



KOSMICKÉ ROZHLEDY

ROČNÍK 22 (1984) ČÍSLO 2

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

KOSMICKÉ ROZHLEDY, neperiodický věstník Československé astronomické společnosti při Československé akademii věd

ročník 22 (1984) číslo 2

Vladimír Znojil

Některé otevřené problémy studia meteorů

1. Úvod

Jednou z nejpopulárnějších složek meziplanetární látky jsou meteory. Studium meteorů a meteorických těles ve sluneční soustavě lze rozdělit do tří základních oblastí:

- Studium meteorických těles jako takových, tedy studium jejich struktury, chemického a mineralogického složení.
- Teorie průletu meteorického tělesa atmosférou a jevy, které jej provázejí (záření, ionizace, akustické jevy i další).
- Studium rozdělení meteorických těles ve sluneční soustavě, jednotlivých jejich proudů a vývoje jak jednotlivých tělísek, tak také jejich systémů.

Je nutné zdůraznit, že mnoho zásadních otázek ze všech tří oblastí bylo již alespoň přibližně rozřešeno, na celou řadu otázek však ani dnes neumíme spolehlivě odpovědět.

Prvá oblast je úrovní znalostí na tom nejlépe. Meteority umožnily důkladné studium meteorického materiálu "pozemskými" metodami a víme už, že většina typů meteorického materiálu je schopna za příznivých okolností průlet atmosférou "přežít". Výjimkou jsou asi jen předpokládaná velmi křehká tělesa velmi mladých kometárních rojů (typu Drakonid); zastoupení těchto těles mezi jinými typy v okolí dráhy Země však zřejmě není příliš vysoké. Gennou doplňující metodou je rozbor spekter meteorů. Zde nám však chybí údaje o slabých meteorech; získání jejich spekter s postačující kvalitou je stále na hranicích technických možností.

V dalším výkladu se budu zabývat zbývajícími dvěma oblastmi, které jsou nám po astronomické stránce bližší.

2. Průlet meteorického tělesa atmosférou a jevy, které jej provázejí

Jakmile meteorické těleso vnikne do atmosféry, dochází

k mnoha procesům, při nichž se kinetická energie tělesa mění v řadu jiných forem. Dochází k excitaci a ionizaci atomů atmosféry i rozprášených atomů tělesa, později ke vzniku tlakového polštáře intenzivně brzdícího pohyb tělesa i k dalším jevům. Těleso při tom podléhá povrchovému odpařování a fragmentaci (drobí se). Dnes je známo, že se při těchto procesech nemění jen těleso, ale že dochází i ke změnám vlastností jej obklopujícího prostředí. Tyto procesy jsou zvláště složité u bolidů, kterým je proto věnována velká pozornost v Ondřejově i jinde. Sem náleží i problém, jaké podíly původní energie se na jednotlivé procesy spotřebují. Jeho řešení ještě nedospělo k přesným a jednoznačným výsledkům. Například vztah mezi excitací atomů (projeví se svícením meteorů) a jejich ionizací (ionizované stopy poskytují radarové odrazy) lze poměrně dobře studovat pomocí simultánních radarových a optických pozorování. Přesto, že průměrná závislost mezi jasností meteoru a hustotou jeho ionizované stopy je známá, odchylky od ní jsou v jednotlivých případech velké a jejich vznik není jasný.

V současné době studium tohoto okruhu otázek vyžaduje velmi kvalitní údaje a pokud možno komplexní data: od přesných údajů o atmosférických drahách, brzdění v atmosféře, dobře stanovené světelné křivky meteorů, přes spektra, až po studium konečných produktů - meteoritů.

Pokroky jsou v posledních letech nadějné, je však asi předčasně očekávat, že většina problémů tohoto okruhu (do kterého často rušivě zasahují přístrojové vlivy, které byly donedávna, zvláště u radiolokačních metod, dost podceňovány) bude v nejbližších deseti letech vyřešena.

3. Rozdělení meteorických těles ve sluneční soustavě, jejich soustavy a vývoj

Toto téma je z astronomického hlediska nejzajímavější a také nejrozsáhlejší. V popředí zájmu dnes stojí studium souvislosti mezi látkou meteorických těles, planetek a komet. Studium komet dost postoupilo po průchodu komety Kohoutek periheliem, která byla jako první sledována i z kosmického prostoru. Byly objeveny vodíkové korony komet zářící v UV oblasti a byla získána další pozorování, která upřesňují a v zásadě potvrzují dnes již klasický Whippleův model komety, a stejně tak model vzniku meteorických částic ejectionem kometárního materiálu, který rozpracoval Plavec. U planetek byla moderními metodami určena jejich přesná albedo (odrazivost) a bylo možné planetky roztrždit dle typu povrchového materiálu do několika skupin. U některých typů se navíc podařilo ztotožnit materiály planetek s jednotlivými typy meteoritů. Byly propočteny průběhy srážek planetek a spočteny dynamické charakteristiky vzniklých komplexů těles. Ukázalo se, že se velmi podobají některým proudům meteorických částic. Díky nálezům "skladišť" meteoritů v Antarktidě pokročil i výzkum meteoritů a rozšířila se jejich druhová pestrost.

Za těmito oblastmi studia ostatních typů těles meziplanetární látky meteorická astronomie poněkud zaostala.

Hlavní příčinou určité stagnace je myslím to, že dosavadní pozorovací data jsou z velké části již exploatována a že získání a základní zpracování nových, přesnějších a rozsáhlejších dat je činností natolik dlouhodobou, náročnou a navíc z hlediska dnešních kritérií "úspěšnosti" vědecké práce tak málo atraktivní, že se jen málo odborníků nebo institucí k takové práci odhodlá. Základní rysy soustavy meteorických těles byly během padesátých a šedesátých let prostudovány (toto období se dá nazvat "zlatou dobou" meteorické astronomie). Později se zájem přesunul do oblastí, v nichž rozvoj metod a možností sliboval významnější objevy. Nelze tím ovšem říci, že další významné objevy jsou v meteorické astronomii vyloučeny. Zrekapituloval bych dál jen stručně problémy, které si dle mého mínění zasluží pozornost.

Rozdělení drah meteorických těles v okolí dráhy Země známe dnes v celkových rysech dost spolehlivě. Je značně nehomogenní (i po odstranění vlivu velkých meteorických rojů), což opakovaně prokázaly nejrůznější metody. Tato nehomogenita svědčí o "mládí" systému meziplanetární látky a těsně souvisí s problémem existence slabých meteorických rojů. Zde jsou velké rozdíly v názorech - od autorit, uznávajících existenci jen 20 - 30 velkých meteorických rojů, až k odborníkům, sestavujícím katalogy mnoha set meteorických rojů. Oba názory přitom mají k dispozici celou řadu argumentů; tak například: změny v rozdělení radiantů po obloze během jednoho až dvou týdnů svědčí o vysoké "organizovanosti", kterou je jakýmkoliv modelem sporadického pozadí velice těžké vysvětlit. Naopak zase skutečnost, že objevované roje a asociace mají poměrně nízkou "opakovatelnost" v různých letech, svědčí proti názoru, že značná část meteorické aktivity je tvořena roji.

Dalším podstatným problémem jsou rozdíly v rozložení radiantů a drah těles různých hmotností. Zde právě radarové pozorování nedává dosud dost dobrý obraz o zastoupení různých velkých částic ve slabších meteorických rojích a ve zdrojích sporadického pozadí. Výsledky získané různými radiolokátory lze obvykle jen těžko srovnávat, jejich zkreslení různými vlivy a výběrovými efekty není totiž dosud dost přesně známe. Z tohoto hlediska je nyní poměrně dobře prostudováno jen asi deset hlavních rojů a údaje pro slabé roje s anomálními drahami chybí téměř úplně.

Nehomogenní údaje brání též sledovat vývoj meteorických rojů. Jen pro několik rojů existují dosti bohaté a spolehlivé řady pozorování. Pokusy statisticky srovnávat katalogy radiantů minulosti a dneška jsou také velmi problematické, protože "citlivost" registrace roje je drasticky ovlivněna metodikami studia a mění se různě, v závislosti na typu roje. Výsledky jednotlivých metod lze proto srovnávat jen s obtížemi. Teoreticky bylo nedávno dokázáno, že doba existence (sledovatelnosti) rojů o dosti podobných drahách se může vzájemně lišit o řády (překotnou rychlostí vývoje se například vyznačují roje komet Jupiterovy rodiny). I když dnes začíná být problémům tohoto typu věnována značná pozornost, i vzhledem k možnostem moderní výpočetní techniky, nedostatek pozorovacích dat značně brzdí vývoj této oblasti.

Radarové metody výzkumu meteorů

Rádiové metody výzkumu poskytují jednu z možností, jak studovat uvedený jev. Jejich historie je poměrně mladá, což je samozřejmě dáno vývojem techniky. První nepřímý impuls lze položit do třicátých let, kdy bylo pozorováno, že v době činnosti velkých meteorických rojů dochází ke zvýšení ionizace ve vrstvě E ionosféry. Přímý důkaz ještě tehdy nemohl být z technických důvodů podán. S postupem doby se však technika vyvíjela. Přišla druhá světová válka, během níž byly vyvinuty varovné radarové systémy proti nepřátelským letadlům, zejména proti německým střelám V1 a V2. Ukazovalo se, že tyto systémy zachycovaly odrazy, i když z německé strany nebyl žádný objekt vypuštěn a nestartoval ani žádný letecký svaz. Po válce, když byla radarová technika uvolněna pro civilní a zejména vědecké účely, dokázali pracovníci soustředění kolem prof. A.C.B.Lovel v Anglii, že zmíněné odrazy byly způsobeny rozptylem radiových vln na meteorických stopách. Tuto dobu můžeme tedy označit za počátek meteorické radioastronomie. Tu lze provozovat v zásadě dvojím způsobem. Při prvním se vysílá do prostoru nemodulovaná spojitá vlna. Této techniky se využívalo k určování rychlostí meteorických tělísek při jejich průletu atmosférou. Její podstatnou nevýhodou je však ten fakt, že neumožňuje určovat vzdálenost místa odrazu od pozorovatele. Také výkon touto technikou vysílaný bývá ve srovnání s pulsními systémy malý, což má za následek malé frekvence zachycených ozvěn. Proto se v drtivé většině používají radarové systémy, které vysílají radiové vlny pulsně modulované. Puls trvá kolem $10 \mu\text{s}$ a bývá jich vysláno do několika set během jedné sekundy. Tento počet se označuje pojmem opakovací frekvence. Výkon vyslaný v jednom pulsu se pohybuje obvykl kolem několika desítek kW či několika málo set kW. V šedesátých letech byl však v činnosti i systém pracující s výkonem přes 1 MW. To je však výjimka. Výhodou pulsních systémů je možnost určovat vzdálenost odrážející oblasti a také větší vysílaný výkon. Meteorické radary pracují na vlnových délkách kolem 8 - 10 m. Při zkracování vlnové délky klesá totiž počet odrazů. Při jejím zvětšování bychom zase dostávali klamně odrazy od nehomogenit v ionosféře. Antény užívané v meteorické radioastronomii mají nejrůznější konstrukce. Pro účely meteorické radioastronomie je vhodné charakterizovat směrové rozdělení vyzařovaného výkonu. K tomuto účelu byl zaveden pojem tzv. zisku antény, který se obvykle vztahuje na směr, ve kterém vysílá daná anténa maximální výkon. Lze ho získat z anténního diagramu, který sám je normován na jedničku a to opět ve směru maxima vyzářeného výkonu. Zisk nám potom podle radarové rovnice určuje přijímaný výkon. Zatím jsme se zmiňovali o některých technických aspektech problému. Abychom však mohli pochopit, proč vůbec lze meteorický jev studovat i radarem, musíme si nyní něco říci o fyzikálních jevech, které probíhají při průletu meteorického tělíska zemskou atmosférou.

Při průletu meteorického tělíska atmosférou dochází k jejich interakci. Částice atmosféry předávají tělísku impuls - brzdí ho. Kromě impulsu dochází také k předávání energie. Ta se

spotřebována na zahřátí tělíska a po jeho zahřátí na dostatečnou teplotu i na jeho odpařování. Tímto pojmem budeme pro naše účely označovat pro jednoduchost všechny procesy vedoucí ke ztrátě hmoty tělíska. Páry jsou tvořeny atomy meteorického původu. Ty jsou při srážkách s atomy a molekulami vzduchu excitovány a ionizovány. Údaje o tom jak se dělí energie mezi tyto procesy se v literatuře liší. Existují odhady, že poměr energie jdoucí na zahřívání, excitaci a ionizaci je $10^4 : 10^2 : 1$. Jiné zase říkají, že 99% energie jde na zahřívání tělíska a 1% rovným dílem na excitaci a ionizaci. Novější výsledky měření účinných průřezů hovoří spíše pro druhou možnost. Až dosud jsme mluvili o tom, co je společné všem projevům meteorického jevu. Pro nás je však nejdůležitější ionizace. K její charakterizaci se zavádí tzv. pravděpodobnost ionizace. Ta udává, kolik volných elektronů bylo vyprodukováno jedním vypařivším se meteorickým atomem. Z této veličiny lze pak vypočítat jednu ze základních veličin meteorické radioastronomie - lineární elektronovou hustotu ve stopě. Celý meteorický jev v radiovém oboru se popisuje následujícími rovnicemi:

$$\frac{dv}{dt} = -K m^{-\frac{1}{3}} \rho v^2, \quad (1)$$

což je rovnice popisující brzdění tělíska,

$$\frac{dm}{dt} = -\sigma K m^{\frac{2}{3}} \rho v^3, \quad (2)$$

ta popisuje ztrátu hmoty tělíska a

$$\alpha v \mu = -\beta \frac{dm}{dt}, \quad (3)$$

která dává do souvislosti ztrátu hmoty s produkcí ionizace. Konstanty v rovnicích vystupující jsou: K je tvarový faktor, μ je hmotnost atomu, který způsobil ionizaci a σ je tzv. ablační parametr, charakterizující schopnost tělíska ztrácet hmotu. Okamžitou hmotnost tělíska jsme označili m , okamžitou rychlost v , lineární elektronovou hustotu α a pravděpodobnost ionizace β , ρ je hustota atmosféry ve výšce, v níž mělo meteorické tělísko rychlost v a hmotnost m . Rozložení lineární elektronové hustoty v závislosti na výšce udává tzv. ionizační křivka. Lze ji získat integrací předešlých tří rovnic. To je však obtížná úloha. Pro kvalitativní popis křivky stačí odvodit přibližné vyjádření. To dostaneme užitím předpokladu, že rychlost zůstává během ztráty hmoty konstantní, což bývá v praxi většinou přibližně splněno do maxima ionizační křivky. Za uvedeného předpokladu stačí integrovat rovnici (2). Výsledkem je tzv. klasická ionizační křivka

$$\alpha = \frac{9}{4} \alpha_{\max} \frac{\rho}{\rho_{\max}} \left(1 - \frac{\rho}{3\rho_{\max}}\right)^2, \quad (4)$$

kvalitativně poměrně dobře popisující ionizaci v meteorických stopách. Veličiny v ní vystupující jsou:

$$\alpha_{\max} = \frac{4 m_{\infty} \beta \cos z_R}{9 \mu H} , \quad (5)$$

což je maximální lineární hustota a

$$\rho_{\max} = \frac{m_{\infty}^{1/3} \cos z_R}{\sigma K H v_{\infty}^2} , \quad (6)$$

což je veličina udávající polohu maxima ionizační křivky v atmosféře. Veličina H je výška homogenní atmosféry ze vztahu

$$\rho = \rho_0 \exp \left\{ - (h - h_0) / H \right\} , \quad (7)$$

který byl při integraci také použit. Ze vztahu (5) je vidět důležitost veličiny α . Prostřednictvím tohoto vztahu lze ze známé elektronové hustoty určovat i počáteční hmotnost meteorického tělíska m_{∞} . Také ve vztahu mezi optickou jasností meteoru a jeho radiovým chováním vystupuje lineární elektronová hustota:

$$M_r = 40,8 - 2,5 \log \alpha_{\max} , \quad (8)$$

kde M_r je absolutní magnituda v optickém oboru. Stopy se dělí z hlediska velikosti α a velikosti příčných rozměrů na nenasyčené, nasycené a přechodové. Je-li $\alpha \ll \alpha_c = 2,4 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-1}$ a $|2 \pi r / \lambda| \ll 1$, mluvíme o nenasyčených stopách. Platí-li naproti tomu opačné nerovnosti, mluvíme o stopách nasycených. V případě, kdy některá z uvedených nerovností neplatí, a to bývá obvykle proto, že $\alpha \sim \alpha_c$, jde o stopy přechodové. Až doposud jsme mluvili o rozložení lineární elektronové hustoty. Pro účely lokace má však svou důležitost i příčné rozdělení elektronů. To se obvykle aproximuje funkcí tvaru

$$N_e(r, t) = \frac{\alpha}{\pi (r_0^2 + 4Dt)} \exp \left\{ - \frac{r^2}{r_0^2 + 4Dt} \right\} , \quad (9)$$

kde $N_e(r, t)$ udává objemovou koncentraci elektronů ve vzdálenosti r od osy stopy (místo maximální koncentrace) v čase t , α je lineární elektronová hustota, D je koeficient ambipolární difuze a r_0 počáteční poloměr. Koeficient difuze elektronů D_e je mnohem větší než koeficient difuze D_i těžkých iontů. Vlivem toho by při difuzi elektrony předbíhaly ionty a vytvořil by se prostorový elektrostatický náboj, který by naopak urychloval ionty a brzdil elektrony. V důsledku tohoto efektu difunduje plazma v meteorické stopě tak, že v každém okamžiku zachovává svou kvazineutralitu. Rychlost její difuze je pak dána koeficientem ambipolární difuze $D \approx 2 D_i$. Jak již bylo řečeno, je r_0 počáteční poloměr. Vysvětlíme nyní tento pojem. Částice meteorických par mají tepelné rychlosti mnohem větší než částice okolní atmosféry a proto je zapotřebí určité doby k jejich vzájemnému vyrovnání

ní, po kterou vytvoří ablované částice válec o poloměru r_0 . Protože uvedená doba je mnohem kratší než doba mezi dvěma vyslanými impulsy meteorického radaru, je z hlediska radaru stopa vytvořena prakticky okamžitě na svém počátku. Odtud pochází i název uvedené veličiny. Podle teoretických a experimentálních výzkumů platí úměrnost

$$r_0 \sim \rho^{-a} v^b. \quad (10)$$

Baggaley zjistil, že platí $b \approx 1$, $a \approx 0,3 - 0,6$. Nižší hodnota platí pro nenasycené stopy, vyšší pro stopy nasycené. O měření počátečního poloměru bude řeč v souvislosti s radarovou rovnicí. Vzorec (9) a výraz pro dielektrickou konstantu ve stopě

$$\varepsilon(r, t) = 1 - \frac{e^2 \lambda^2}{\pi m_e c^2} N_e(r, t) \quad (11)$$

umožňují provést klasifikaci stop. Je-li $\varepsilon > 0$ i pro $r = 0$ a $t \geq 0$, mluvíme o stopách nenasycených. Je-li $\varepsilon < 0$ pro $t = 0$ v určitém objemu stopy, jde o stopy nasycené. U nenasycených stop je koncentrace elektronů tak nízká, že každý elektron rozptyluje dopadající energii nezávisle na ostatních. Schopnost jedné nabitě částice rozptylovat je charakterizována účinným průřezem

$$\sigma_e = 4\pi \left(\frac{e^2}{m_e c^2} \right)^2. \quad (12)$$

Odtud je vidět, že rozptylovat elektromagnetické záření mohou i ionty, jejich schopnost je však $(m_e/m_1)^2$ krát menší. Proto jsme až dosud mluvili jen o elektronové složce plazmatu meteorických stop. U nasycených stop, platí-li navíc podmínka $|2\pi r/\lambda| \gg 1$, se vlna odráží podle zákonů geometrické optiky od válcové plochy, která má vlastnosti kovu. Sečteme-li příspěvky od všech rozptylujících elektronů, dostaneme radarové rovnice. Ta má v případě nenasycených stop tvar

$$P_R = \text{konst}_1 P_T G^2 \left(\frac{\lambda}{R}\right)^3 \sigma_e \alpha^2 e^{-2\left(\frac{2\pi r_0}{\lambda}\right)^2} |I|^2, \quad (13)$$

pro stopy nasycené platí

$$P_R = \text{konst}_2 P_T G^2 \left(\frac{\lambda}{R}\right)^3 \sqrt{\sigma_e} \sqrt{\alpha} \sqrt{r_0^2 + 4Dt} \ln \left[\frac{r_0^2 + 4Dt}{r_0^2 + 4Dt} \right]. \quad (14)$$

Provedme nyní krátký rozbor obou vztahů, v nichž je P_R výkon radarem přijatý, P_T vyslaný a G je zisk použité antény. Z obou rovnic je zřejmé, proč se zvyšují frekvence ozvěn s rostoucí vlnovou délkou. Ze vztahu (13) vyplývá dále, že slabší meteory, u nichž se stopy vytvářejí ve větších výškách a které mají tudíž větší počáteční poloměr, dávají slabší signál ve srovnání se stejnými meteory, které se

pozorují níže. Např. při konstrukci výškového rozložení tak dostáváme zkreslený obraz. V této souvislosti se hovoří dokonce o tzv. výškovém stropu. Odtud je zřejmá důležitost znalosti r_0 . V praxi lze tuto veličinu určit např. změřením poměru P_R pro dvě nebo více vlnových délek. Ze vztahu (13) plyne, že

$$(P_{\lambda_1} / P_{\lambda_2}) \sim (\lambda_1 / \lambda_2)^3 \exp \left\{ -8\pi^2 r_0^2 \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right) \right\} \quad (15)$$

kde máme až na r_0 známé veličiny. Tímto způsobem se obvykle také r_0 určuje. Časový průběh amplitudy nenasyčených stop je dán funkcí $|I|^2$. Protože platí úměrnost $A \sim \sqrt{P_R}$, platí i $A \sim \alpha$. Při malém časovém rozlišení je $|I|^2 = \exp\{-32\pi^2 D t / \lambda^2\}$. Odtud lze odvodit trvání nenasyčených stop ve tvaru

$$T = \frac{\lambda^2}{16\pi^2 D} \quad (16)$$

Jak je vidět, nezávisí na vlastnostech stopy. Ize z něho soudit pouze na vlastnosti atmosféry. Pro studium vlastností meteorických tělísek máme tedy u nenasyčených stop k dispozici pouze amplitudy přijatých signálů. U nasycených stop je situace jiná. Ze vztahu (14) plyne, že $A \sim \alpha^{1/4}$. Měření signálů s takovýmto průběhem by bylo velmi nepřesné a proto se také v praxi nepoužívá, nehledě na to, že signály od nasycených stop trvají dost dlouhou dobu na to, aby mohlo dojít k jejich deformacím a tudíž i k odchylkám od teoretického průběhu. Trvání nasycených stop je lineárně závislé na α :

$$T = \left(\frac{\lambda}{2\pi} \right)^2 \left(\frac{e^2}{m_e c^2} \right) \frac{\alpha}{D} - \frac{r_0^2}{4D} \quad (17)$$

Této veličiny se také při studiu nasycených stop hojně používá.

Předešlá teorie umožňuje studovat zejména hmotnosti meteorických tělísek. Zajímají-li nás však např. i jeho dráhové charakteristiky, musíme použít jinou metodu. K určení dráhy tělíska musíme znát zejména vektor její rychlosti. Velikost rychlosti lze určit z Fresnelových difrakčních charakteristik, které jsou při dostatečném časovém rozlišení dány funkcí $|I|^2$ ve vzorci (13), konkrétně integrálem

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \int_{-\infty}^{x_0} \exp \left[i \frac{\pi}{2} x^2 - \nabla(x_0 - x) \right] dx \quad (18)$$

v němž je $x_0 = 2vt / \sqrt{R_0 \lambda}$. K měření rychlosti stačí odraz radiové vlny od jednoho místa stopy. K určení směru letu tělíska je ale zapotřebí znát i jeho radiant. K jeho určení se signál vyslaný hlavním radarem přijímá i na dalších pomocných stanicích a předává zpět na hlavní stanici. Tam pak dostaneme tolik Fresnelových obrazců, kolik máme k dispozici stanic. Ze vzájemných časových posunů takto měřených

charakteristik a ze znalosti konfigurace stanic lze určit poměrně přesně i polohu radiantu. Můžeme tak i určit heliocentrickou dráhu tělísek. V předešlém odstavci se mluvilo o výškových závislostech některých veličin. K měření výšek odrazných bodů se užívají výškoměry. Jsou to vlastně soustavy více antén, které jsou tak propojeny, že tvoří interferometr. Ze vzájemných fázových posunů signálů na jednotlivých anténách lze určit směr, odkud signál dorazil. A protože známe i vzdálenost odrazného bodu, můžeme odtud poměrně přesně vypočítat odpovídající výšku.

KOSMICKÉ ROZHLEDY BLAHOPŘEJÍ

Zdeněk Ceplecha nositelem Merrillovy ceny

Těsně před uzávěrkou tohoto čísla KR jsme obdrželi zprávu, že Národní akademie věd USA se rozhodla udělit cenu George P. Merrilla za r. 1984 čs. astronomovi, vedoucímu oddělení meziplanetární hmoty Astronomického ústavu ČSAV, RNDr. Zdenku Ceplechovi, DrSc. Cena se uděluje od r. 1968 za výzkumy meteorů, meteoritů a kosmického prostoru. Dr. Ceplecha se stal teprve čtvrtým nositelem tohoto vysokého ocenění, k němuž mu redakce KR co nejrůzněji blahopřeje.

Z NAŠICH A ZAHRANIČNÍCH PRACOVÍŠŤ

Pár vět o jednom kongresu, jednom symposiu a jednom gravitačním poli

Valná shromáždění (GA) Mezinárodní geofyzikální a geodetické unie (IUGG) jsou svým rozsahem i dosahem velká a významná vědecká a vědeckoorganizační zasedání. Letošní bylo v Hamburgu ve dnech 15.-27.8.1983. Program GA tvořilo 5 přednášek Unie, 21 mezioborových symposií a více než stovka symposií jednotlivých asociací, z nichž Unie sestává, s celkovým počtem asi 3400 nahlášených referátů. V prostředí kongresového centra (CCH) a hamburgské university bylo vše potřebné ke zdařilému průběhu zasedání.

Konala se zasedání těchto asociací Unie:

IAG Mezinárodní geodetická asociace (v CCH),
IASPEI M.a. seismologie a fyziky zemského nitra,
IAVCEI M.a. vulkanologie a chemie zemského nitra,
IAGA M.a. pro geomagnetismus a aeronomii,
IAMAP M.a. meteorologie a fyziky atmosféry,
IAHS M.a. hydrologických věd,

IAPSO M.a. pro fyzikální vědy o oceánech a
ICL Meziuniové komise pro litosféru.

Autorovi příspěvku je nejbližší IAG a tato její symposia:

"Role gravimetrie v geodynamice", "Geodynamické aspekty zemské rotace", "Zlepšené odhady parametrů tíhového pole na základě globálních dat", "Budoucnost terestrických a kosmických metod v určování poloh", "Geodetické referenční systémy", a popř. "Strategie řešení geodetických problémů v rozvojových zemích".

Autor se zúčastnil zejména přednášek symposia o odhadech parametrů gravitačního (tíhového) pole Země (IAG/c).

Probíraly se tyto tématické okruhy:

- přesnost pozemských tíhových dat
- otázka přesnosti současných modelů gravitačního (tíhového) pole Země
- analýzy družicových dat určené ke zpřesnění znalosti geopotenciálu a
- geofyzikální aspekty modelů Země.

Současný stav v určování parametrů charakterizujících gravitační pole a tvar Země lze označit jako kvalitativní i kvantitativní skok oproti situaci z předchozího desetiletí; zvýšila se přesnost, spolehlivost a rozlišovací schopnost popisu pole. Zásluhu na tom má postupné zkvalitňování pozorovacího terestrického i družicového materiálu, z družicových dat hlavně altimetrie. Nejnovější modely tíhového pole Země v sobě již zahrnují výsledky z altimetrických měření nejen z družice GEOS-3 ('Rapp 78', SAO SE6, Koch-Chovitz'78, GSFC GEM 10A-C, 'Rapp 81', GRIM 3), ale i ze SEASAT-1 (GSFC PGS-S4, GRIM 3B), až o řád přesnější než z družice GEOS. Popis průběhu geoidu může být v některých oblastech světa věrný na decimetry, přičemž dnes - díky altimetrii - je věrohodnější v oblasti oceánů a moří než v prostoru pevnin. To je pravý opak toho stavu, který byl před deseti lety. Tím přirozeně roste tlak na zpřesnění popisu pole nad pevninami, hlavně v horských oblastech. Zvrat v této situaci mohou přinést výsledky z přesného dopplerovského a později interferometrického sledování družice z družice (experimenty již proběhly, ale rutinně tento druh měření dosud do tvorby modelů Země nezasáhl a z družicové gradientometrie, neboť tyto metody jsou použitelné zcela globálně.

Současné střízlivé modely tíhového pole Země, vyjádřené skoro výhradně formou rozvoje v řadu kulových funkcí se Stokesovými konstantami (harmonickými koeficienty), založené téměř vždy na kombinaci pozemských a různých družicových měření, jdou do stupně a řádu 36, odváznější do 180, takže jsou zachyceny i "krátkovlnné" tvarové charakteristiky geoidu zajímavé pro geofyziku a geodynamiku. Objevují se znovu práce o časové proměnnosti některých harmonických koeficientů, jmenovitě $C_{2,0}$ a $C_{2,1}$, $S_{2,1}$. Zřejmě se dočkáme "dynamických" modelů Země namísto dnešních standardních "statických", které bude třeba definovat k určité epoše podobně jako hvězdné katalogy a soubory souřadnic stanic. Důkazy

o variacích tvaru geoidu v geologické minulosti se též zdají být nezvratné.

Velká pozornost autorů modelů Země je věnována kombinování tíhových a družicových dat, kde přetrvává řada nejasností a problémů. Otázka váhování jednotlivých typů dat je stále aktuální.

Geocentrické souřadnice pozorovacích stanic v jednotném geocentrickém souřadném systému jsou určovány se zvyšující se přesností. Pomineme-li rutinně probíhající dopplerovská měření, kde v průběhu několika hodin lze určit "absolutní" souřadnice kteréhokoli bodu na Zemi s přesností několika metrů a připojení nových bodů do sítě stávajících se submetrovou přesností, jsou tu laserové dálkoměry druhé generace a referenční body antén pro VLBI, jejichž geocentrické souřadnice jsou dnes známy již s decimetrovou přesností a průběžně se sledují jejich změny. V modelu Země GRIM 3B jsou souřadnice vybraných laserů známy údajně na $\pm 5 - 10$ cm. Velkým přínosem k tomuto výsledku jsou měření ke družici LAGEOS.

Určení dráhy družic neseoucí altimetry s přesností takovou, aby bylo plně využito dnešní technologie dávající vnitřní přesnost altimetrických měření na ± 10 cm/800 km (SEASAT) však stále není zvládnuto. Je to právě nejistota v určení parametrů gravitačního pole Země, která limituje přesnost předpovědi dráhy a tím i plného využití altimetrie v geodézii, oceánografii a geodynamice. V řešení úkolu mohou přispět výsledky ze studia rezonancí v drahách UDZ, neboť analýza rezonančních jevů je dnes potenciálně nejpřesnější metodou dráhové dynamiky k určení harmonických koeficientů vybraných řádů.

Z připravovaných družicových projektů pro výzkum gravitačního pole třeba jmenovat evropský POPSAT, americký GRM (drag-free SST) a obnovenou verzi družice na dlouhém drátě vysouvané z Raketoplánu (fy Martin Marietta). Cílem je zvýšení rozlišovací schopnosti v určení tíhových anomálií tak, že odpovídající popis ve sférických harmonických půjde do stupně a řádu 360. Provádí se příprava na zpracování informací z takovýchto experimentů.

Aktivita IAG je silně ovlivňována činností jejích odborných sekcí a speciálních studijních skupin, jejichž rozvržení obráží současné výzkumné úkoly a trendy výzkumu do budoucnosti. Nejatraktivnější autoru připadá náplň těchto sekcí: Advanced Space Technology (2), Determination of the Gravity field (3) a Geodynamics (5). Do první uvedené spadá vývoj a využití kosmických technik jako jsou VLBI, SIR, LLR, SST, gradientometrie, altimetrie a měření z družic k síti pozemských odrazečů (obrácené SLR). Do třetí sekce patří určování parametrů charakterizujících gravitační (tíhové) pole z různorodých měření, neslapové variace tíže, atp. V geodynamické sekci se diskutují souřadné systémy, pohyb polu a variace v rychlosti rotace Země, recentní pohyby litosféry, topografie střední hladiny oceánů, atd. Stále více vyniká propojení geodézie, geodynamiky a geofyziky.

Několik z československých účastníků symposií IAG předneslo své referáty. Sympatické je, že se o našich pracech nejen průběžně ví, ale že se jejich výsledky též používají a ve světě se jim důvěruje. Obráží se to ve vzrůstajícím počtu citací našich prací v pracích zahraničních odborníků. Lze si jen přát, abychom se mohli zúčastnit - s menšími administrativními problémy než to bylo dosud - i dalších podobných zasedání, jelikož k jejich odborné náplni máme zcela jistě co říci.

J. Klokočník

Použité zkratky:

LLR - Lunar Laser Ranging - laserové měření vzdálenosti Měsíce

SLR - Satellite Laser Ranging - laserové měření vzdálenosti družic

SST - Satellite to Satellite Tracking - sledování družice z družice

VLBI - Very Long Base Line Interferometry - interferometrie z velmi vzdálených pozemních stanic

Prof. Jan Píšala zemřel



Dne 1. prosince 1983 neočekávaně zemřel prof. Jan Píšala z Opavy ve věku 77 let. Rodák z Kateřinek u Opavy zajímal se o astronomii od svého mládí. Astronomie mu též dle jeho vlastního vyjádření pomáhala přežít, když byl za okupace pro svou odbojovou činnost zatčen gestapem a vězněn v koncentračních táborech v Osvětimi, Buchenwaldu a ve vyhlazovacím táboře Dora. Po osvobození se prof. Píšala vrátil zpět do Opavy, kde si navzdory povinnosti v zaměstnání našel vždy čas pro pěstování astronomie. Založil a vedl řadu astronomických kroužků pro mládež i pro dospělé, v nichž svými znalostmi i neobyčejným zanícením pro věc získával pro královskou vědu astronomii početné zájemce. Ve svém povolání učitele uplatnil jak své schopnosti pedagoga tak i vzácné charakterové rysy - obětavost, vlídnost a pozornost k mladým, jejichž cesty ke vzdělání usměrňoval a z jejichž pozdějších úspěchů se upřímně radoval.

Byl dlouhá léta předsedou ostravské pobočky ČAS a členem ústředního výboru ČAS a v obou funkcích si svou vytrvalostí a oddaností astronomii získával další příznivce a obdivovatele i mimo rámec rodného kraje. Po právu byl v r. 1980 zvolen čestným členem ČAS, kteréhožto uznání si nesmírně vážil. V jeho osobě ztrácí naše amatérská astronomie jednoho z posledních žijících zakladatelů moderní historie naší amatérské astronomie. Jeho příklad i památka však zůstanou zachovány v myslích jeho spolupracovníků, přátel i početných žáků.

J. Grygar

Za doc. RNDr. Zdenkem Knittlem, CSc. (* 7.9.1922, † 25.10.1983)

Útlá brožura textů přednášek z konference o aplikované optice z r. 1982 v sobě skrývá článek o optice tenkých vrstev a s ním i vzpomínku na poslední setkání s doc. Knittlem. Dodnes vidím před sebou tabuli popanganou haldou výrazů umístěných všude, kde bylo místo a zároveň slyším struhající výklad, který těm symbolům dával fyzikální smysl a srozumitelnost. To se mi vybavuje při vzpomínce na jedno i mnoha setkání s výjimečnou osobností, kterou doc. Knittl byl.

Každý, kdo se zabývá optikou a přesnou mechanikou, se s ním nějakým způsobem setkal - ti šťastnější osobně a všichni ostatní prostřednictvím jeho prací tištěných v nespočetných publikacích. Jednání s ním bylo dobrou příležitostí dozvědět se něco nového a většinou znamenalo také důkladnou obhajobu předložené problematiky.

K mým nejlepším zážitkům patřila debata nad disertací, ke které doc. Knittl vypracovával jeden z oponentských posudků. Přijel se svým blízkým spolupracovníkem a se dvěma stránkami poznámek a fundovaných otázek. Rád se podíval na přístroj a zajímal se o všechno, co s prací souviselo. Pak přišla řada na novinky na našem pracovišti a nakonec posezení u šálku kávy.

Docent Knittl byl mezinárodně uznávaným odborníkem v optice a zejména v optice tenkých vrstev. Zajímal se profesionálně o mnoho dalších oborů, jako například o astronomii, kosmonautiku, výpočetní techniku, historii přírodních věd a hudbu. Veliké úsilí věnoval popularizaci vědeckého a technického pokroku, významně se podílel na práci přerovské hvězdárny. Dokázal kolem sebe vytvářet čínorodou atmosféru a uměl podnítit k užitečné práci všechny, kteří byli kolem něho.

Již jen vzpomínky zůstanou na jeho návštěvy v Ondřejevě, na cesty za ním do Přerova, na hrníček kávy a charakteristickou vůni dýmky, na pousmání i uznalý pohled. To všechno a obrovské dílo, ze kterého bude mnoho dalších čerpat, nám zůstává jako odkaz velké osobnosti a dobrého člověka.

J. Zicha

RECENZE

Vesmír podruhé

J. Grygar, Z. Horský, P. Mayer: Vesmír. II. vyd. s dodatky o nejnovějších objevech a teoriích. Mladá fronta, Praha 1983, 478 str., váz. 150 Kčs.

Nechce se tomu věřit: roku 1979 vyšla encyklopedie VESMÍR v nákladu 44 tisíc výtisků a začátkem letošního roku