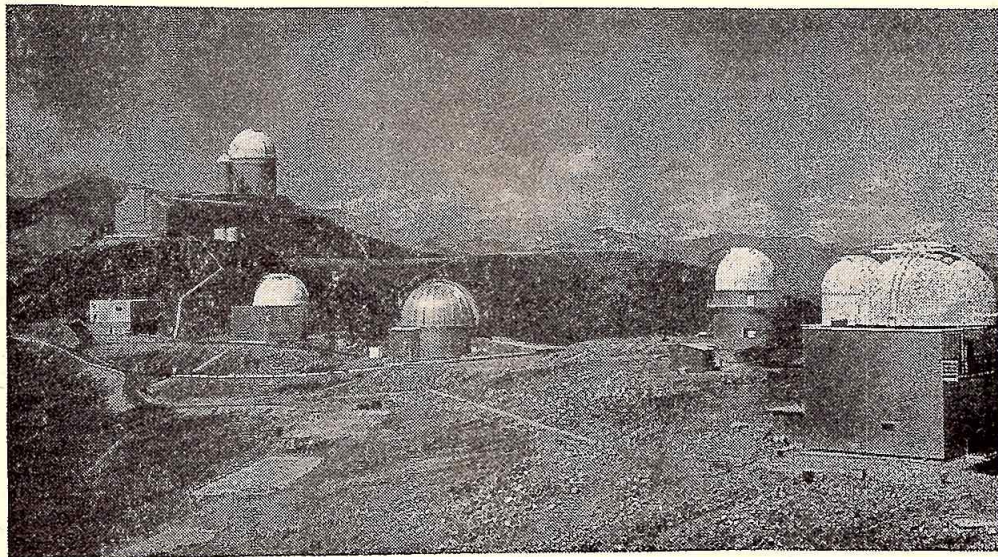
La Silla (španělsky sedlo) je horský hřeben v nadmořské výšce asi 2400 m; trvá přinejmenším několik hodin, než si člověk na tuto výšku trochu zvykne. Ubytovny pro pozorovatele jsou umístěny stranou od centrálně položeného hotelu a od restaurace

s trochu větším provozem. Vlastní příprava pozorování začíná vyplněním formuláře pro technickou skupinu s udáním zvoleného fotonásobiče a filtrů. V principu je příprava pozorování dost vzrušující, ale pro mne nebyla, protože jsem dalekohled a fotometr znal už z minula. Hlavně jsem musel do počítače vložit souřadnice hvězd, které jsem měl v úmyslu měřit. To je celkem jednoduché, má-li člověk podobný program, jako v minulých letech, a jsou-li souřadnice už zaznamenány na magnetickém pásu. Nastavení dalekohledu je automatizované: po napsání např. „GO, 100“ se dalekohled sám nařídí na objekt, který je v katalogu pod č. 100 (kopule se otočí také automaticky). Pozorovatel pak ovšem musí objekt identifikovat a polohu dalekohledu zpřesnit tak, aby byl objekt ve cloně fotometru. Měření se uskuteční v předem zvolených parametrech, tj. v integrační době, ve filtrech a ve cloně. Fotometr pak čeká, zda pozorovatel měření ukončí, nebo zda se bude měřit i obloha. Je užitečné, vidí-li člověk na obrazovce tzv. „on line“ hvězdné velikosti. To se docílí měřením standardů na začátku noci. Měření jsou zaznamenána jednak tiskárnou na papír, jednak jsou registrována na magnetický pás, který se ráno vloží do speciální schránky. Data pak zkopíruje výpočetní oddělení, ve kterém si člověk vyzvedne na konci pozorovacího období pás se všemi měřeními pro definitivní zpracování v Evropě. Zpracování by se mohlo udělat i na La Silla, ale zpravidla na ně není čas. I letní noci jsou 7–8 hodin dlouhé a přes den se musí prohlédnout výsledky minulé

noci a hlavně připravit program pro noc příští.

Druhé pozorovací období jsem měl u 1,5m dalekohledu a zabýval jsem se spektry vybraných jasných centrálních hvězd planetárních mlhovin. Tento dalekohled patří k nejstarším na La Silla a používá se výlučně pro spektroskopii. Před lety jsem pozoroval v ohnisku coudé, ale tehdy na fotografické desky — dnes se spektrum registruje pomocí CCD na magnetický pás. CCD (Charge Coupled Device) předčí fotografickou desku především v účinnosti, ale i ve velkém dynamickém rozsahu a v linearitě. To znamená, že výstupní signál je přímo úměrný dopadnuvšímu světlu. Nelinearita fotografických desek je velmi nepříjemná, protože hustota (transparence) desek se na intenzitě převádí dost pracně. Pokud jde o kvantovou účinnost, u CCD dosahuje 50 až 80 %, zatímco u desek činí (i po zvýšení jejich citlivosti „pečením“) jen asi 3 %. Určitou stinnou stránkou CCD jsou „technické“ expozice, které se mohou dělat i v denních hodinách, tj. např. před pozorováním a po něm, čímž se vlastní pozorovací noc značně prodlouží. Typické pro 1,5m a pro všechny větší dalekohledy na La Silla je, že člověk celou noc dlí v místnosti, že dalekohled vůbec nevidí, oblohu taky ne a zorné pole vidí jen na obrazovce.

Největším dalekohledem na La Silla je teleskop o průměru zrcadla 3,6 m [na obr. 1 na nejvyšším místě hvězdárny]. Používá se v primárním ohnisku (přímé snímky pomocí CCD), v Cassegrainově ohnisku (spektroskopie, vizuální a infračervený fotometr) a



Hlavní dalekohledy European Southern Observatory (ESO) na La Silla, Chile.