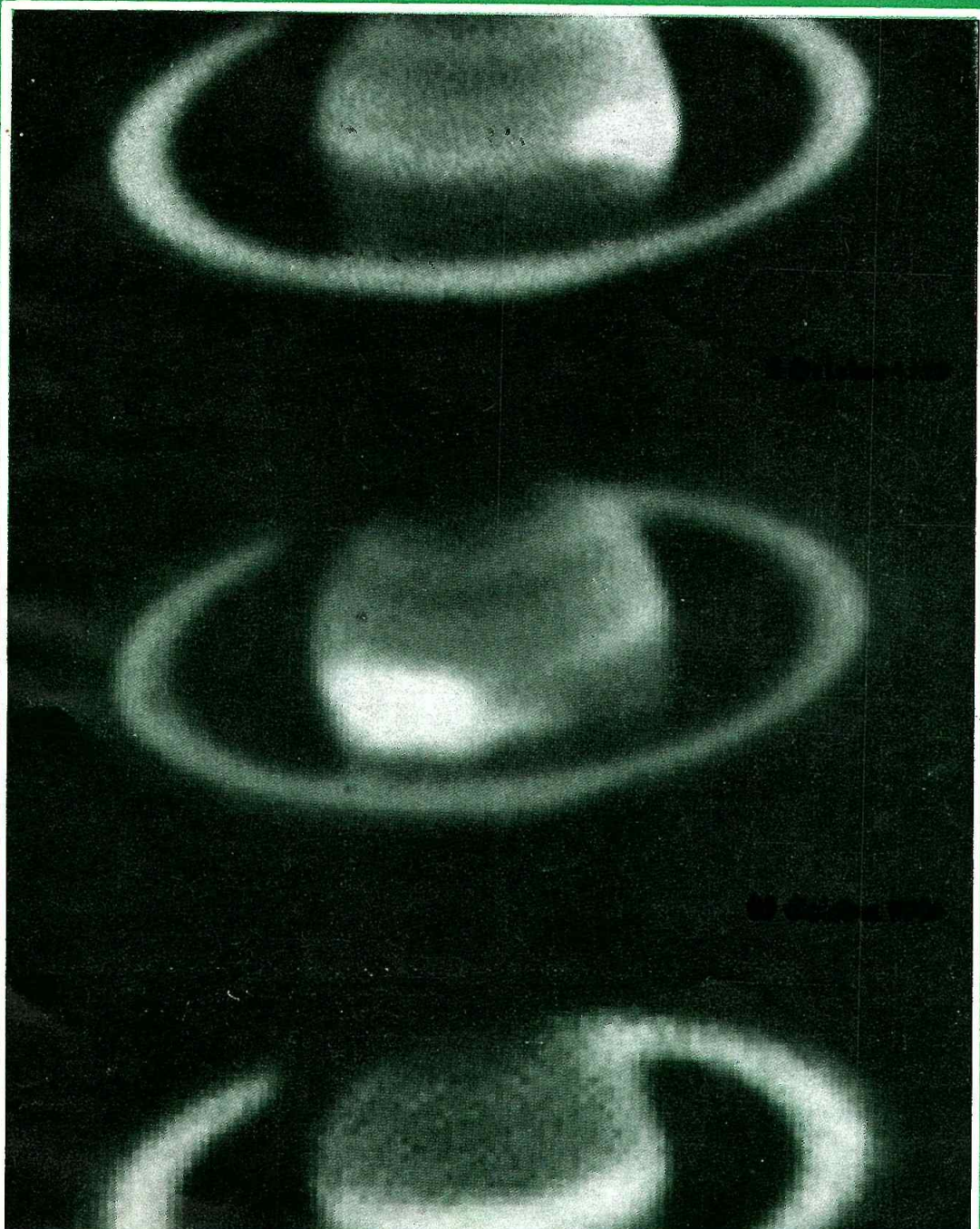


# RÍŠE HVĚZD

ROČNÍK 72  
CENA 5 Kčs

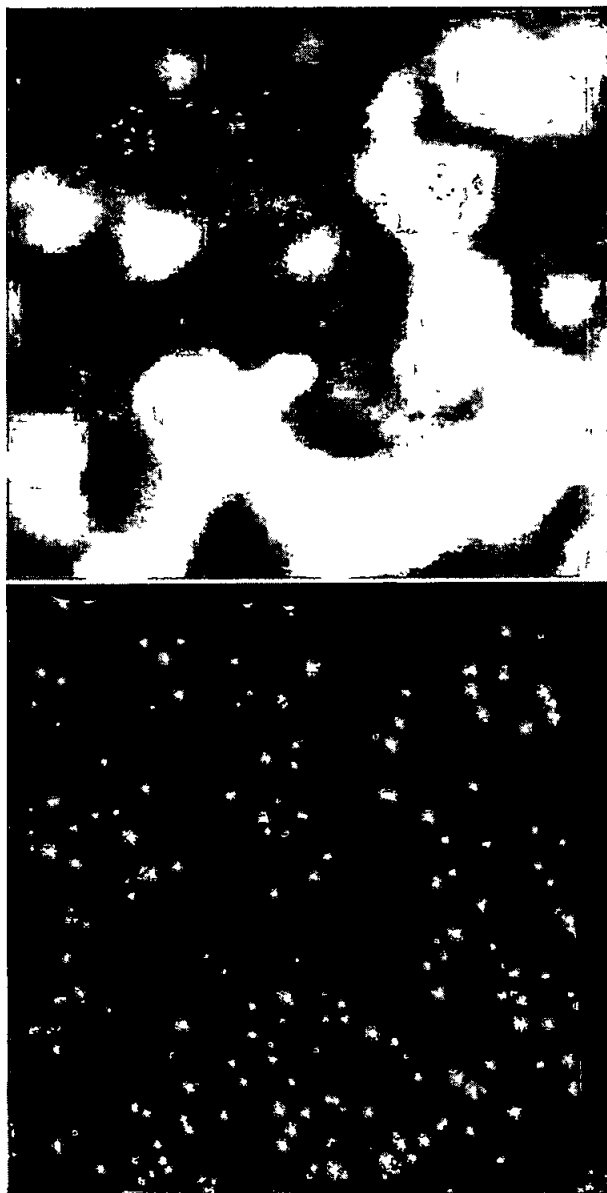
3/91



---

Velká bílá skvrna na Saturnu (k článku T. Stařeckého) tak, jak se jevila 8., 16. a 23.  
října 1990 (1. stránka obálky).

(snímek: ESO — La Silla Observatorij)



Přes všechny obtíže, které provázejí Hubbův kosmický dalekohled na oběžné dráze kolem Země, se ukazuje, že dalekohled je i nyní schopen pořizovat snímky daleko kvalitnější než jakýkoliv přístroj na povrchu Země. Dokumentuje to i záběr jedné oblasti kulové hvězdokupy M 14 (vzdálené 70 000 světelných let) — nahoře pozemním dalekohledem, dole Hubblovým dalekohledem.

(snímek: NASA — STSI)

---



# Planetária po americku

V září 1990 se již podesáté konala mezinárodní konference ředitelů velkých planetárií. Toto neformální, volně sdružení, známé pod zkratkou IPDC (International Planetarium Directors Conference), se schází zpravidla po třech letech k výměně zkušeností, poznávání činnosti příbuzných zařízení a navazování užší spolupráce. Pořadatelé desátého setkání bylo pět amerických planetárií na východním pobřeží USA ve městech Washington, D. C., Richmond, Baltimore, Philadelphia a New York.

Konference probíhala americkým tempem, takže v době od 17. do 24. září zhlédli delegáti pět velkých planetárií a muzeí, včetně výběru z jejich programů a výstav, vyslechli asi 30 odborných referátů, absolvovali exkurze do blízkých observatoří a výrobního závodu firmy Spitz, zhlédli několik představení kin Imax a Omnimax a dvě divadelní představení. Z místa na místo se 80 účastníků X. IPDC přepravovalo dvěma autokary. Každé z navštívených planetárií by zasluhovalo podrobnější popis, ale zde chceme sdělit čtenářům spíše obecnější poznatky.

Vzhledem ke známému předstihu americké vědy a techniky byla X. IPDC z našeho hlediska pohledem do budoucnosti. Vedle významného technického rozvoje může však být pro pracovníky a příznivce planetárií v ČSFR zajímavá i programová filozofie amerických planetárií, jejich nabídka pro návštěvníky a v neposlední řadě i způsoby, jakými tato specializovaná kulturní zařízení řeší své existenční problémy v podmínkách tržního hospodářství.

Má-li planetárium kdekoli ve světě úspěšně plnit své poslání, musí mít co největší návštěvnost, musí obstát v konkurenci s jinými kulturními zařízeními a médii, s televizí, filmem, počítačovými programy apod. V průběhu šedesátých a začátkem sedmdesátých let procházela četná planetária v USA krizí, projevující se poklesem návštěvnosti a úvahami, zda planetárium v době rozvinuté informatiky a audiovizuální techniky není přežitkem a zda má budoucnost. Planetária na to reagovala výrazným rozšířením předváděcích možností zavedením nových doplňkových projektorů, světelných a zvukových efektů a nových forem

zábavných programů, využívajících laserové projekce. Koncerty moderní hudby s laserovými efekty sice značně zlepšily návštěvnost, avšak původní poslání planetária tím naplněno nebylo.

Kvalitativní posun v koncepci rozvoje planetárií nastal v sedmdesátých a osmdesátých letech budováním „vědeckých středisek“ (Science Centre). V takovém středisku je vlastní planetárium, označované obvykle jako „hvězdné divadlo“, součástí komplexu zařízení pro popularizaci přírodních a technických věd, včetně astronomie a kosmonautiky. Vědecké středisko zahrnuje pod jednou střechou zejména:

- planetárium;
- moderní interaktivní výstavy, jednak „samoobslužného“ typu, jednak s průvodci a živými demonstracemi;
- kinosál, přednáškový sál;
- kino Imax nebo Omnimax;
- učebny, dílny, laboratoře, knihovnu, studovny;
- moderní přírodovědné či technické muzeum;
- astronomickou pozorovatelnu, hvězdárnu, sluneční dalekohled;
- prodejnu literatury, pomůcek, přístrojů, suvenýrů;
- prodej občerstvení.

Je zřejmé, že takto vybavené středisko je pro široký okruh návštěvníků velmi atraktivní a přímo vybízí k opakovaným návštěvám. Charakter „science centre“ má dnes většina velkých planetárií v USA, četná zařízení v Kanadě a v Japonsku a zatím ojediněle v Evropě (Paříž — la Villette, Helsinky — Vantaa). Snad největším lákadlem do střediska je kino Imax nebo Omnimax, o kterém se zmiňujeme dále. Samozřejmě je všude využito počítačů, které jsou jako součást výstav návštěvníkům k dispozici; pomocí přehledného „menu“ si může návštěvník vyvolat z obrazových kompaktních desek jakoukoliv z nesmírného množství obrazových informací. Tak lze trávit třeba dlouhé hodiny nad záběry z kosmických sond a filmy NASA.

K následování této cesty vybízí i nová iniciativa OSN, vyhlášená k Mezinárodnímu

## CITÁT MĚSÍCE

*Nejhorší jsou lidé, kteří příliš mnoho pracují a příliš málo myslí.*

**Pjotr Kapica, ruský fyzik, nositel Nobelovy ceny**



kosmickému roku 1992 (ISY 1992 — International Space Year 1992). Ve všech velkých městech by tak postupně měla vznikat vědecká střediska — „universaria“, komplexně vybavená pro širokou popularizaci poznatků astronomie a kosmonautiky. Každému planetáriu přináší svazek s vědeckým střediskem také ekonomické výhody, protože atraktivní a hojně navštěvované zařízení snáze získává i finanční prostředky. Vedle příjmů ze vstupného, pronájmů a prodeje (publikací, suvenyrů, pomůcek apod.), které samy o sobě nestačí na krytí provozních nákladů, jsou to nezbytné subvence, které v USA přicházejí obvykle od městské správy, z některé nadace, nebo od velkých firem a také od soukromníků. Mnohá planetária v USA nesou jména bohatých sponzorů a těší se jejich přízni. Jsou tu však i méně „zazobaná“ planetária, kde narazíte u vchodu na pokladničku se zdvořilou žádostí o finanční příspěvek na... (opravu budovy, rekonstrukci, nákup přístrojů apod.).

Jak vypadá typický program amerického planetária? Je to především velká podívaná, neboli show, připravená a předvedená na vysoké profesionální úrovni. Hlavní role přitom obvykle nepatří vlastnímu projekčnímu planetáriu, ale desítkám a stovkám tzv. doplňkových projektorů; ty jsou rozmístěny podél celého obvodu sálu i v centru sálu kolem planetária a jejich řízení obstarává počítač.

Do technického zákulisí patří především diaprojektory, univerzální i jednoúčelové. Americkou novinkou je unifikovaná soustava širokoúhlých diaprojektorů „All-sky“, pokrývající celou kopuli planetária jedním složeným obrazem. Diaprojekce i filmová projekce jsou v rostoucí míře nahrazovány videoprojekcí. Specializovaná pracoviště v USA připravují pro planetária videokazety a obrazové kompaktní disky s nepřebírným výběrem statických i pohyblivých obrazových informací, včetně nejrůznějších speciálních efektů, jaké se dříve demonstrovaly jen doplňkovými projektory, např. rotující dvojhvězdy, model sluneční soustavy, Jupiter s měsíčky, výbuch supernovy, zoom-efekty atd.

Princip videoprojekce využívá i revoluční řešení v oblasti vývoje planetárií — elektronické planetárium DIGISTAR americké firmy Evans and Sutherland. Ve srovnání s přesložitými optickomechanickými planetárii vzbuzujícími respekt budí vzhled Digistaru spíše nedůvěru: uprostřed sálu stojí prostá černá bedna o objemu asi 1 m<sup>3</sup>, ze které nahoře vystupuje skleněné „rybí oko“, tj. superširokoúhlý projekční objektiv. Pod ním je malá černobílá obrazovka s mimořádně vysokým jasem obrazu. Výkonným počítačem generovaná obrazová informace se z obrazovky promítá „rybím okem“

na celou kopuli planetária. Stroj má v paměti uloženy veškeré údaje potřebné k vytvoření prostorového modelu sluneční soustavy a okolního hvězdného vesmíru v libovolném čase. Tento model si pak můžeme prohlížet prakticky odkudkoli, tedy nejen ze Země. Kromě běžných astronomických jevů může Digistar demonstrovat např. průlet sluneční soustavou, mezihvězdný let, nebo let časem, při němž pozorujeme, jak vlastní pohyby hvězd změní vzhled souhvězdí třeba za několik desítek tisíc roků. Velmi výhodná je též projekce počítačové grafiky, nápisů, diagramů, pohyblivých schémat i velmi složitých prostorových modelů. Slabinou Digistaru jsou neostře, rozplizlé obrazy hvězd a dalších objektů. Realistické podání hvězdné oblohy je tedy dosud doménou klasického, opticko-mechanického planetária.

Většina velkých planetárií v USA je vybavena laserovým projektorem se skanerem řízeným počítačem. Zařízení se využívá především ke světelným efektům při hudebních produkcích. A protože moderní planetária jsou vybavena i velmi výkonnými vícekanálovými soustavami pro reprodukci zvuku v hi-fi kvalitě, bývá takový „laserový koncert“ zážitkem ohlušujícím a oslepujícím a také hojně navštěvovaným, zejména mládeží.

Výčet hlavních technických zařízení soudobých velkých planetárií by nebyl úplný bez zmínky o „celooblohové“ kinoprojekci. Existuje několik řešení, umožňujících nejdříve speciální filmovou kamerou s objektivem „rybí oko“ natočit film a ten pak promítnout projektorem s podobným objektivem na celou kopuli planetária, nebo alespoň na větší část kopule. Pravděpodobně nejrozšířenější a nejkvalitnější je systém OMNIMAX, produkovaný kanadskou firmou IMAX System Corporation od počátku 70. let. Plocha filmového polička je tu desetkrát větší než u běžného 35mm filmu. Promítnutý obraz je mimořádně kvalitní, velmi jasný, ostrý, klidný a natolik blízký realitě, že divák má přímo fyzický pocit vlastní účasti v obraze, který jej zcela obklopuje. Velmi sugestivní je iluze vlastního pohybu diváka, vyvolaná pohyby kamery. Filmy natočené v přírodních rezervacích, z paluby raketoplánu, pod hladinou moře apod. jsou pro diváka nejen velkým zážitkem, ale mají i značnou hodnotu vzdělávací. V současné době je k dispozici asi 70 filmů, z toho téměř polovina je populárně naučného charakteru a vhodně doplňuje programy planetárií. Zájem diváků je mimořádný a návštěvnost jednoho kina přes 500 000 diváků za rok není výjimkou. Střídává projekce planetária a kina Omnimax na společnou promítací kopuli je sice technicky možná a z programového hlediska zajímavá, ale provozně efektivnější je spíše varianta



„dvouprostorová“, kdy planetárium je v jedné kopuli a Omnimax ve druhé.

Desátá konference IPDC naznačila, kam spěje planetárium jako instituce koncem 20. století. Stává se víceúčelovým zařízením, schopným lépe plnit své úkoly v rámci středisek pro popularizaci vědy. Nabízí divákům velkou podívanou s využitím špičkové audiovizuální techniky a výpočetní techniky. Pro pracovníky planetária je ovšem stále obtížnější a nákladnější připravit hodnotný a atraktivní program. Proto se rozšiřují různé formy spolupráce na tvorbě programů a také profesionální výroba software k programům planetárií. Vysoká technická úroveň není sama o sobě zárukou úspěchu programu mezi diváky. O tom rozhodují především lidé, kteří s technikou

pracují. Ti také musí dbát na to, aby planetárium nepřestalo plnit své původní poslání, totiž demonstrovat na optickém modelu astronomické jevy, pozorovatelné na skutečné obloze za dobrých pozorovacích podmínek. A protože zejména obyvatelé měst mají stále méně příležitostí takové podmínky nalézt, stává se pro ně planetárium prostředníkem, oknem do vesmíru, nabízejícím hluboký estetický zážitek z pohledu na hvězdnou oblohu.

Na závěr každé konference hlasují delegáti o návrzích dalších míst konání IPDC. Tentokrát bylo v New Yorku usneseno, že příští konference bude v roce 1993 v Madridu a následující, dvanáctou konferencí, uspořádají v roce 1995 velká planetária ve Vídni, Budapešti a Praze.

E. V. KONONOVICH

## Co nám říkají sluneční červené paprsky?

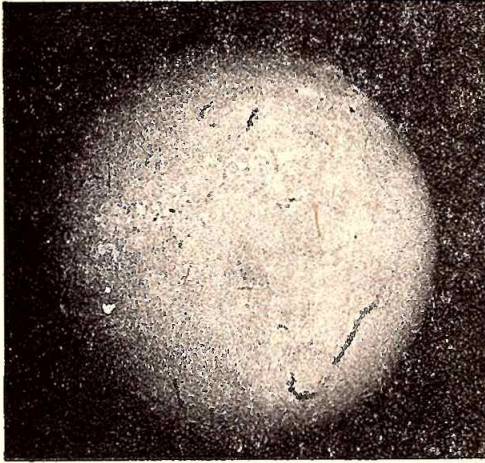
Pozorujeme-li Slunce nízko nad obzorem, vidíme, že září podstatně slaběji než například v poledne a přitom výrazně mění svoji barvu do červena. Příčinou tohoto známého jevu je to, že silná vrstva zemské atmosféry, zahrnující prашné vrstvy v nižších výškách, funguje jako zvláštní světelný filtr, podobný červeno-oranžovému sklu. Kdybychom však vzali takový filtr, který propouští pouze záření v úzkém pásmu červené oblasti spektra (monochromatické záření) a kdybychom navíc vybrali toto pásmo v těsném okolí vlnové délky 656,3 nm (řekněme v rozmezí 0,05 nm), potom bychom pozorovali prakticky výlučně záření emitované atomy vodíku. Tyto atomy byly takzvaně vzbuzeny do určitých energetických stavů, z nichž potom mohou emitovat nejen červené záření, ale i záření v jiných částech spektra. Zde máme na mysli především tzv. monochromatické záření ve spektrálních čarách. Vlastně bychom měli hovořit spíše o absorpci, neboť vodíkové čáry v optické oblasti slunečního spektra pozorujeme jako čáry absorpční. Tyto čáry jsou nazývány podle svého objevitele čarami Fraunhoferovými. Přítom nejsilnější z nich je právě červená čára vodíku 656,3 nm, kterou označujeme jako čáru  $H_{\alpha}$ , náležící k Balmerově sérii vodíkových čar. Ukazuje se, že v podmínkách sluneční atmosféry je takovýchto vodíkových atomů relativně velmi mnoho (při teplotě okolo 6000 K), a proto pozorujeme-li červené sluneční záření

emitované těmito atomy, vidíme vrstvy o teplotě blízko 6000 K. „Monochromatické paprsky“ astrofyzikové zpravidla nazývají spektrálními čarami, neboť v barevném proužku spektra, zobrazeném např. pomocí spektrografu, jim odpovídají úzká barevná zobrazení vstupní šterbiny spektrografu — spektrální čáry. Již zmíněná nejjasnější viditelná čára vodíku  $H_{\alpha}$  odpovídá atomárnímu přechodu mezi druhou a třetí kvantovou hladinou atomu vodíku (při přechodu 1—2 vzniká ještě daleko jasnější emisní čára Lyman  $\alpha$ , ale tu lze pozorovat pouze z družic, neboť její vlnová délka 121,6 nm již spadá do ultrafialové oblasti spektra, ze Země neviditelné). Úsek slunečního spektra v okolí čáry  $H_{\alpha}$  je ukázán v článku M. Sobotky (ŘH č. 12, 1983).

Spektrum Slunce se skládá z mnoha takových spektrálních čar, přičemž každá spektrální čára přísluší atomu nějakého chemického prvku, který se nachází v určitém stavu své excitace. To, že se daný atom může v příslušném excitačním stavu nalézat, závisí na fyzikálních podmínkách v atmosféře a především pak na teplotě a na hustotě slunečního plazmatu. O tom, jak a v kterém místě sluneční atmosféry určitá spektrální čára vzniká, je stručně pojednáno v článku P. Heinzela „Žářivé procesy ve hvězdných atmosférách“ (Kosmické rozhledy č. 1 a 2, 1990). Díky teoretickým výpočtům zmíněným v uvedeném článku známe dostatečně dobře, v jakých



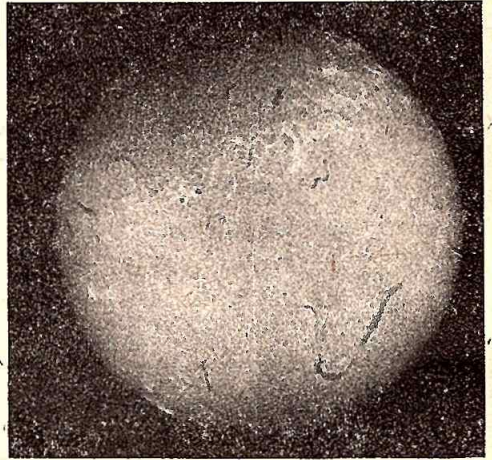
hloubkách sluneční atmosféry ty nebo only spektrální čáry vznikají (viz obr. 1 uvedeného článku). Čím méně atomů pohlcuje záření v dané spektrální čáře, tím je v této čáře atmosféra Slunce průzračnější a tím



Obr. 1  $H\alpha$ -filtrogram Slunce získaný pomocí dalekohledu OPTON. Filtř byl naladěn na střed čáry (k článku E. V. Kono-  
noviče).

také hlouběji vidíme. V oblasti mezi spektrálními čarami pohlcuje sluneční plazma mnohem méně a my vidíme záření nejhlubších vrstev, které lze ještě přímo pozorovat, vrstev, které vyzařují tzv. spojité spektrum Slunce. Tyto vrstvy tvoří známou fotosféru (z řeckého světelnou nebo zářící sféru), často označovanou jako jakýsi dohodnutý „povrch“ Slunce. Plyná koule, jakou je naše Slunce i ostatní hvězdy, však žádný takový povrch ve skutečnosti nemá a ani mít nemůže, neboť různé vrstvy spojitě přecházejí jedna v druhou a některá oddělená oblaka plynu nebo proudy plazmatu se mohou pohybovat směrem nahoru nebo dolů. Dojem povrchu však vzniká díky úzkému okraji, kterým je Slunce ohraničeno. Tento kraj není důsledkem prudkého úbytku hmoty směrem k povrchu, ale strmého růstu opacity s hloubkou ve fotosféře. Ve středu slunečního disku proniká zorný paprsek jen asi 200–300 km hlouběji než jsou vrstvy, které z boku na slunečním okraji vidíme jako ostře vymezený kraj. Tudiž v různých částech spektra lze vymezit vrstvy sluneční atmosféry, nacházející se v různých geometrických hloubkách, a tím také určit jejich fyzikální vlastnosti. Podle těchto vlastností se všechny pozorované vrstvy sluneční atmosféry rozdělují na tři důležité oblasti — v nejhlubší fotosféře klesá teplota směrem k povrchu (tak jako u každého ohřá-

tého tělesa, u něhož vnější vrstvy ztrácejí tepelnou energii tím více, čím jsou blíže k povrchu). Zde, jak jsme se již zmínili, se formuje spojité spektrum a především tzv. absorpční čáry, slabé i středně intenzivní. Poté, od jisté úrovně blízké viditelnému ostrému okraji slunečního disku, teplota začíná opět narůstat, zpočátku pomalu a pak velmi prudce až dosáhne vysokých hodnot řádově milionů stupňů v koróně. Tato vrstva atmosféry se nazývá chromosféra (opět z řečtiny barevná sféra). Růst teploty v chromosféře je důsledkem dodatečného ohřevu této vrstvy i vyšší koróny. Mechanismy ohřevu jsou však zatím jen velmi málo prozkoumány (viz podrobnější diskuse ve zmíněném článku P. Heinzela). Chromosféra se rozprostírá na výšce několika tisíc kilometrů a právě v ní vzniká záření nejsilnějších spektrálních čar slunečního spektra, včetně čáry  $H\alpha$ , o níž chceme dále podrobněji hovořit. Nakonec v nejvyšších vrstvách sluneční atmosféry dosahuje teplota několika milionů stupňů — chromosféra zde přechází v prostorově rozsáhlou korónu. Chromosféru a zejména pak korónu lze dobře pozorovat během úplných zatmění Slunce, z nichž nejbližší bude 11. července 1991.

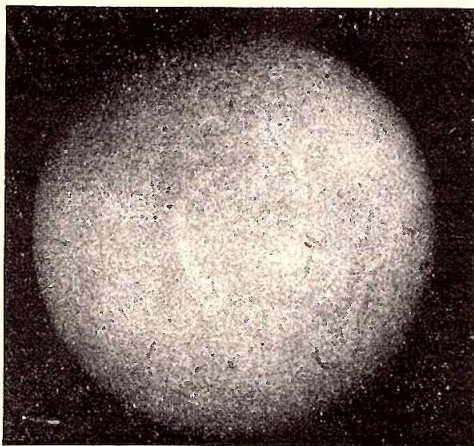


Obr. 2 Stejný snímek Slunce, ale při přeladění filtru o 0,025 nm do křídla čáry  $H\alpha$  (tj.  $H\alpha-0,025$  nm).

Při pozorování v bílém světle (tj. bez použití barevných filtrů) jsou ve fotosféře nejvýraznější sluneční skvrny a v jejich okolí jsou často vidět jasné plochy — fakule. Mezi fakulemi je zřetelné velké množství jasných granulí s temnou mezigranulární sítí. V červené čáře vodíku  $H\alpha$  je však obraz Slunce zcela jiný. Základem je



množství jasných i tmavých (ve srovnání se středním povrchem) vláken i bodů, a to větších, než jsou fotosférické granule. Na první pohled se zdá, že je téměř nemožné se zorientovat v této složité struktuře. Avšak při pozornějším pohledu lze zjistit, že v klidných oblastech vytvářejí tmavá vlákna zvláštní husté „křoví“ a současně jakoby ohraničují jakési elementy určité sífky. Tyto elementy nazýváme celami a jejich průměry se pohybují okolo 40–50 000 km na povrchu slunečního disku. Tato struktura se nazývá chromosférická sífka a je organizována velkorozměrovou strukturou magnetického pole Slunce, která vzniká v důsledku pohybů plazmatu v konvektivní zóně podfotosférických vrstev.



Obr. 3  $H_{\alpha}$ —0,050 nm

Než přistoupíme k podrobnějšímu popisu chromosférických struktur, pozorovaných v čáře  $H_{\alpha}$ , podívejme se podrobněji na tuto čáru. Kdyby se všechny atomy vodíku nalézaly v klidu, potom by pohlcovaly nebo emitovaly záření prakticky na jedné frekvenci, resp. záření o stejné vlnové délce (míněno stále záření ve vybrané spektrální čáře, v našem případě  $H_{\alpha}$ ). Taková spektrální čára by ale byla velmi úzká, v podstatě monochromatická. Jednotlivé atomy však mají určité vlastní tepelné rychlosti — u vodíku v chromosféře je to v průměru okolo 10 km/s; v důsledku Dopplerova efektu dochází k posuvu vlnových délek fotonů, čímž vzniká — pro určité rozdělení rychlostí atomů v plazmatu (např. maxwellovské) — rozšíření spektrální čáry. Takovéto rozšíření je symetrické, neboť stejný počet atomů se pohybuje k nám i od nás. Na šířku čar mají značný vliv i jiné mechanizmy rozšíření, o kterých zde podrobněji hovořit nemůžeme. Nakonec vypadá čára  $H_{\alpha}$  ve spektru Slunce tak, jak je znázorněna

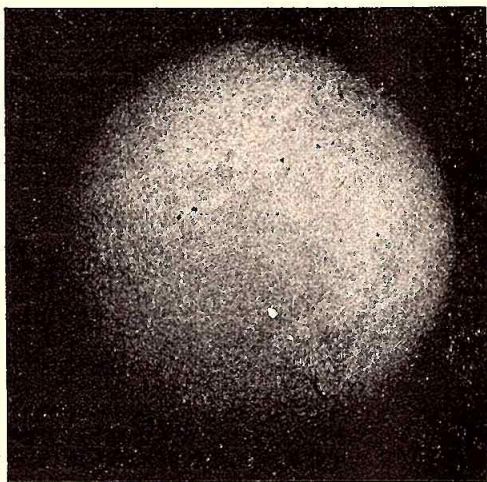
ve zmíněném článku M. Sobotky. Její výsledná šířka je však dána nejen uvedeným rozšířením, ale i postupným pronikáním  $H_{\alpha}$  záření skrze jednotlivé vrstvy atmosféry — zde hovoříme o formování spektrální čáry. Je očividné, že v centrálních částech čáry pohlcuje resp. vyzařuje nejvíce atomů, a dále od centra čáry, v tzv. křídlech čáry, je atomů způsobily pro daný zářivý přechod podstatně méně. V křídlech je tedy větší „průhlednost“ chromosféry [tj. menší opacita], takže k nám začíná částečně pronikat také záření z hlubší fotosféry. Chromosférické struktury, které lze vidět v křídlech čáry  $H_{\alpha}$ , se tudíž nacházejí hlouběji než ty, jež pozorujeme v centru  $H_{\alpha}$ . Obecně lze tedy říci, že pozorujeme-li chromosféru v různých vzdálenostech od centra čáry  $H_{\alpha}$ , můžeme studovat záření jednotlivých struktur v závislosti na hloubce v atmosféře.

V podstatě existují dva základní způsoby jak získat monochromatické zobrazení Slunce. Zhruba před 100 lety byl poprvé použit Halem a Deslandresem tzv. spektrohelioskop, založený na synchronním posuvu vstupní a výstupní štěrbin spektrografu vzhledem k obrazu Slunce v ohnisku dalekohledu a vzhledem k detektoru (oko nebo v případě spektroheliografu to byla fotografická deska a později film). Druhý způsob vychází z použití úzkopásmových filtrů, například takových, které jsou založeny na principu interference paprsků ve dvojrozměrných krystalech. Tyto filtry jsou známy jako filtry Lyotovy nebo Šolcovy. Šířka propustnosti takového filtru se zpravidla vybírá tak, aby se částečně propouštělo záření centrální části čáry (jádra čáry). Vzhledem k tomu, že šířka  $H_{\alpha}$  čáry je okolo 0,1 nm, filtry jsou konstruovány s pološířkami propustnosti 1/2, 1/4 nebo dokonce 1/8 této hodnoty a u nejlepších filtrů (např. typu OPTON) lze toto pásmo propustnosti filtru navíc ještě posouvat podél profilu čáry do pravého či levého křídla. Tím lze snadno pozorovat různé struktury chromosféry v různých hloubkách.

Na obr. 1—5 je ukázána série takto vzniklých pozorování (filtrogramů), získaná 16. září 1989 na Ťan-Šanské vysokohorské observatoři Šternbergova astronomického ústavu Moskevské státní university. Tato observatoř se nalézá nedaleko města Alma-Ata v Kazachské SSR. Zde je kromě jiného umístěn nevelký sluneční coudé-dalekohled fy. OPTON (SRN) — jedná se o refraktor o průměru objektivu 150 mm a s ohniskem 225 cm (viz obr. 6). Jeho součástí je unikátní filtr-monochromátor typu Lyot s pološířkou propustnosti 0,025 nm, kterou lze posouvat do křidel v rozsahu  $\pm 1,6$  nm. Takový filtr dovoluje nejen detailně studovat jemnou strukturu v dalekých křídlech čáry  $H_{\alpha}$ , ale rovněž pozorovat rychle se vyvíjející objekty jako jsou

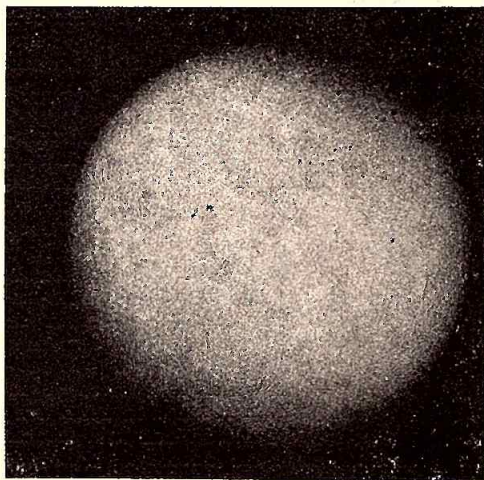


např. aktivní protuberance nebo erupce, u nichž je čára  $H_{\alpha}$  zpravidla v emisi a je silně posunuta od středu.



Obr. 4  $H_{\alpha}$ —0,075 nm

Zmíněná observatoř se nachází ve výšce okolo 3000 m nad mořem, na náhorní plošině obklopené vysokými horami. Před vlastním dalekohledem je prudký svah směřující do údolí s Velkým Alma-Atinským horským jezerem. Kromě své malebnosti má toto místo řadu důležitých předností — značná výška a průzračnost atmosféry nad plošinou zaručují relativně malou úroveň rozptýleného světla a možnost pozorovat v blízké ultrafialové oblasti spektra.



Obr. 5  $H_{\alpha}$ —0,1 nm

jehož záření je v nižších nadmořských výškách silně pohlcováno zemskou atmosférou. V důsledku nízké vlhkosti jsou dále zeslabeny telurické čáry vodních par, vznikající v zemské atmosféře, a naopak čáry slunečního spektra jsou velmi výrazné. V současné době je na této vysokohorské observatoři také instalován velký horizontální sluneční dalekohled se spektrografem, zapůjčený v rámci mezinárodní spolupráce Astronomickým ústavem ČSAV v Ondřeově [viz popis tohoto přístroje v RH č. 12, 1985]. Pomocí stejných přístrojů umístěných na ondřeovské observatoři bude prováděn společný výzkum sluneční atmosféry a jejích aktivních oblastí.

Nyní, když jsme si řekli, kde a jak byly získány fotografie  $H_{\alpha}$  (obr. 1—5), můžeme přejít k jejich podrobnější analýze. Především poznamenejme, že s cílem ukázat celý sluneční disk jsme zde použili menší prostorové rozlišení. Na originálních negativěch je průměr zobrazení Slunce (které vidíme ze Země pod úhlem téměř 2000") okolo 20 mm. S ohledem na použitý fotografický materiál a kvalitu obrazu v den pozorování můžeme odhadnout prostorové rozlišení v detailech na 3—4". Reálně však uvidíme detaily ne menší než asi 10", což odpovídá 7250 km na povrchu Slunce (1" = 725 km). Na druhé straně nejdůležitější elementy jemné struktury chromosféry, pozorované v čáře  $H_{\alpha}$ , mají typický rozměr řádově 1", takže na našich obrázcích vlastně vidíme pouze jakási seskupení [shluky] těchto základních elementů a pochopitelně také vidíme struktury větších rozměrů. Největšími útvary, které lze pozorovat, jsou vlákna (filamenty). Tyto tmavě protáhlé struktury nejsou ničím jiným než protuberancemi, které vidíme v projekci na sluneční disk a které reprezentují prostorově nejrozsáhlejší projev sluneční aktivity. Jejich délka může dosahovat několika set tisíc kilometrů. Na okraji Slunce se ukazuje, že tyto protuberance dosahují značných výšek: jejich hlavní část se vznáší ve sluneční koróně a konce nebo jednotlivé „nohy“ jsou zakotveny v chromosféře. Teplota a hustota protuberančního plazmatu je srovnatelná s teplotou a hustotou chromosféry, avšak toto plazma je udržováno magnetickým polem ve značné výšce v horké koróně proti působení gravitace. Proč se nám ale jeví v projekci na disk jako tmavá vlákna? Odpověď je zhruba následující: většina protuberančních čar včetně  $H_{\alpha}$  vzniká rozptylem záření dopadajícího na protuberanci ze slunečního povrchu. V důsledku prakticky izotropního rozptylu do všech směrů se záření, které dopadá na protuberanci pouze z omezeného prostorového úhlu (menšího než  $2\pi$ ), zeslabuje při reemisi v daném směru a tím také vidíme filament v projekci na disk tmavší nežli je okolní chromosféra.



Existují však útvary (např. erupční smyčky), které můžeme za jistých okolností pozorovat oproti disku i v emisi — to však vyžaduje zvláštní dodávku energie (ohřev), neboť pouhý rozptyl záření z disku již nestačí. A ještě jedna zajímavost, která se týká filamentů. U většiny z nich lze pozorovat úzký světlý proužek nebo jakési lomování, a to vždy na straně blíže ke středu disku. Vzhledem k tomu, že je protuberance poměrně vysoká a toto zjasnění nastává pravděpodobně u jejího úpatí, je uvedená orientace tohoto proužku efektem projekce — v centru disku toto zjasnění zpravidla nepozorujeme, neboť je zakryto vlastním filamentem. Intenzita těchto jasných okrajů zpravidla nepřevyšuje intenzitu nejjasnějších míst klidné chromosféry. Existuje teorie, že sluneční záření dopadající na filament zespuje se odráží (tj. v důsledku výše zmíněného rozptylu) směrem dolů a tím vlastně zjasňuje chromosféru pod filamentem. Tato záhada jasných proužků však zatím není uspokojivě vyřešena, neboť jiné teorie zase předpokládají, že zjasněný je sám filament a to v důsledku magnetického ohřevu.

Sluneční skvrny jsou na našich filtrogramech méně kontrastní než na známých snímcích fotosféry pořízených v bílém světle, zejména pokud se jedná o penumbru. Na druhé straně ale můžeme v čáře  $H_{\alpha}$  velmi dobře pozorovat okolí skvrn, které často tvoří fakulová pole, jež dobře vidíme v  $H_{\alpha}$  jako tzv. flokule (flokulová pole). Jemná struktura chromosféry v poměrně širokém okolí skvrn nebo skupin skvrn se dosti odlišuje od struktury klidné chromosféry. V aktivních oblastech vidíme rozličné útvary jemné struktury ve formě tmavých i světlých vláken, která nazýváme fibrily. Původní struktura cel je i zde zachována, ale jemná struktura chromosférické sítky je mnohem komplikovanější a má často horizontální charakter (u klidné chromosféry naopak převládají víceméně vertikální spikule). Emisní struktury chromosférické sítky se běžně dávají do souvislosti s lokalitami intenzivního magnetického pole ve sluneční atmosféře.

Nakonec bychom si ještě měli něco říci o nejjemnější a současně nejméně kontrastní struktuře chromosféry, kterou vidíme na  $H_{\alpha}$  filtrogramech v centrálních oblastech slunečního disku. Bohužel, zde se jedná o detaily, jejichž rozměry jsou pod mezí rozlišení na našich snímcích. Základem chromosféry v centru disku jsou světlá a tmavá vlákna, resp. jakési uzlíky. Důležité je, že temné uzlíky nebo vlákna jsou stále dobře viditelné i v křídlech čáry  $H_{\alpha}$  (až do vzdálenosti 0,1 nm od centra čáry), zatímco jasné uzlíky vidíme jen v centru čáry. Tato jasná místa prakticky zmizí při přeladění filtru o 0,05—0,06 nm směrem do křidel.

Rozdíl ve viditelnosti tmavých a světlých struktur je zřejmě svázán s principiálně rozdílnou fyzikální strukturou těchto objektů. Temné uzlíky reprezentují vertikálně orientovaná vlákna chromosférické sítky, která se pohybují směrem nahoru do koróny. Jedná se o dobře známé spikule, které při pozorování na slunečním okraji dělají dojem, že chromosféra je jakási hořící prerie.

Spikule dosahují výšky několika tisíc kilometrů a jejich průměr je okolo jednoho kilometru. Rychlost radiálního pohybu je 20—30 km/s. V centrálních oblastech slunečního disku se spikule promítají na disk jako malé temné uzlíky, neboť se na ně díváme v podélném směru. Avšak čím více se blížíme k okraji Slunce, tím lépe vidíme prostorovou strukturu spikulí, které tvoří jakési „křoví“, vysázené podél hranic chromosférické sítky (hranic cel). Je očitelné, že vertikální orientace spikulí je úzce svázána s otevřenou vertikální strukturou magnetického pole. Toto pole je koncentrováno na hranicích supergranulí (cel) v důsledku pohybů plazmatu v konvektivní zóně pod fotosférou. Jasné uzlíky jsou nejspíše nejjasnější vrcholky nevysokých magnetických smyček, které naopak představují uzavřené struktury. V křídle čáry  $H_{\alpha}$  se stávají opticky tenkými a tím ztrácejí svůj kontrast na pozadí chromosféry, která je naopak v křídlech  $H_{\alpha}$  jasnější.

Na závěr poznamenejme, že obecná struktura, pozorovaná na filtrogramech Slunce v čáře  $H_{\alpha}$ , nám fakticky demonstruje kvalitativní charakter rozložení slunečních magnetických polí. Dlouhé filamenty zpravidla leží na rozhraní dvou magnetických polarit (tzv. nulová čára), jemná vlákna (tmavá i světlá) potom sledují orientaci jemné struktury magnetického pole ve každém místě chromosféry. Na základě analýzy jemné struktury chromosféry v čáře  $H_{\alpha}$  lze dokonce jistým kvalitativním způsobem zmapovat magnetické pole v chromosféře — přímá měření polí v chromosféře klasickými metodami jsou zatím stále v počátcích. Doufejme, že se nám alespoň trochu podařilo ukázat, jaké ohromné množství informací obsahují snímky Slunce v čáře  $H_{\alpha}$ , zejména pak informací o jemné struktuře sluneční chromosféry, magnetických polí a dynamických procesů v atmosféře Slunce. Kvantitativní analýza těchto pozorovacích materiálů (filtrogramy jsou běžně kalibrovány) potom vede k hlubšímu pochopení základních fyzikálních procesů přenosu hmoty a energie ve vyšších vrstvách sluneční atmosféry. Podobné struktury i procesy, přestože je nemůžeme přímo pozorovat, lze očekávat i v chromosférách ostatních Slunci podobných chladných hvězd.

(Článek E. V. Kononoviče ze Sternbergova astronomického ústavu v Moskvě přeložil a upravil P. Heinzl)



# Jednoduché určení fáze Měsíce

Nedávno jsme tak trochu přizpůsobili pro kalkulačky jednu z metod, jak určit, na jaký den připadá libovolné datum (v minulosti i v budoucnosti). Jiný postup mohl být takovýto: Vydělíme-li juliánské datum 7 a určíme zbytek po dělení, dostaneme: Bude-li tento zbytek 0, jde o pondělí, 1... úterý, ..., 6... neděle.

Juliánské datum (údaj uváděný v ročence zvětšený o 0,5) můžeme snadno určit takto:

$$JD = INT [365,25(4712 + R')] + 59 - C - K,$$

kde INT značí příkaz odříznout desetinnou část výsledku;  $R' = R$  pro kladné letopočty,  $R' = R + 1$  pro záporné letopočty (protože nebyl rok nula);  $C = 0$  do roku 1581 včetně,  $C = -10$  od roku 1583 (podle gregoriánské reformy po čtvrtku 4. 10. 1582 následoval pátek 15. 10.);  $K = 0$  pro juliánský kalendář, pro gregoriánský kalendář se  $K$  rovná počtu sekulárních let (1700, 1800, 1900, 2100 atd.), které nebyly přestupné. Tímto postupem dostaneme juliánské datum pro 0. března daného roku. Přechod na konkrétní datum, které nás zajímá, je už velmi jednoduchý. Opět dostaneme „ročenkový“ údaj zvětšený o 0,5.

Použití juliánských dat je velmi široké. My si všimneme, jak se tato čísla hodí k přibližnému určení fáze Měsíce. Nabízí se velmi jednoduchý postup: Víme, že synodický měsíc se rovná

$$SYN = 29,5305882 \text{ dne.}$$

Nalezneme „zbytek po dělení“ juliánského data synodickým měsícem [to znamená, že provedeme toto dělení, odřízneme celistvou část podílu a zbytek vynásobíme dělitelem], výsledek okalibrujeme podle libovolné ročenky a „všechno je hotovo“.

Když si však vezmeme pro kontrolu ročenku na jiný rok nebo alespoň kalibrační výpočet zopakujeme pro řadu měsíců, zjistíme, že se výsledky mohou lišit v některých případech až o 1 den. Skutečnost je totiž mnohem složitější. Zkuste si to sami: Vezměte si kalkulačku a určete si podle ročenky, jaké časové intervaly uplynuly mezi jednotlivými úplňky. Zjistíte, že takto určené synodické měsíce se vlastně téměř nikdy nerovnaly číslu, které jsme uvedli. Pohyby nebeských těles jsou totiž přibližně eliptické a pokaždé je jak Země, tak Měsíc v jiném bodě své dráhy (a tedy se pohybují

i jinak rychle). Délka synodického měsíce, jaká se uvádí v učebnicích, není totiž délkou konkrétních synodických měsíců a určuje se třeba takto: Vyjdeme z nějakého, pokud možno časově vzdáleného, zatmění Slunce a ze zatmění současného. Zjistíme (také podle juliánských čísel), kolik dnů mezi těmito daty uplynulo. Dále zjistíme, kolikrát se za tuto dobu vystřídaly měsíční fáze (pomoci nám může i Metonův cyklus, podle kterého se „dosti přesně“ 19 let rovná 235 synodickým měsícům) a dostaneme výše uvedený synodický měsíc.

Proto i my, nechceme-li se pouštět do složitých výpočtů, můžeme pro stáří Měsíce použít vztah

$$SM = SYN. [ INV INT (JD/SYN) ] - 9,7 + k.29,5,$$

kde  $-9,7$  je kalibrační člen,  $k = 0$  nebo  $k = 1$ , aby výsledek vyšel v intervalu  $0 - 29,5$ . Stáří Měsíce je čas, který uplynul od posledního novu. Ve větě, kde jsme tvrdili, že jde o přibližnou metodu, si přívlastek podtrhneme a budeme si vědomi, že přesnost výsledku je srovnatelná s tabulkami, které jsme podle L'Astronomie publikovali asi před 25 lety.

Pavel Andrej

## JINDŘICH ŠILHÁN

### Zbytek komet nebo odpad leteckého provozu?

Přijde-li řeč na meteority, snad každý laik si vzpomene, že se dělí na železné a kamené. Kdo někdy četl skvělou knihu P. Jakeše [1], asi vyjmenuje další třídy: achondrity, chondrity, uhlikaté chondrity. Tamtéž se dozvíme, proč se procentuální zastoupení jednotlivých typů např. ve sbírkách meteoritů velmi liší od skladby materiálu, který Země potkává na své cestě vesmírem. Astronomie si totiž libuje v různých výběrových efektech a tady je zrovna v akci jeden z nich. Ten astronomy vydatně zásobuje železy jinak ve vesmíru vzácnými, protože jde o soudržný materiál způsobily k transportu atmosférou, navíc i po pádu na zemi stálý a svou odlišností nápadný. Na druhém konci spektra známých meteoritů jsou uhlikaté chondrity s vlastnostmi právě opačnými. Důsledek: ačkoliv je jich ze známých typů meteoritů ve vesmíru nejvíce, dostalo se jich do pozemských laboratoří zatím jen asi dvacet.



To platilo o meteoritech známých. Je však možné, že meteoritové spektrum na nesoudržném konci pokračuje dále, jen se zmíněnému výběrovému efektu podařilo jeden typ meteoritů ochránit před přímým stykem s astronomy dosud dokonale. Autor má na mysli meteority složené z ledu.

Vodík je nejrozšířenějším prvkem ve vesmíru a voda,  $H_2O$ , je třetí nejběžnější molekulou (hojnější je jen molekulární vodík  $H_2$  a hydroxyl  $OH$ ). V padesátých letech přišel americký astronom F. L. Whipple s domněnkou, že zmrzlá voda tvoří podstatnou část materiálu kometárních jader. Tato tzv. hypotéza špinavého ledu je dnes všeobecně přijímána (hovoří se ovšem často spíše o špinavém sněhu). Na jejím základě lze pochopit výsledky přímých měření i procesy fyziky komet a dokonce i vysvětlit mnohé jevy z doby vzniku sluneční soustavy. Lze položit rovnítko kometární jádro = ledový balvan. Dobře vyvinutá komet má průměr několik kilometrů, krom toho však sluneční soustavou bloudí ještě mnohem více komet podměrečných, různých úlomků a komet opotřebovaných. Pro Zemi to představuje bohatý arzenál šrapnelů, z nichž některý se do ní musí čas od času strefit. Země by dokonce měla potkávat ledová tělesa častěji než všechna ostatní tělesa dohromady. Tento předpoklad významně podporují i výsledky pozorování. Podařilo se totiž vyfotografovat jasný meteor (bolid) ze dvou stanic a alespoň jedna z komor je opatřena rotujícím sektorem, lze určit zpomalení pohybu a z něho hustotu tělesa. Bohatým zdrojem dat tohoto druhu je už po desetiletí např. síť celooblohových komor organizovaná ondřejevskou observatoří. Přibližně pro 50 % známých vychází hustota tělesa, které je způsobilo, menší než  $1000 \text{ kg/m}^3$ , což je hustota vody. Některé statistiky hovoří pro ještě vyšší zastoupení ledových těles.

Ledové střely tedy zjevně existují, není však snadné si na některou sáhnout. Aerodynamické úvahy ukazují, že ledové těleso z kosmu může zanechat vůbec nějaký zbytek jen tehdy, vstoupí-li do zemské atmosféry rychlostí menší než  $13 \text{ km/s}$ . Už to je velmi husté síto — kupř. meteory roje Leonid bombardují Zemi rychlostí  $71 \text{ km/s}$ , zatímco geocentrické rychlosti menší než  $11,2 \text{ km/s}$  nejsou u meteorů vůbec možné, protože této rychlosti (jinak známé jako úniková) nabude každé těleso, které padá z velké vzdálenosti na povrch Země volným pádem. Další vydatná redukce šancí na odpovídající přijetí (a na ubytování v dobře vychlazené laboratoři) očekává ledového hosta z vesmíru na povrchu Země. Dopadne-li v létě, brzo roztaje, kdežto při teplotách pod  $0^\circ$  je všude spousta ledu pozemského, a ten se od toho nebeského na pohled příliš neliší. Jedinou nadějí proto v obou případech je, má-li

vlastní dopad tělesa dostatečně pohotově svědky.

Ve světle toho, co bylo dosud řečeno, vypadá tedy velmi zajímavě, že v Československu byly v uplynulých 20 letech dokumentovány hned dva pády ledových balvanů. První z nich se odehrál začátkem 70. let ve Břežce, malé obci asi o 30 domech necházející se u Velké Bíteše. Pro autora těchto řádek to byla záležitost takřka rodinná. Jde totiž o rodiště mého otce a dosud tam žije řada mých příbuzných. Jejich relativní hustota je zvýšená úměrně malosti obce, takže když si balvan vybíral ovocný strom k poškození, zasáhl zahradu otcovy sestry. Dalo by se tedy říci, že jsem měl s vetřelcem osobní účty. Informace o pádu a části nálezu se dostaly do Brna. Zpráva o události mířila i ke mně, ale neuvěřitelnou shodou nešťastných náhod mě dostihla až po několika letech. V roce 1979, pod dojmem četby Jakešovy knihy [1], jsem se přece vydal do Břežky a do Brna, abych pochytil informace, které se snad ještě zachovaly. Moc jich nebylo, stačily jen na krátkou zprávu [3] populárně vědeckého charakteru. Za zmínku stojí, že všichni letečtí odborníci, kterým jsem o věci vyprávěl, kategoricky popřeli, že by něco takového mohlo spadnout z letadla. Dokazovali, že aerodynamika letadla, z jehož povrchu odpadávají desítky kilogramů ledu, by musela být porušena natolik, že by nebylo schopné letu. Někteří byli i vtipní. Měli prý jsme se lépe porozhlédnout kolem, letadlo určitě leželo někde blízko.

Druhý autoru známý čs. pád ledu se odehrál 2. května 1987 v Praze-Nuslích. Ledový balvan o váze nejméně deseti kilogramů dopadl mezi obydlené domky snad jen několik metrů od spolužačky spolupracovnice petřínské hvězdárny p. Tomáše Staňeckého. Ten byl také několik minut po pádu na místo přivolán a věnoval potom záležitosti hodně energie. Pokud vím, tento případ nebyl definitivně uzavřen. Objevila se indicie, že by mohlo jít o odpad z letadla.

Zdá se, že vysvětlení obou těchto případů a řady dalších obdobných se nám nyní dostává v článku K. Rümmlera [2]. Psal jej zřejmě pod vlivem podobné události ve Weistropu u Míšně (tehdy v NDR), kde 13. srpna 1988 ledový balvan prorazil střechu obytného domu. Chemické analýzy tehdy rovněž brzy dokázaly spojitost s leteckým provozem, ale bylo zapotřebí čtýřměsíčního úsilí, než letiště Lipsko-Schkeuditz přestalo zapírat přítomnost linkového letadla Aeroflotu v kritickém prostoru a čase. Rümmlerův článek je i jinak zajímavý a text, který právě čtete, je možno pokládat za jeho komentovaný výtah.

Ukazuje se, že se K. Rümmler sběrem zpráv o pádech ledových balvanů zabývá