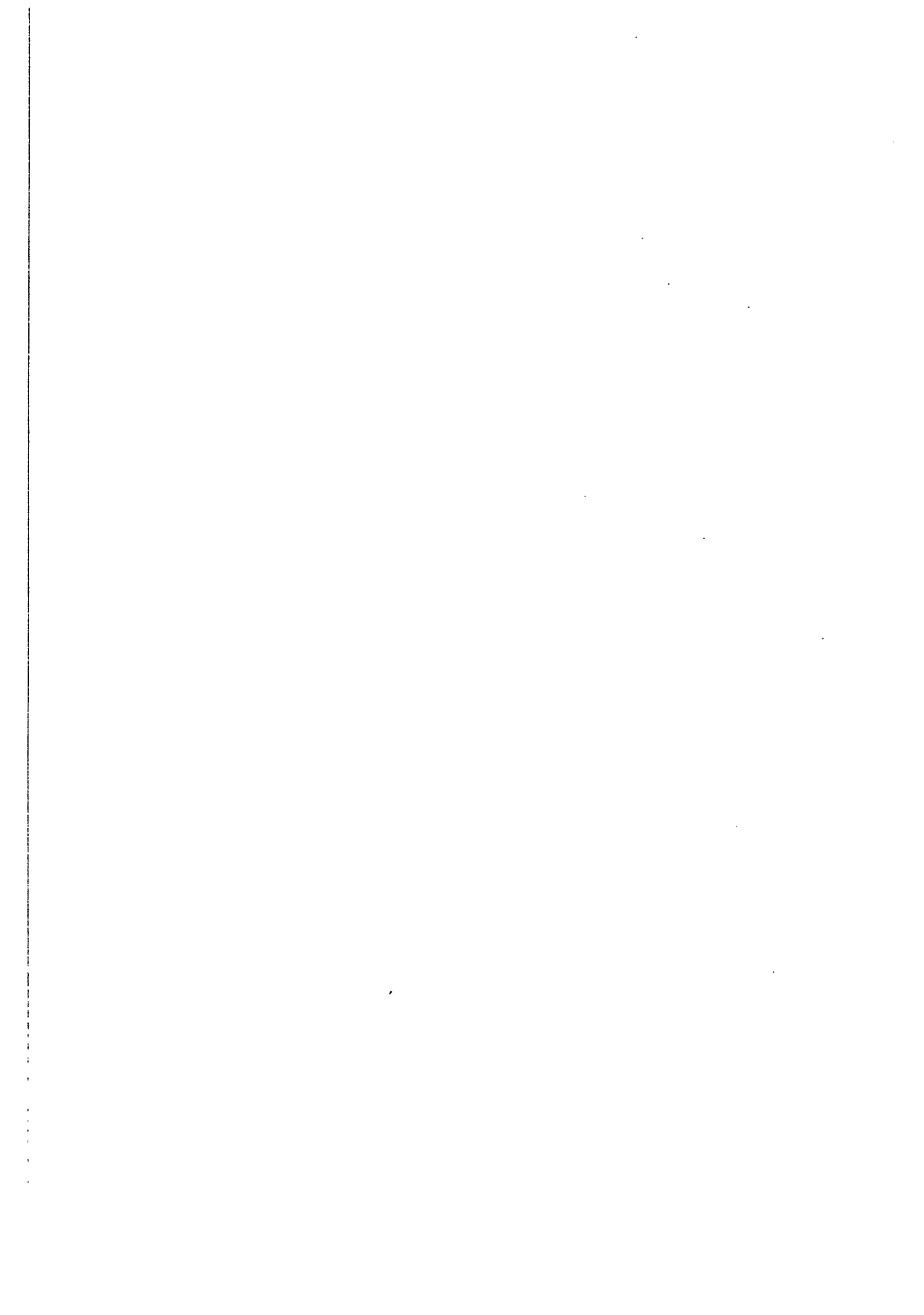




# **KOSMICKÉ ROZHLEDY**

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

3/1977



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

ročník 1977

číslo 3

V. Padevět

## Může souviset současná interpretace pozorování se skutečností?

### 1. Současné představy o zastoupení různých materiálů v meziplanetární hmotě

Častokrát se z různých oborů dovídáme o nejrůznějších fantastických hypotézách. Divíme se jim, nebo vyvolávají náš úsměv a to proto, že autoři dovedou popularizovat pouze výsledky a ne cesty, kterými se k nim dobrali. Vzpomenme jen z našeho oboru, kolik podivných hypotéz vzniklo třeba kolem tunguzského meteoru. Není však třeba se zdržovat u tak výjimečného /co do velikosti/ jevu, u kterého nebyl znám žádný údaj přesně, ba ani přibližně a vše se jen odhadovalo. I u obyčejných meteorů, které běžně fotografujeme a u kterých známe některé údaje poměrně přesně, dostáváme se do sporů, které se pokoušíme řešit vyslovováním všelijakých hypotéz. Vzpomenme jen na hypotézy, že většina letících meteorických těles by musela mít tvar plochých desek, nebo že většina meteorických těles vstupujících do atmosféry je obalena lehkým sněhem ze zmrzlých plynů. Ne všechny takové hypotézy se braly stejně vážně, některé se vyslovovaly i jen proto, aby se na nich demonstrovalo, že taková řešení, i když přicházejí v úvahu, nejsou vlastně možná, jelikož hodnoty různých parametrů jsou fyzikálně nepřipustné. Přece však jedna z těchto hypotéz zapustila do myslí meteorářů kořínky hlouběji, a nejsem si zcela jist, zda je to správné. Jde o hypotézu, že meteory, které fotografujeme, zřejmě nejsou vyvolány tělesy prakticky homogenního materiálového složení a fyzikálních vlastností /obyčejnými chondrity/, jak se myslelo, že tomu asi bude podle starších představ. Na takové homogenní složení prakticky všech fotografovaných meteorů se soudilo podle zastoupení meteoritů nikoliv ve sbírkách - tam se uplatňují výběrové efekty - ale mezi meteorickými pády. Absolutní většinu tvoří totiž obyčejné chondrity. Ostatní materiály /na př. meteorické železo a uhlíkaté chondrity/ tvoří mezi pády jen slabou příměs /viz Tab. 1/.

Podle nových představ jsou meteory vyvolány tělesy různého materiálového složení /a z nich plynoucích i různých

Tabulka 1. B O L I D Y

Druh meteorického materiálu	Realita na povrchu Země				Hypotézy o zastoupení mezi Ceplecha		klasická teorie /relativní počet údajů o hustotě/
	hustota /g/cm <sup>3</sup> /	sbírky /%/	nálezy /%/	pády /%/	původní teoretický předpoklad /%/	Ceplecha /%/	
Měkký kometární materiál /Drakonidy/	0,2	-	-	-	-	13	
Obyčejný kometární materiál	0,6	-	-	-	-	18	
Uhlíkaté chondrity typu C I	2,1	0,3	0	0,7	≈ 0	37	
Achondrity	3,2	5,5	2,7	9,1	≈ 0	32	
Obyčejné chondrity	3,7	67	51	87	≈ 100	≈ 0	
Železo-kamenné a železné meteority	4,7 5,6 7,7	27	46	3	≈ 0	≈ 0	

Vysvětlivky: nález - někdo nalezne horninu a zjistí se, že je to meteorit, pád - existuje bezesporná souvislost mezi bolidem a nalezenými meteority.

fyzikálních vlastností/, včetně materiálů, které se v žádných sbírkách zatím vůbec nevyskytují. Mám dojem, že u kolébky takových představ stál profesor Whipple, který se zabýval také kometárními modely. U nich bylo nutno předpokládat nějaké druhy lehkých, snadno se vypařujících materiálů. Vztah mezi některými meteorickými roji a některými kometami je mimo veškerou pochybnost. Právě Whipple to byl, který v roce 1952 objevil, že předpokládáme-li u meteorů chondritickou hustotu materiálu, vzniká mezi teorií a pozorováním obrovský rozpor, který se dá zlikvidovat předpokladem, že meteory mají hustoty 0,3 - 1,0 g/cm<sup>3</sup>. A protože to byl právě Whipple, kdo tento jev objevil, měl pro to pohotově vysvětlení. Tak malé hustoty mají meteorická tělesa, která vznikají při rozpadu komet. Odvolával se při tom na svůj ledový model jádra komety. Zpočátku prý meteorické těleso obsahuje značné množství zmrzlých plynů a po jejich odpaření zbude jakési porovité, houbovitě lehké těleso. Whipple tedy prý udělal to, že dokázal teorii meteorů vyvést ze slepé uličky, když se dostala do rozporu s pozorováním. Uvolnil dimenzi meteorické hustoty a tím odvedl tlak na teorii meteorů postranními vratky ven. Teorie se tedy nemusela měnit.

Pozdější, přesnější srovnávání teorie s pozorováním však vedlo k dalším nesrovnalostem. Byla samozřejmě snaha všechny tyto nové nesrovnalosti /a tedy nové tlaky na změnu teorie/ odvést vratky proměnných hustot meteorického materiálu. Snadno se to sice provedlo, ale výsledky nemohly nikoho uspokojit. Slabé meteory a později i bolidy vytvořily rozplizlý mrak hodnot nejrůznějších hustot od velkých, větších než je hustota obyčejných chondritů až po hustoty mnohem menší, než je hustota vody; v této oblasti je nejvíce údajů o hustotě. Že meteorický materiál je skutečně takto různorodý, tomu může uvěřit jen opravdu silná povaha. Kromě toho by musela taková povaha věřit i takovým divům, že u většiny meteorů se hustota materiálu tělesa silně mění i během letu meteoru v atmosféře. Přesto se mezi meteoráři ještě takoví věřící vyskytují a vymýšlejí všelijaké finty, aby tuto poslední obtíž obešli. Celkově lze ale říci, že vznikla situace, kdy víra v klasickou teorii meteorů je silně podkopána. Někteří se ještě snaží najít mechanismy, které by existující teorii vyvedly z rozporů. Někteří říkají, že je třeba vytvořit teorii novou, úplně jinou. A někteří nečekají, až bude nová teorie vytvořena, a hnání touhou poznat, z čeho je vlastně utvořena naše sluneční soustava, snaží se metodami nezávislými na klasické teorii roztrždit dnes již existující veliké, fotograficky napozorované soubory materiálu o meteorech. Kvůli přehlednosti můžeme tyto poslední jmenované snahy nazvat "Ceplovou školou", i když takového termínu nikdo v literatuře ještě nepoužil. Ceplo však tento směr založil, odvedl v něm největší díl práce a se svými myšlenkami se dokázal probojovat dnes již ke světovému uznání. Můžeme tedy směle termínu "Ceplová škola" použít. O co vlastně jde? Základní myšlenkou, myslím, je, že meteorický materiál není ve skutečnosti tak různorodý jak plyne z klasické teorie, podobně jako nejsou tak materiálově různorodé nasbírané meteority. Mezi nasbíranými meteority existuje sice podle třídění meteoritů mnoho druhů a poddruhů. /Je to pomalu tak

složité jako sbírky motýlů/, ale podle hlavních fyzikálních vlastností jsou nejdůležitější tři základní typy: 1. meteorické železo, ke kterému můžeme ještě přiřadit lehčí tzv. železokamenné meteority a 2. kamenné meteority, mezi nimiž jsou nejčastější obyčejné chondrity. Na kamenné meteority pak plynule navazují uhlikaté chondrity tří typů, z nichž jsou podle fyzikálních vlastností nejodlišnější nejlehčí 3. uhlikaté chondrity typu C I. Uvnitř každé této skupiny je meteorický materiál dost homogenní. Hustoty těles, vyvolávajících meteoru, by tedy také nemusely tvořit beztvářý mrak, ale mohlo by existovat jen několik diskretních hladin hustot /a jim přiřazených příslušných materiálových vlastností./ Tyto hladiny mohou být různými druhotnými efekty jen rozmazány, ale principiálně by bylo snad možné tyto materiálově různé skupiny meteorů od sebe odlišit; vždyť by se měly v atmosféře i různě projevovat. Jde jen o to najít vhodná kritéria, která by je od sebe odlišila. Ceplecha taková kritéria nalezl a domnívá se, že od sebe odlišil 5 skupin meteorů, lišících se od sebe materiálovými vlastnostmi. Tyto výzkumy jsou pak doplněny rozlišením těžče skupin i podle drah ve sluneční soustavě Kresákem u slabých meteorů a Ceplechou a McCroskym u bolidů. Nalezeným skupinám meteorů v atmosféře odpovídají i skupiny charakteristických drah ve sluneční soustavě. Celý obraz se tím jakoby uzavřel. Jedinou nevýhodou metod, kterých Ceplecha použil, byla velká nejistota, jaké hodnoty meteorických materiálů nalezeným skupinám meteorů vlastně přisoudit. Řešení nalezl Ceplecha společně s McCroskym až u bolidů. Tam totiž existuje případ, kdy pro jeden bolid lze stanovit hodnotu třídícího parametru /a tedy jasnou příslušnost k jedné ze skupin bolidů/ a zároveň pro tento bolid jsou známy i všechny fyzikální vlastnosti tělesa, včetně hustoty. Je to vyfotografovaný pád meteoritu Lost - City. Tímto způsobem Ceplecha okalibroval do té doby nejisté hustoty u svých skupin. Například mezi bolidy jsou jen čtyři skupiny. Nejpočetnější je skupina uhlikatých chondritů typu C I s hustotou kolem  $2,1 \text{ g/cm}^3$ . Hned po ní následuje skupina obyčejných chondritů s hustotami kolem  $3,7 \text{ g/cm}^3$ . Méně početné jsou pak dvě skupiny bolidů, k nimž příslušné meteority zatím neexistují. Jde o předpokládané lehké kometární materiály s hustotami  $0,6 \text{ g/cm}^3$  a  $0,2 \text{ g/cm}^3$  /viz předposlední sloupec tabulky 1/. Dnes tedy jsou na světě celkem tři interpretace pozorování bolidů: 1. starý předpoklad s maximem u obyčejných chondritů, který se, myslím, už považuje za úplně překonaný. 2. Ceplechova interpretace čtyř významných skupin bolidů, která dnes dochází světového uznání. 3. Interpretace, plynoucí z klasické teorie, kde je celý mrak hustot s maximem u hustot malých /tomu snad už nevěří nikdo/.

## 2. Možnosti obhajoby starého předpokladu, že absolutní většina meteorů má homogenní složení totožné se složením obyčejných chondritů

Zdálo by se, že za nynější situace nelze už vznášet žádné námítky proti vlastní podstatě řešení, k jakému dospěla Ceplechova škola. Meteorům však nemůžeme uškodit, když i takové námítky budeme vznášet. Meteoru si budou létat vesele dál, nezávisle na našich teoriích a řešeních.

Myslím si, že i za dnešní situace lze ještě vyrobit alternativní řešení problému, které může být v diametrálním rozporu s výsledky Ceplechovy školy. Dá se ještě za dnešní situace hájit např. původně vyslovený a dnes již zdánlivě překonaný předpoklad, že prakticky všechny meteory včetně bolidů jsou vyvolány tělesy, jejichž složení a vlastnosti jsou totožné s obyčejnými chondrity? Myslím, že situace k uhájení i takového předpokladu není ani za dnešního stavu věcí ztracená. Tak závažné tvrzení nemohu pouze konstatovat, musím je něčím podepřít. Aby mi však mohl rozumět každý, ať pracuje ve kterémkoli oboru, nebudu se pouštět do houštin fyzikální teorie meteorů a empiricky zjištěných údajů o meteorech; tím bych každého otrávil. Hlavní svízel dnešní zamotané situace se dá vyložit dost lapidárně. Co vlastně dokáže odpovědět klasická teorie meteorů, položíme-li jí otázku, která nás tolik zajímá, totiž: jaká tělesa vlastně způsobují jev meteorů?

Dosadíme-li měřené hodnoty konkrétních meteorů do klasické teorie, dokážeme z teorie vypočítat tyto dvě důležité veličiny: z kinematických údajů poměr čelního průřezu tělesa ku hmotě  $S/M$  a vezmeme-li v úvahu ještě svícení meteorů, pak dokážeme vypočítat hmotu  $M$  samotnou. Koule z nejběžnějšího meteorického materiálu, z látky obyčejných chondritů, má při známé hmotě  $dán$  i této hmotě odpovídající průřez  $S$ . Tedy

$$M \rightarrow \left( \frac{S}{M} \right) \text{ chondrit, koule}$$

Většina meteorů však tento vztah nespĺňuje. Nejvíce meteorů má poměr  $S/M$  větší. Tedy

$$\frac{S}{M} > \left( \frac{S}{M} \right) \text{ chondrit, koule}$$

Zatímco pro malá tělesa se meteoráři pokoušeli s jakýmsi úspěchem nalézat mechanismy, které tento problém jakž takž řeší, pro velká tělesa /bolidy/ žádný z těchto mechanismů nefunguje - to dokázal Ceplecha a McCrosky.

Jaké máme tedy ještě u velkých těles možnosti, chceme-li za této situace zachránit představu, že bolidy mohou být vyvolány obyčejnými chondrity?

Je-li poměr  $S/M$  příliš veliký, je buď jmenovatel příliš malý nebo číselník příliš veliký. Vezmeme tedy napřed jmenovatele. Znamenalo by to, že hmota, kterou dovedeme změřit /tzv. hmota fotometrická/ je příliš veliká a neodpovídá skutečné hmotě tělesa. Těmito otázkami se někteří meteoráři zabývali /i já jsem se tím několik let obíral/, ale výsledek byl vždy záporný. Nelze, nelze, nelze. Obrátme tedy pozornost k čitatele. Jakými způsoby by mohlo mít chondritické těleso čelní průřez  $S$  větší než odpovídá kouli? První, co nás asi napadne, je, že meteorické těleso není koule, ale útvar jiného tvaru, a větším čelním průřezem, než má koule. U některých bolidů s touto představou vystačit lze. U naprosté většiny bolidů to však vede k představě meteorického tělesa plochého jako deka, která má čelní plochu průměrně stokrát větší než odpovídá kouli stejné hmoty. To je jistě samo o sobě absurdní, nehledě k otázce sta-

bility takového útvaru za letu.

Jak jinak by se dal zvětšit průřez letícího útvaru? Už nevím, koho vlastně napadlo, že těleso by se mohlo skládat ze dvou složek. Vlastní chondrit by mohl být uvnitř obalu z velmi lehkého materiálu, např. zmrzlých plynů a pod. Zauvažuje-li se ještě, že snadno se vypařující obal chondritu by měl zmizet dřív než těleso dopadne na zem, je tu výborné pole působnosti pro fantasy, hezky si zaspekulovat. Myslím, že hlavně spektrální údaje na nic podobného neukazují. Klasická teorie už nemohla najít žádné jiné řešení problému, chtěla-li se zachovat podmínka, že bolidy jsou vyvolány obyčejnými chondrity.

Je ještě nějaké řešení dilematu na poli klasické teorie? Ano. Musíme se ale vzdát představy, že bolidy jsou vyvolány téměř výhradně obyčejnými chondrity. Skutečně. Můžeme se vrátit dokonce zpátky k homogenním kulovým tělesům. Koule uplácené z lehčích materiálů budou mít při stejné hmotě S/M větší než je S/M obyčejného chondritu. Výsledky byly ale odpuzující. Pro meteory vyšel celý mrak hustot, který byl nejtemnější u hustot menších než je hustota vody. Nejen, že různé meteory mají různé hustoty, ale tyto hustoty se obyčejně ještě silně mění i během letu tělesa v atmosféře. O tom už jsem konečně mluvil. Průměrný bolid jako by ke konci dráhy víc a víc houstl. Bylo zřejmé, že takto klasicky vypočtené hustoty znamenají bůhvíco, že asi nebudou mít se skutečnými hustotami meteorického materiálu mnoho společného. Klasická teorie meteorů tedy zklamala, položila-li se jí otázka, jaký druh hmoty způsobuje jev meteoru. Tím více však byla podrážděna lidská zvědavost, jak je to vlastně s meteory a s tím, co se nalézá ve sbírkách meteoritů.

Není divu, že v této situaci vznikla Ceplechova škola, s jejímiž výsledky jsem vás seznámil.

### 3. Teorie kómy

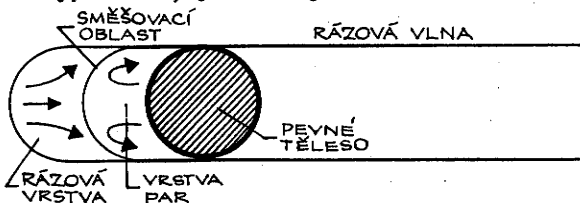
Vraťme se však do bodu, kdy jsme konstatovali, že na poli klasické teorie se příliš velká a proměnná hodnota poměru S/M nedá vysvětlit, předpokládáme-li, že meteorická tělesa jsou obyčejné chondrity. Nedokázali jsme za tohoto předpokladu vymyslet už žádné další způsoby, jak zvětšit čelní průřez tělesa než ty, že by letící těleso muselo být buď neobvykle placaté nebo obalené lehoučkým sněhem. Přece však jsem ještě jeden způsob našel. Jak zvětšit čelní průřez tělesa. Lapidární řešení, čelní průřez by se zvětšil, kdyby těleso bylo opatřeno padákem. Tento padák si nenese těleso s sebou už z meziplanetárního prostoru, jako tomu bylo v případě s lehkým sněhem. Padák se vytvoří až po vstupu tělesa do atmosféry a to brzy po okamžiku, kdy se těleso zahřeje natolik, že se začne intenzivně vypařovat a svítit. Tento padák je lehoučký, jeho hmota je zanedbatelná vůči hmotě vlastního pevného tělesa. Tvar takového padáku se pravděpodobně podobá veliké kapce kolem pevného tělesa. Materiál, z kterého je tento padák utvořen, jsou vlastní páry, valící se z pevné složky meteoru. Takovouto představu jsem si však "nevycucal z palce", jak se říká. Musím se přiznat, že taková myšlenka mě bohužel ani ve snu nenapadla. Kdyby mě byla včas napadla, mohl jsem si ušetřit několik měsíců práce



a těžkých zklamání. Já jsem k té představě byl vyloženě dotlačen pod tíhou dost pádných argumentů a nechtělo se mi dlouho vůbec něčemu takovému uvěřit. Jak to vůbec začalo?

Astrodynamici Petrov a Stulov přišli v roce 1975 s novou zákonitostí, o které meteoráři neměli tušení. Bůhví, jak dlouho už je mezi astrodynamiky známa. My jsme se o ní dozvěděli jen proto, že ten Petrov se Stulovem se pokusili o novou teorii meteorů na základě té nové zákonitosti, která byla empiricky objevena někde v laboratořích v aerodynamických tunelech pro vysoké nadzvukové rychlosti. Tato zákonitost byla už z větší části teoreticky odůvodněna. Já sám jejich práci hodnotím jako pionýrskou, i když podle mého názoru došlo k mylné interpretaci jimi vnesené zákonitosti. Tím zmínění autoři došli k fantastickým výsledkům. Navíc celou věc nevhodně aplikovali ne na nějaké meteory s dobře změřenými veličinami, ale na tunguzský meteor, u něhož není ani jedna veličina přímo změřená a jistá. Jen pro zajímavost uvedu, že pro tunguzský meteor jim vyšla hustota tělesa menší než  $0,01 \text{ g/cm}^3$ . Aby bylo dílo zkázy dovršeno, jejich článek doprovázela fáma, že prý tito pánové všude povídají, že meteoráři mají všechno špatně. Možná, že i z toho důvodu meteoráři nijak nespíchali s nadšeným studiem jejich článku a i proto asi ne, že se týkal hlavně tématu tunguzského meteoru, kolem kterého vzniklo už tolik fantastických hypotéz. Z tohoto hlediska je mi pochopitelná i odsuzující věta meteoráře Bronštejna, kterou hypotézu Petrova a Stulova smetl se světa. Přiznám se, že když mi Ceplecha přinesl inkriminovaný článek jako kuriozitu, dlouho mi ležel na stole a já si říkal, že si ho někdy přečtu, až nebudu opravdu mít co na práci. Pak jsem na něj úplně zapomněl. A když jsem na něj zase přišel při hrabání v papírech, vzbudil přece jen mou zvědavost právě při vzpomínce na sebevědomé výroky autorů. Asi jsem byl první z meteorářů, který jen informativně nenahlédl do rubriky výsledků, ale který ten článek přečetl slovo od slova a snažil se porozumět, co vlastně ti pánové říkají. A tím se asi stalo, že jsem přišel na pasáž, ze které vysvítalo naprosto nové řešení základního nesouhlasu mezi teorií a pozorováním u bolidů. Základní nesouhlas mezi teorií a pozorováním se dá formulovat několika způsoby - nejen tak, jak jsem ukázal už dříve, že hodnota  $S/M$  je příliš velká. Dá se to formulovat také tak, že meteory svítí obvyklejše víc, než odpovídá úbytku jejich hmoty za jednotku času.

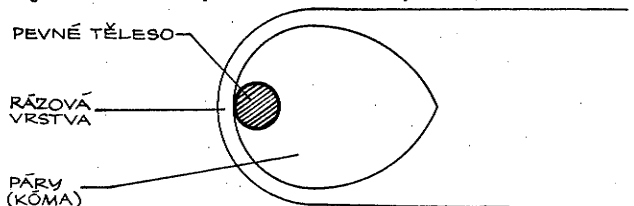
Tito pánové popsali efekt, který vzniká po vytvoření se čelní rázové vlny v podmínkách, kdy obtékané těleso se samo vypařuje a kdy proud par je tak mohutný, že dochází ke kontinuálním jevům, jako je směšování meteorických par se vzduchem ne na povrchu samotného tělesa, ale až dále od něho. Schematicky to vypadá tak, jak ukazuje obr. 1.



Ve směšovací oblasti kolem sebe proudí dva rovnoběžné proudy různých neideálních plynů /vzduchu a meteorických par/. Na rozhraní dochází k turbulentnímu strhávání par vzduchem. Jelikož se celý děj odehrává mimo povrch meteoru, nepadne snad někoho otázka, odkud se vlastně bere teplo na vypařování meteorického tělesa? K přímým srážkám molekul vzduchu s meteorem nedochází. Nemůže ani docházet k přenosu tepla vedením přes vrstvu par, protože páry se prudce pohybují směrem od meteoru. Jediným mechanismem přenosu tepla v těchto podmínkách je přenos zářením skrz vrstvu par. Při meteorických rychlostech rázová vlna intenzivně září v krátkovlnné oblasti mimo viditelný obor. Všechny tyto nezvyklé poměry kupodivu panují právě v oblasti typických meteorických výšek a rychlostí a pro tělesa větší než 10 cm, tedy právě pro bolidy. To ukazuje rozbor podmínek.

Ještě stále jsem neřekl, co mě na práci Petrova a Stulova tak moc zaujalo. Řeknu to teď. Tok meteorických par ze směšovací oblasti do vzduchu je obecně menší, než tok par z povrchu pevné složky meteoru. To bylo to místo, kvůli kterému jsem zajásal. Konečně se našlo něco, co řeší náš denní problém, že meteorology svítí víc než odpovídá toku par z meteorického tělesa. Svícení je určováno tokem všech meteorických par z tělesa, ale my můžeme z pohybu meteoru měřit jen ten tok, který je odnášen z meteoru do vzduchu a ten je menší. Jak je možné, že si autofi takové věci nevšimli? Oni pouze nahradili ten obvykle meteoráři užívaný tok hmoty tokem menším /ze směšovací vrstvy/ - a to je jejich nová teorie. Svícení si vůbec nevšimli. Jak je to možné? Docela dobře. Jsou to aerodynamici, zaujatí jen dynamickou stránkou věci, jak se těleso bude v odporujícím prostředí pohybovat. Meteoráři naopak veškeré informace o meteorech získávají jen díky tomu, že meteorology svítí. Od tohoto okamžiku jsem už postupoval vlastní cestou. Jestliže do prostoru vrstvy par proudí z pevné složky více par, než z ní na povrchu odchází směšováním, musí se páry v prostoru před tělesem hromadit. Neměl jsem si představit, že to, co by se dostalo mimo průřez tělesa, nebylo by okamžitě strženo okolo letícím proudem vzduchu. Jako nějakou ilustraci si můžete představit konec hadice hasičské stříkačky, který chrlí obarvenou vodu a který je namířen proti proudu potoka a ponořený do proudu. Před meteorem by měl vznikat jazyk par s postupně narůstající hmotou. Když se tento nadějný model spočítal, došlo k velikému rozčarování. Teorie s pozorováním nesplynula. Stalo se něco divného: tato teorie se ani nehnula směrem k empiricky zjištěným hodnotám. Rozbor situace ukázal, že samotné větší svícení než odpovídá ztrátě dynamické hmoty posune sice teorii k empirickým datům, ale že nový útvar se méně brzdí než klasické jednoduché těleso. Nový útvar s jazykem par se chová jako těžký štíhlý projektil, který má S/M malé proti klasickému. Takže to, co se nahnalo větším svícením, ztratilo se zase menším brzděním a naděje pohasla. V téhle beznadějně situaci jsem si vzpomněl na to, co se děje, když se palcem zape tekoucí kohoutek vodovodu. Papský vody vystřelují prudce do stran. Zjistil jsem si tedy, jaké jsou vlastně tlakové poměry mezi čelním tlakem vzduchu na vrstvu par a mezi tlakem par samotných, tryskajících z meteoru. Ukázalo se, že čelní tlak je větší než tlak par. Tak tedy před-

stava hadice v potoce je nepřipadná; podmínky jsou spíš analogické palcem upchanému vodovodu. Připadalo mi podivné, že by se páry mohly šířit do stran a nebyly okamžitě strženy okolo proudícím vzduchem. Spočítal jsem rychlost par v těchto podmínkách kolem boku pevné složky dozadu a zjistil jsem, že tato rychlost je vůči rychlosti meteoru zanedbatelná. Že tedy páry se prakticky pohybují současně s meteorem, mají s ním prakticky stejnou rychlost i když se otcnou daleko od boku pevného tělesa. Situace se může přirovnat k pytlíku s pískem, ve kterém je také meteorické těleso. Pytlík vrhneme prudce proti pevné stěně. Stěna tu nahrazuje čelní tlak na meteor. Skoro tak drastické jsou čelní tlaky na meteor. Při nárazu na stěnu se pytlík rozplácne do stran a meteorit sám pronikne pískem až ke stěně. Tak nějak si můžete představit útvar, který vznikne /viz obr. 2/.



Útvar z par jsem nazval pracovním názvem "kóma".

Při tom nesmíme zapomenout, že nejde o žádná volně molekularní proudění, ale kontinuální, jak jsem už dříve připomenul. To znamená, že ta kóma par je pro vzduch neproniknutelná. Páry a vzduch po sobě na povrchu vrstvy par pouze neideálně kloužou. K turbulentnímu míchání vzduchu s parami může docházet jen na povrchu kómy. Taková kóma se tedy chová vůči okolnímu proudění vzduchu podobně jako pevné těleso, čili působí jako padák. Dá se dokázat, že hmota takové kómy je zanedbatelná vůči hmotě pevné složky.

Když jsme takto objevili mechanismus pádaku, je teď nejdůležitější zjistit, jaký je vlastně jeho čelní průřez, ten je pro dynamiku pohybu nejdůležitější veličinou. Už prve jsem říkal, že Petrov se Stulovem zjistili, že úbytek hmoty směřováním /a tedy i na povrchu naší kómy/ je menší než přítok hmoty do kómy z pevné složky. V kómě se tedy hmota par zvětšuje, roste tlak a kóma se bude nafukovat směrem nejmenšího odporu. Tedy nejméně proti čelnímu tlaku a nejvíce do stran a dozadu. Velikost kómy však nemůže dosáhnout libovolných rozměrů. Její růst skončí v okamžiku, kdy ztráta hmoty par směřováním /a ta závisí na velikosti povrchu kómy/ vyroste natolik, že dosáhne stejné hodnoty jako je tok par z pevné složky meteoru. Pak se její růst musí zastavit, aby nebyl porušen zákon zachování hmoty. Ukázal jsem, že tento růst kómy /až do jejích maximálních možných rozměrů/ je velice rychlý proces, co do trvání zanedbatelný proti trvání celého meteorického jevu. Můžeme si to představit tak, že prakticky hned po nástupu intenzivního vypařování má už kóma svoje maximální rozměry a ty si pak automaticky udržuje během celého jejího života. Potěšující je, že

hodnota čelního průřezu takové kómy se dá exaktně stanovit /je na to zkrátka vzoreček/. Abych celou situaci nějak přiblížil, jev se může přirovnat ke kamenu uzavřenému v gumovém balonku. Kámen si tento balonek sám nafoukne vlastními parami. Ovšem stěny balónku jsou z řídké gumy, která propouští tím víc par z vnitřku, čím jsou rozměry balonku větší, až nastane situace, že balonek se už dál nemůže zvětšovat. Utíká z něj tolik, kolik kámen dodává.

Když se z této teorie dynamicky významné kómy spočítaly veličiny, které můžeme měřit, ukázalo se, že jsme právě v oblasti empiricky naměřených veličin. Jinými slovy řečeno, tato teorie ráčila sestoupit konečně do oblasti empirických dat a dokonce i hezky přilehla. Důležitá je zde jedna okolnost. To všechno nastalo, aniž jsme museli uvolnit dimenzi hustoty meteorického materiálu. Tedy předpoklad, že prakticky všechny napozorované bolidy jsou působeny obyčejnými chondrity, jsem nemusel zatím odvolat. Teorie komy tedy uspokojivým způsobem vyřešila potíže klasické teorie s velkou a odporně variabilní hodnotou S/M. Přirozeným způsobem vysvětlila, co to jsou vlastně klasicky vypočtené hustoty /jsou to průměrné hustoty komy i s pevným tělesem/. Brzdící efekt komy je sám o sobě tak silný, že k vysvětlení všech pozorovaných anomálií nebylo vůbec nutno sáhnout na materiálovou hustotu. Je tedy docela dobře možné, že ani v dalších úvahách nebude nutno sáhnout na starodávný a dnes již téměř zavrhnutý předpoklad, že absolutní většina bolidů je vyvolána obyčejnými chondrity.

#### 4. Skupiny meteorů versus obyčejné chondrity

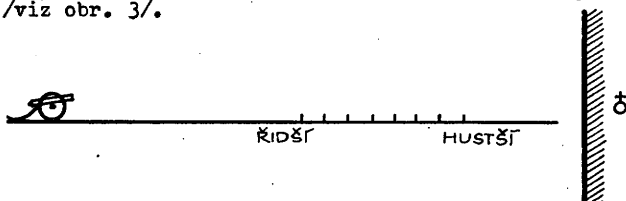
Jak se shoduje ten můj dosud nezrušený předpoklad, že snad téměř všechny vyfotografované bolidy mohou být způsobeny obyčejnými chondrity, s výsledky, ke kterým dospěla Ceplechova škola? /Tedy se skupinami bolidů materiálově tak odlišných?/ Jsou to pouze dva alternativní přístupy, mezi nimiž není možné zatím rozhodnout?

Ceplechovy výsledky byly získány nalezením třídícího kritéria, v němž hraje nejdůležitější úlohu výška konce bolidu. Já jsem se v teorii kómy zabýval jen tím, jak je to se souhlasem teorie a pozorování ve dráze, během letu bolidů. Výšek konců jsem si zatím nevšímал. Mám nějakou náhěji, začnu-li se těch výšek konců všimát z hlediska teorie komy, a trvat při tom na předpokladu, že prakticky všechny bolidy jsou vyvolány obyčejnými chondrity? Chci teď ukázat několik náznaků, že není všechno tak úplně beznadějně.

Aby mi bylo teď rozumět, jakými cestami se dál ubírám, musím se uchýlit k jednoduché analogii. Kdekerý kluk ví, že hází-li kamením, pak délka doletu šutru závisí mimo jiné též na úhlu, pod kterým šutr hodí. V pozdějším věku jako školák se doví, že střílí-li dělo stejně těžké náboje stejnou počáteční rychlostí, pak ve vakuu se délka dostřelu postupně zvyšuje, když se postupně zvyšuje sklon hlavně. Při úhlu  $45^\circ$  je dostřel největší a při větších úhlech se zase zmenšuje. Pro délku doletu existuje tedy kritická hranice úhlu  $/45^\circ/$ . Střílí-li dělo

v odporujícím prostředí, třeba ve vzduchu, který klade střelám odpor, pak dráhy střel už nebudou čisté paraboly, ale balistické křivky. Nebudu se pouštět do podrobností. Řeknu jen, že celý obraz se proti případu ve vakuu kvantitativně zkrasí, ale kvalitativně zůstane podobný. Zase délka doletu je úměrná nějakým způsobem sklonu hlavně a zase tam existuje kritická hodnota pro sklon hlavně, při které je dostřel maximální.

Představte si teď na chvilku, že máme dělo, které dokáže vystřelovat stejnou počáteční rychlostí a pod stejným úhlem do odporujícího prostředí kulové náboje stejné hmoty. Jen materiál, ze kterého jsou tyto koule zhotoveny, je různě hustý. Jak bude vypadat situace v místech dopadu střel? Řidší koule se budou vzhledem k větší hodnotě S/M více brzdit v atmosféře a budou tedy dopadat blíže k dělu. Koule z hustší hmoty dále od děla /viz obr. 3/.



My ale nic nevíme o tom, z jakého materiálu jsou střely vyrobeny. Střely jsou totiž konstruovány jako granáty, při dopadu explodují a zanechají jen krátery. Na hustotu materiálu střel můžeme soudit pouze z rozložení kráterů.

Tohle je situace, která by mohla být velmi analogická současné situaci ve zkoumání výšek konců bolidů. Představme si, že povrch zemský je umístěn kolmo k rozložení kráterů, jak je ukázáno na obr. 3. Krátery nám pak reprezentují výšky konců bolidů nad povrchem zemským. My ale z analogie vidíme, že je dvojí řešení problému, chceme-li vysvětlit rozložení kráterů /nebo chcete-li - výšek konců bolidů/. Jednak toto rozložení můžeme vysvětlit různou hustotou materiálu střel, ale stejně dobře můžeme stejné rozložení kráterů vysvětlit i vhodným rozložením sklonů hlavně děla a toto dělo může střílet materiálově homogenní střely /nebo chcete-li - obyčejné chondrity/.

Analogie s dělem je sice na pohled hezká, ale hodí se zrovna na bolidy? Která veličina by to mohla být, která by u bolidů hrála podobnou roli jako v případě s dělem sklon hlavně? Existuje několik silných argumentů, že touto veličinou by mohla být samotná vstupní hmota bolidu. Tyto argumenty by se jistě daly srozumitelným způsobem vysvětlit, ale zavedlo by nás to moc stranou a zbrzdilo spád výkladu. Jestliže je to tedy skutečně hmota, pak v analogii s dělem by to též znamenalo, že jako existuje kritický sklon hlavně pro největší dostřel, tak také u bolidů existuje kritická hmota, při které je výška konce bolidu nejmenší. Takže tělesa s větší hmotou, než je kritická, by mohla mít větší výšku konce. Něco takového jsem právě potřeboval. Vždyť se mezi bolidy dají najít takové dvojice, se stejným sklonem dráhy a stejnou vstupní rychlostí, z nichž jeden je

jasný jako fagule a skončí v atmosféře vyš než druhý bolid, který je mnohem slabší. Ceplecha se domnívá, že takové dva bolidy se musí lišit materiálově. Odvažují-li se takové rouhačské myšlenky, že vstupní hmota bolidu v mé interpretaci zastupuje hustotu materiálu v Ceplechově interpretaci, mohl by mi kdekdo namítnout, že přece tohle není náš případ. Pro nás, kteří jsme v oblasti dopadu střel, není dělo skryto za kopcem, my na něj dalekohledem vidíme a můžeme sklon hlavně děla měřit a vyloučit tohoto činitele. A také to tak skutečně děláme. Ceplecha bere sklon hlavně v úvahu při zpracování rozložení kráterů. Vždyť přece vstupní hmoty jednotlivých bolidů jsou známé, pokládají se za ně hmoty fotometrické. Na tuhle námitku mohou odpovědět jen jedním. To co vidíme, může být jen mámení dáblovo, jakási fata morgana děla, obraz děla v křivém zrcadle klasické teorie. Dělo ve skutečnosti za kopcem je. Fiktivní obraz, který vidíme, může mít všechny proporce pokrivené proti skutečnosti, tedy i změřený sklon hlavně děla nemusí odpovídat vždy skutečnosti. Jinými slovy řečeno, tzv. hmota fotometrická nemusí vyjadřovat vždy dobře skutečnou počáteční hmotu bolidu. Hmota fotometrická může být jen dolní mezí pro skutečnou vstupní hmotu bolidu. Skutečné vstupní hmoty bolidů budou obecně větší a to o víc než připouští klasická teorie. Tuhle "maličkost" musím teprve řádně dokázat. Připadal bych si v téhle situaci moc uboze. Naštěstí je tu jedna povzbuzující okolnost, proč ještě nezahazují flintu do žita. Teorie komy dává návod, jak z hmoty fotometrické vypočítat vstupní hmotu bolidu. Bohužel ne ve tvaru vzorečku, ale ve formě algoritmu. Tím se zabývám v současné době.

Na závěr ale musím zdůraznit jednu věc, aby nedošlo k nedorozumění. Zavádím-li do teorie znovu předpoklad o homogenním složení bolidů, neznamená to, že jsem přesvědčen, že všechny bolidy jsou obyčejné chondrity. Je to pouze principiální přístup k věci. Zavedeme-li jako základní předpoklad nehomogenitu materiálu a nic víc, nemůžeme se nikdy dostat do sporu s pozorováním a vždycky nám vyjdou nějaké skupiny bolidů. Jestliže se ale našlo něco /v našem případě hmota/, co by mohlo způsobovat analogické efekty jako materiálové složení, pak je toto něco třeba z vlivu na výsledky vyloučit. Proto je pro teoretické účely znovu výhodné zavést co nejjednodušší základní předpoklad-homogenitu materiálu; pak výsledek může být trojí:

1. Buď se dostaneme do sporu s pozorováním; z toho plyne, že se logicky objeví skupiny bolidů. Je však velice pravděpodobné, že nové skupiny bolidů nebudou stejné jako Ceplechovy skupiny. Tou nestejností míním toto: a/ buď jednotlivé bolidy budou patřit do skupin, jak je určil Ceplecha, ale tyto skupiny budou mít poněkud jiné materiálové složení, b/ nebo se objeví skupiny bolidů naprosto odlišné od Ceplechových.

2. A pak je ještě jedna možnost, že se se základním předpokladem homogenity nedostanu do sporu s pozorováním. Z toho plyne, že skupiny meteorů zmizí a potvrdí se oprávněnost předpokladu homogenity materiálu. Jen tato poslední možnost by znamenala řešení problému diametrálně odlišné od řešení Ceplechova. Které z těchto tří možných řešení se nakonec realizuje, to opravdu v této chvíli ještě nevím. Ať už je to ale

kterékoliv a budu-li teď na chvíli nezřízený optimista a budu-li předpokládat, že se mi podaří dovést ho ke stejné dokonalosti a estetické kráse, jakou má dnes řešení Ceplechovo, bude možno nastolit docela jinou otázku. Které z těchto alternativních řešení je vlastně blíže skutečnosti? Na takovou otázku může odpovědět jen přímá konfrontace se skutečností, nikoliv jen pozorování. Situace se však může zastavit na mrtvém bodě. Příroda nám může dlouho odpírat přímou konfrontaci. Budme však opět optimisty a předpokládejme, že k takové konfrontaci přece jen jednou dojde. Dovedu si docela dobře potom představit situaci, kdy se dovíme, že neplatí ani jedno z obou alternativních řešení, ale řešení třetí, o kterém teď ještě nemáme ani tušení.

/Předneseno na 16. celostátním semináři o meteorické astronomii v Brně dne 5.3.1977/

P.C.W. Davies

### Kvantová teorie pole v zakřiveném prostoročase

/Překlad/

Poslední výsledky teoretického výzkumu naznačují, že přítomnost gravitace /zakřiveného prostoročasu/ může vést ke stimulaci takových důležitých kvantových efektů, jako jsou kosmologická produkce částic a vypařování z černých děr. Tyto procesy uvádějí na scénu nové možné spojitosti mezi kvantovou teorií, termodynamikou a strukturou prostoročasu, přičemž se zdá, že jejich studium může v podstatné míře napomoci řešení problémů souvisejících s dosud nezkonstruovanou kvantovou teorií gravitace.

V první čtvrtině našeho století došlo ve fyzikálních vědách ke dvěma velkým revolucím, které ve svých důsledcích vedly ke komplexní přestavbě základů teoretické fyziky. Kvantová teorie se střetla s obrovským úspěchem při interpretaci mikroskopických jevů, jako jsou např. struktura atomu a chemické vazby. Teorie relativity, která je v podstatě makroskopickou teorií, pozoruhodným způsobem objasnila známou nejasnost v pohybu planety Merkur a stala se základnou pro rozvoj moderní kosmologie. V její "speciální" formě, aplikovatelné v případě velkých rychlostí avšak zanedbatelné gravitace, lze teorii relativity přirozeně kombinovat s kvantovou teorií, což přináší bohatou řadu nových výsledků. Objevy spinu elektronu a antihmoty vyplynuly přímo z této syntézy. Vznikla relativistická kvantová teorie pole, která popisuje např. vzájemné působení elektricky nabitých látek a elektromagnetického záření. Produktem této hybridní teorie je moderní koncepce elementární částice. Pojem částice z hlediska kvantové teorie pole se v mnohých ohledech liší od klasického pojmu malého lokalizovaného chomáčku energie. Prototypem nové verze je foton, který je vlastně produktem aplikace kvantové teorie na elektromagnetické pole. Ačkoliv slovo "foton" v nás vyvolává představu jakéhosi nepatrného balíčku světla, taková představa je již ve své podstatě zcela

nepřesná. To, co je kvantováno, není lokalizovaným objektem, ale jakýmsi modem vlnového pole - něčím, co se šíří prostorem.

Úspěšné smíření teorie relativity a kvantové teorie však nelze rozšířit na obecný případ silné gravitace. Jelikož se silnými gravitačními poli se setkáváme pouze v makroskopických systémech, zatímco kvantové jevy jsou mikroskopické, zdálo se, že tento nedostatek není ani tak příliš tragický. V posledních letech však bylo vícekrát poukázáno na možnost, že vlastní pochopení kvantových jevů v silných gravitačních polích může vést k důležitým pokrokům v teorii a dokonce k pozorovatelným důsledkům.

Objektem dlouhodobých snah mnohých fyziků je zkonstruování celistvé vyhovující kvantové teorie gravitace, ve které by samotné gravitační pole bylo kvantováno, snad podobným způsobem, jako je tomu v případě kvantovaného elektromagnetického pole /1/. Nicméně, po mnohaletém úsilí zůstávají tyto snahy stejně nesplněny, jako kdykoliv předtím. Někdy se vyskytuje názor, že taková teorie by měla platnost pouze v rozsahu nepatrné délkové škály  $10^{-33}$  cm - tzv. Planckovy délky  $\sqrt{\hbar G/c^3}$ , což by celý program kvantové gravitace redukovalo na čistě akademické cvičení. V poslední době se však zdá, že gravitace může celkem dobře vést k důležitým kvantovým jevům v rozsahu mnohem větších délkových škál.

Základem tohoto nového úsilí je teoretický přístup, ve kterém gravitace vystupuje jako klasické /nekvantované/ pozadí, v přítomnosti kterého jsou všechna ostatní pole kvantována. Tento poněkud zjednodušený přístup je znám jako kvantová teorie pole v zakřiveném prostoročase. Unikátní postavení gravitačního pole jako geometrické entity /zakřivení prostoročasu/ podporuje geometrický přístup ke kvantové teorii pole, který nám snad pomůže vyřešit obrovské principiální problémy vznikající vždy při zavádění efektů vnějších klasických polí do kvantové teorie pole. Předpokládá se /ačkoliv to nemusí být jisté/, že tato metoda s gravitací vystupující jako pozadí skutečně představuje uspokojivé první přiblížení k /budoucí/ celistvé kvantové teorii gravitace, platné pro vzdálenosti mnohonásobně převyšující Planckovu délku.

Ačkoliv tento poloklasický přístup je pouze pokusný, jeho použití již vedlo k některým neočekávaným objevům, které mohou označovat začátek cesty k lepšímu pochopení souvislosti mezi strukturou prostoročasu a kvantovou teorií.

### Teoretické problémy

Předtím, než se těmito objevy budeme zabývat podrobněji, je nezbytné seznámit se s radikálními změnami, které s sebou přináší zavedení gravitace do kvantové teorie pole.

Za prvé, jelikož pojem "částice" je pojmem globálním, částicové procesy jsou velice citlivé na globální strukturu prostoročasu. Obvyklá kvantová teorie pole silně závisí na



jednoduchých globálních vlastnostech plochého Minkowského prostoru. Částice jsou s úspěchem definovány s odkazem na geometrické symetrie tohoto prostoru. V obecném zakřiveném prostoročase však tyto symetrie chybí a představa "částice" ztrácí obvyklý smysl. Navíc, v obecné teorii relativity může prostoročas vlastnit též další charakteristiky, jako jsou horizonty a singularity, které je nutno brát v úvahu při konstrukci jakékoliv uspokojivé teorie kvantových polí v zakřiveném prostoru.

V některých jednoduchých případech se může stát, že prostoročas si zachováva dostatečnou symetrii pro přirozené zobecnění definice částice, jak ji známe z Minkowského prostoru. Tak je tomu například, když je gravitační pole statické /2, 3/. Jedním z rozeznávaných stavů kvantového pole je stav, ve kterém se nevyskytují žádné částice. Takový stav obvykle nazýváme stavem vakua. V Minkowského prostoru je stav vakua dobře definován a odpovídá přibližně tomu, co obvykle chápeme jako fyzikální vakuum. V obecnějším prostoročase však tomu tak není. To, co může být považováno za vakuum v jedné souřadnicové soustavě, v druhé souřadnicové soustavě vakuum vůbec být nemusí. Velmi jednoduchou a dramatickou ilustraci tohoto faktu podal nedávno Stephen Fulling /3/. Celá situace je znázorněna na obr. 1. Pozorovatel, který se v soustavě /t,x/ nachází v klidu, sleduje světočáru A. Jiná světočára /B/ odpovídá pozorovateli, který po celou dobu podléhá rovnoměrnému vlastnímu zrychlení. Jeho rychlost vzhledem k A se blíží rychlosti světla při  $t \rightarrow t \infty$ . Světelné paprsky procházející počátkem souřadnicové soustavy jsou pro jednoduchoost znázorněny v úhlu  $45^\circ$ . Jelikož žádné informace se nemůže šířit rychleji než světlo, tyto světelné paprsky působí pro B jako horizont událostí. Tento pozorovatel se nikdy nemůže dozvědět o událostech probíhajících v oblasti označené jako "černá díra", jelikož vesmír ve směru k A bude současně s tím jak se B na obr. 1 pohybuje stále více doprava, velice rychle tmavnout vlivem rostoucího Dopplerova posuvu působícího na jakékoliv světlo šířící se od A k B.

Prostoročas dosažitelný pro B je pouhou částí celkového Minkowského prostoru a může být popsán jedinou soustavou souřadnic. V této části je prostoročas dosud plochý, od Minkowského prostoru se však globálně liší přítomností horizontu událostí. Je to statický vesmír, takže zde existují přirozené definice stavů částic a vakua. Fulling ukázal, že stav vakua v této části prostoročasu se výrazně liší od toho stavu vakua, který známe z obvyklého Minkowského prostoru. To znamená, že to, na co A pohlíží jako na vakuum, pro B vakuum vůbec není. Tento fakt byl některými autory /4/ interpretován tak, že B bude "vidět" částice, zatímco A ne, což je poněkud paradoxní myšlenka. Ve skutečnosti se zde nevyskytuje žádný důvod předpokládat, že to, co B považuje za přítomné "částice" skutečně odpovídá "reálným" fyzikálním částicím.

Na základě jednoduchých geometrických argumentů je možné ukázat /5/, že spektrum tohoto mysteriózního záření pozorovaného B, je spektrem planckovským, odpovídajícím tepelnému rovnovážnému záření s teplotou  $a/2\pi$ , kde  $a$  je vlastní zrych-

lení pozorovatele B. William Unruh analyzoval reakci jednoduchého modelového detektoru částic podléhajícího rovnoměrnému zrychlení, přičemž zjistil, že tento detektor bude skutečně detekovat tepelné záření s touto teplotou  $/6/$ .

V tomto jednoduchém případě jsme sváděni pohlízet na takové nekonvenční vakuum jako na vakuum "nefyzikální". Záhadné tepelné záření detekované B bychom tak mohli pustit z mysli a vysvětlit jej prostě jako rušivý vliv zapříčiněný silou, která urychluje B. V obecném prostoročase však neexistuje žádný jednoduchý způsob, jak vyvýšit jeden stav vakua nad jiný. Jak definovat stav vakua v obecném případě, to dosud neví nikdo.

### Tenzor energie a hybnosti

Nejasnosti související s pojmem částic v oblastech vysokého zakřivení prostoročasu si vyžádaly zcela odlišný přístup resp. přiblížení ke kvantové teorii pole v zakřiveném prostoru  $/7/$ . V tomto novém přiblížení se vyskytují matematické objekty, které mohou být definovány lokálně, avšak ne globálně, jako je tomu v případě částic. Důležitým příkladem je tzv. tenzor energie a hybnosti. Tento objekt má navíc tu vlastnost, že vystupuje jako zdroj gravitace v Einsteinových rovnicích pole, takže lze doufat, že s jeho pomocí snad budeme schopni řešit teorii klasických vázaných gravitačně-quantově-hmotných polí.

Tímto však nejsou vyloučeny všechny potíže se stavy částic, jelikož tenzor energie a hybnosti musí být počítán pouze jako pravděpodobná hodnota v nějakém kvantovém stavu. Mohou se však vyskytovat určité zajímavé situace, ve kterých, v nějakém minulém okamžiku, mohl existovat dobře definovaný stav vakua. Pravděpodobná hodnota tenzoru energie a hybnosti pak může být počítána v silně zakřivených částech prostoročasu jako pravděpodobná hodnota v tomto počátečním stavu vakua.

Nejjednodušší případ nastane, když začneme s Minkowského prostorem a tento prostor posléze narušíme zavedením nějakého druhu mezí resp. hranic. V praxi to lze uskutečnit pro elektromagnetické pole při použití elektricky vodivých desek anebo zrcadel, které odrážejí pole svými povrchy /viz Obr. 2/. Pokud jsou dvě takové desky resp. zrcadla paralelní a jejich vzdálenost je relativně malá, vakuum Minkowského prostoru je narušeno dokonce i tehdy, když desky nenesou žádný elektrický náboj. Příčina je lehce pochopitelná. Mody pole s vlnovými délkami většími než vzdálenost desek nemohou v oblasti mezi deskami působit jako "stojeté" vlny, takže nepřispívají k energii vakua.

Počítat tenzor energie a hybnosti mezi deskami je relativně lehké. Poprvé takové výpočty uskutečnil Larry Ford  $/8/$ . Jeho výpočty však nebraly v úvahu jednu fundamentální a dalekosáhlou "drobnost". Formálně je totiž tenzor energie a hybnosti nekonečný. Tato nepřijemná okolnost je následkem tzv. "ultrafialové divergence", která je univerzálním problémem kvantové teorie pole. Tato potíž vzniká proto, jelikož dokonce i ve stavu vakua každý módus pole s frekvencí  $\omega$  stále vlastní

tzv. kvantovou energii nulového bodu  $\frac{1}{2}h\omega$ . Protože počet módů je nekonečný, suma celé této energie je též nekonečná, přičemž módy s kratšími vlnovými délkami přispívají podstatně větší energií nulového bodu než módy dlouhovlnné.

Po vyloučení problému "ultrafialové divergence" Ford zjistil, že mezi deskami se vyskytuje statická negativní hustota energie. Jedním z důsledků tohoto objevu je, že mezi deskami resp. zrcadly budou existovat elektromagnetické přitažlivé síly dokonce i tehdy, když tyto desky resp. zrcadla budou elektricky neutrální. Tento efekt je znám již celou řadu let jako tzv. Casimirův efekt. Předpověděl jej v roce 1948 H.B.G.Casimir /9/ a od té doby byl měřen i experimentálně /10/.

Pokud předpokládáme, že zrcadla se pohybují, dochází k novému jevu. Statická hustota energie mezi deskami se zvětšuje následkem toku částic vycházejícího z povrchu pohybujícího se zrcadla. V dvourozměrném modelu je možné tenzor energie a hybnosti přesně vypočítat formou funkcí implicitně závislých na dráze zrcadla /11/. Pokud se systém eventuelně ještě jednou stane statickým, stavy částic mohou být definovány v této budoucí oblasti a nový jev může být popsán jako tvoření částic pohybujícími se zrcadly. Tato tvorba částic se vyskytuje dokonce i v případě jediného pohybujícího se zrcadla.

Modely pohybujících se zrcadel jsou velice užitečné, jelikož umožňují nejjednodušším způsobem ukázat, jak může být stav vakua narušen geometrickými efekty. V případě zakřivení prostoročasu dochází k podobným efektům.

### Kosmologie

V astronomii se vyskytují dvě oblasti, ve kterých je gravitace natolik silná, že může dojít ke stimulaci důležitých kvantových efektů. První oblastí je gravitační kolaps, druhou kosmologie big-bangu.

Pionýrskou práci v oblasti kvantových efektů v kosmologii provedl koncem šedesátých let Leonard Parker, který ukázal, že v expandujícím vesmíru dochází ke tvoření částic, ačkoliv v současných podmínkách je účinnost tohoto procesu mizivá /12/. Pohyb vesmíru zde vyvolává stejné narušování statického vakua, jako je tomu v případě pohybujících se zrcadel. Prudší pohyb znamená též větší rozsah a intenzitu produkce částic.

V průběhu počátečních stadií kosmologické expanze byla expanzní rychlost mnohem větší, než expanzní rychlost současná. Ve velmi rané epoše, řekněme  $10^{-23}$  s po začátku expanze - dlouho předtím, než vesmír dosáhl relativně dobře prostudované leptonové éry - byla produkce částic patrně natolik intenzivní, že měla podstatný vliv na kosmologickou dynamiku. Například, pokud byla počáteční expanze anizotropní /odlišná v různých směrech/, tehdy mohla produkce částic tuto anizotropii "smazávat". Dodnes úplně neobjasněným kosmologickým problémem je fakt, že současný stav vesmíru /přínejmenším jeho pozorované části - pozn. překl./ je stavem s vysokou izotropií. Vyskytují se názory, že tento stav vysoké izotropie lze vysvětlit právě zpětným

působením kvantových efektů. Velmi detailní analýzu tohoto problému provedli sovětští astrofyzikové J. B. Zeldovič, A.A. Starobinskij a V.N. Lukas /13,14/.

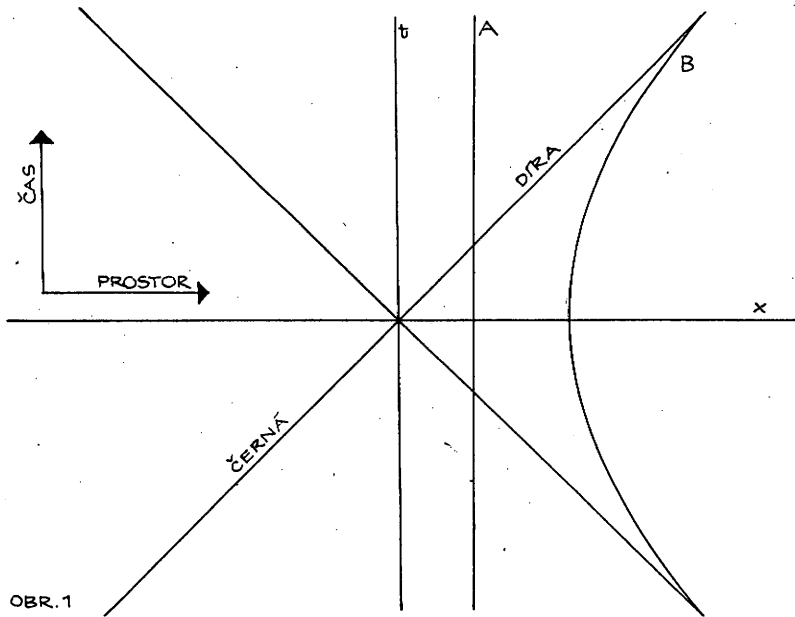
Je důležité připomenout, že v případě zakřiveného prostoru k produkci částic dochází vlastně z prázdného prostoru. Částice nejsou produkovány ani nějakými zdroji, ani pohybujícími se povrchy. Samotné zakřivení prostoročasu může být zapříčiněno přítomností hmoty, tato hmota však není přímou příčinou produkce částic.

Kosmologické modely nám poskytují důležité "testovací scénáře" pro výpočty kvantového tenzoru napětí /reference 13-16 a nepublikovaná práce J.S.Dowkera, R.Critcheye, P.C.W. Daviese a S.A.Fullinga/. Vzniká zde však množství nových problémů. Vyskytují se zde matematické členy s nekonečnem, které závisí na zakřivení prostoročasu, přičemž tyto členy nelze "zneškodnit" prostým vyloučením nekonečna vyskytujícího se již v případě Minkowského prostoru. Některé z těchto členů mají stejnou geometrickou strukturu jako levá strana Einsteinových rovnic pole, takže se dá předpokládat, že tyto členy jednoduše "renormalizují" hodnoty Newtonovy gravitační konstanty nebo Einsteinovy kosmologické konstanty. S jinými členy se takto zacházet nedá a ke svému přizpůsobení vyžadují určitou modifikaci rovnic pole. Navíc se zdá, že konečná část difference /a snad též některé další výrazy s nekonečnem/ obsahuje dvojnásobnosti, které závisí na metodě vyloučení nekonečna. Je nepochybné, že tyto dvojnásobnosti a nejasnosti, které jsou pravděpodobně vlastní celé teorii, představují hlavní překážku pro pochopení věci. V zájmu odstranění těchto nejasností je nutné obrátit se k základním principům mimo kvantovou teorii. Ačkoliv se vyskytují různé názory na to, které principy je třeba využít, touto metodou byly získány velmi rozumné výrazy pro tenzor energie a hybnosti /P.C.W.Davies a S.A.Fulling, nepublikováno/. Například, je téměř zcela určité, že v homogenním izotropním vesmíru se nevyskytuje žádná tvorba fotonů, ačkoliv v takovém vesmíru je velice pravděpodobná nenulová hustota energie vakua vyvolaná zakřivením prostoročasu.

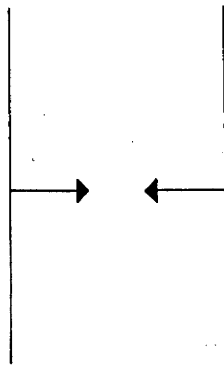
### Černé díry

Gravitační kolaps nám poskytuje vzácnou příležitost pro aplikaci kvantové teorie pole, protože v té vzdálené oblasti, ve které může být pozorovatel lokalizován v praxi, je prostoročas přibližně plochý. Z tohoto důvodu může být asymptotická situace popsána v termínech částic.

Analýza tohoto zjevně velice komplikovaného problému provedl s dalekosáhlými důsledky Stephen Hawking /17/. Kolaps, například sférické hvězdy, narušuje počáteční vakuum kvantového pole a vyvolává tok částic z kolabujícího objektu. Situace je téměř analogická urychlovanému pozorovateli znázorněnému na obr. 1. Kolem kolabující hmoty se vytváří horizont událostí, vyskytuje se zde nekonečný rudý posuv z povrchu. V tomto případě B odpovídá vzdálenému /inerciálnímu/ pozorovateli, který



OBR. 1



OBR. 2

z bezpečné vzdálenosti sleduje kolaps. Výsledek je stejný. Pozorovatel zjistí tok tepelného záření vycházející z černé díry. Teplota tohoto záření absolutně nezávisí na detailech hvězdy resp. historii jejího kolapsu, závisí pouze na hmotě hvězdy  $M$  prostřednictvím vztahu

$$T = \frac{hc^3}{8\pi G M k} \approx 10^{-6} \frac{M_{\odot}}{M} / K$$

Poněkud složitější výrazy byly odvozeny pro rotující a elektricky nabitě černé díry.

Překvapující Hawkingův objev je velkým povzbuzením pro celou kvantovou teorii pole v zakřiveném prostoročase. Vytvořené částice produkují tok záření v asymptotické oblasti, ve které je prostoročas plochý. Tento tok může být relativně bez potíží vysvětlen jako tok energie vycházející z černé díry. Z toho vyplývá, že s klesající hmotou se musí černá díra smršťovat. Nicméně, s klesající hmotou roste teplota. Eventuelně se může stát, že černá díra úplně zmizí v explozivním záblesku záření. Takový konec však mohl potkat pouze černé díry mikroskopické velikosti, které snad byly vytvářeny v počátečních fázích big-bangu - černá díra s hmotou ekvivalentní jedné hmotě sluneční má nepatrnou teplotu  $10^{-6}$  K a kvantové efekty jsou zanedbatelné.

Fakt, že černé díry mají teplotu, naznačuje, že tyto objekty se mohou v jistém smyslu nacházet v tepelné rovnováze. To znamená, že mohou být popsány pomocí termodynamiky /podrobnou diskusi možných souvislostí mezi fyzikou černých děr a termodynamikou obsahují články J.D.Bekensteina v Phys.Rev.D: 2,3292, 1974 a Phys. Rev. D: 12, 3077, 1975 a S.W.Hawkinga v Phys.Rev.D: 13,191, 1976 - pozn. překl./ . Přímé analogie zákonů termodynamiky byly aplikovány na černé díry dokonce ještě před Hawkingovým objevem /18/. Na základě termodynamiky mohou být objeveny zcela nové vlastnosti černých děr /19/. Například se zdá, že černé díry při vysokých hodnotách úhlového momentu resp. elektrického náboje podléhají jakémusi termodynamickému fázovému přechodu. Ačkoliv jde jen o předběžné názory, mnozí lidé věří, že Hawkingův objev ohlašuje začátek objevů nových důležitých souvislostí mezi gravitací, termodynamikou a kvantovou teorií, s důsledky zasahujícími daleko mimo oblast černých děr.

Některé hádanky však zůstávají nezodpovězeny. Co vidí pozorovatel, který padá na černou díru? Jakým způsobem působí záření zpětně na černou díru, zapříčinujíc její smršťování? Co se děje s baryony tvořícími kolabující hvězdu, která zjevně úplně mizí? Kde přesně je záření produkované?

K zodpovězení těchto hádanek je potřebné znát to, co se děje v blízkosti a též uvnitř černé díry, kde je zakřivení prostoročasu srovnatelné s vlnovou délkou daného záření a pojem částice ztrácí smysl. Některé užitečné fakty byly získány pomocí výpočtů /20,21/ tenzoru energie a hybnosti. Ačkoliv tyto výpočty byly dosud konány pouze v dvourozměrném modelu, základní

vlastnosti Hawkingova procesu tento model odráží.

Výsledky ukazují, že z hlediska souřadnicové soustavy pozorovatele umístěného v nějaké pevné vzdálenosti od centra hvězdy hvězda vyhlíží jakoby byla jakýmsi oblakem statické negativní energie. Tato hustota energie je někdy nazývána polarizací vakua a připomíná to, k čemu dochází mezi vodivými deskami při Casimirově efektu. Je vyvolána statickým zakřivením prostoru kolem hvězdy a její intenzita prudce klesá s rostoucí vzdáleností od středu hvězdy. Pokud se hvězda smršťuje, na tento oblak se nakládá stálý tok energie. Ve větší vzdálenosti je tento tok jediným příspěvkem k tenzoru napětí a představuje vlastně ono záhadné Hawkingovo záření. Tok vychází hlavně z povrchu, nicméně z určité části též z nitra hvězdy. To však neznamená, že částice se vytvářejí právě tam. V této oblasti částice nejsou příliš dobře definovány.

Když se hvězda smrští pod horizont událostí, oblak negativní energie může proudit do černé díry, což by vyvolalo pokles hmotnosti i rozměrů této černé díry. Přesný efekt tohoto jevu na kolabující hmotu je však dosud nejasný.

Rozlišení mezi složkami toku a polarizace vakua je však poněkud umělé, jelikož závisí pouze na souřadnicové soustavě použité pozorovatelem. Pokud pozorovatel padá na černou díru, situace je zcela odlišná. V průběhu svého pádu "projíždí" oblakem statické negativní energie, takže se mu tento oblak nejeví jako statický, ale jako nějaký vycházející tok negativní energie. V době, kdy tento padající pozorovatel dosáhne horizontu událostí, tok negativní energie je stejný co do rozsahu, ale opačný v znaménku ve vztahu k Hawkingovu toku. Tedy, padající pozorovatel nevidí většinu záření, které může pozorovat jeho kolega nacházející se v nekonečnu. Tato situace se shoduje s analogickou situací znázorněnou na obr. 1. Na tomto obrázku inerciální pozorovatel A, který, připomenme si, v Minkowského prostoru nevidí žádné částice, odpovídá padajícímu pozorovateli vstupujícímu do černé díry.

Kvantová pole, která mají pro "vypařování" černých děr největší význam, jsou vesměs nehmotná /odpovídají částicím, které nemají klidovou hmotnost - pozn. překl./ - jde o pole elektromagnetické, neutrinové a, což je poněkud paradoxní, o samotné gravitační pole. Pokud gravitony reálně existují, v průběhu vypařování mohou být též vyzařovány. Výpočty /22/ ukazují, že asi 2 procenta "vypařovací" svítivosti budou připadat na gravitony, 17 procent na fotony a 81 procent na neutrina. V případě rotující černé díry podíl gravitonů vzrůstá. Hawkingův proces tak vytváří neobvyklou soustavu, ve které jsou gravitonové procesy co do účinnosti srovnatelné s procesy elektromagnetickými. Spíše než by měly být kvantové gravitační efekty omezeny na relativně nezajímavou škálu  $10^{-33}$  cm, zdá se, že mohou působit v rozsahu škál mnohem větších, řekněme  $10^{-14}$  cm, přičemž mohou vyvolávat výrazné změny v chování silně gravitujících systémů. Takové změny by měly být principiálně pozorovatelné. Například by bylo možné měřit změny poloměru dráhy černé minidíry s hmotou asi  $10^{-14}$  g, která obíhá kolem Slunce.

Vzrůst orbitálního poloměru by totiž měl být velice závislý na rozsahu ztráty hmoty, zahrnující v to i ztrátu hmoty vyvolanou gravitony.

Nové výsledky posledních pěti let podstatně zvýšily zájem o kvantovou teorii gravitace. Výzkum této oblasti může přinést významné pokroky v takových dosud zdánlivě nesouvisejících oblastech, jako jsou černé díry, termodynamika a kosmologie. V příštích pěti letech lze proto očekávat velmi zajímavé výsledky.

Z anglického originálu "Quantum field theory in curved space-time", uveřejněného v Nature, 263, No. 5576, 377-380, 1976, se svolením autora i vydavatele přeložil Zdeněk Urban

#### Literatura

1. Quantum Gravity - An Oxford Symposium /edit. by Isham C.J., Penrose R., and Sciama D.W./, Oxford University Press, Oxford 1975
2. Ashtekar A., Magnon A., Proc.Roy.Soc., A346, 375 /1975/
3. Fulling S.A., Phys.Rev.D: 7, 2850 /1973/
4. Gibbons G.W., Hawking S.W., Cosmological Event Horizons. Thermodynamics and Particle Creation, Univ. Cambridge, preprint
5. Davies P.C.W., J.Phys.A, 8, 609 /1975/
6. Unruh W.G., Phys.Rev.D: 14, 870 /1976/
7. De Witt B.S., Phys.Rep., 19, 295 /1976/
8. Ford L.H., Phys.Rev.D: 11, 3370 /1975/
9. Casimir H.B.G., Proc.Kon.Ned.Akad.Wetenschap., 51, 793 /1948/
10. Tabor D., Winterton R.H.S., Proc.Roy.Soc., A312, 435 /1969/
11. Fulling S.A., Davies P.C.W., Proc.Roy.Soc., A348, 393 /1976/
12. Parker L., Phys.Rev.Lett., 21, 562 /1968/, Phys.Rev., 183, 1057 /1969/, Phys.Rev.D: 3, 346 /1971/
13. Zeldovich Ya.B., Zh.Eksp.Fiz.Pisma Red., 12, 443 /1970/, Zeldovich Ay.B., Starobinskii A.A., Zh.Eksp.Teor.Fiz., 61, 2161 /1971/
14. Lukash V.N., Starobinskii A.A., Zh.Eksp.Teor.Fiz., 66, 1515 /1974/
15. Parker L., Fulling S.A., Phys.Rev.D: 7, 2357 /1973/, 9, 341 /1974/
16. Streeruwitz E., Phys.Rev.D: 11, 3378 /1975/
17. Hawking S.W., Comm.Math.Phys., 43, 199 /1975/
18. Carter B., in Black Holes /edit. by De Witt B.S., and De Witt C./, Gordon and Breach, 1973



19. Davies P.C.W., Proc.Roy.Soc., v tisku  
 20. Davies P.C.W., Fulling S.A., Unruh W.G., Phys. Rev.D:  
13, 2720 /1976/  
 21. Davies P.C.W., Proc.Roy.Soc., A351, 129 /1976/  
 22. Page D.N., Phys.Rev.D: 13, 198 /1976/

#### Texty k obrázkům

- Obr. 1. Pozorovatel B podléhá rovnoměrnému zrychlení, zatímco A zůstává v klidu. Světelné paprsky procházející počátkem soustavy souřadnic, ke kterým se přibližuje dráha B, vytvářejí horizont událostí. Tato oblast prostoročasu je "černou dírou" - světlo blížící se k B v blízkosti horizontu podléhá velkému rudému posuvu vlivem Dopplerova efektu. Pozorovatel B popisuje stavy částic zcela jinak, než pozorovatel A, který vchází do černé díry.
- Obr. 2. Casimirův efekt. Ve vztahu k okolnímu vakuu má prostor mezi paralelními vodivými deskami negativní energii, přičemž tato energie mezi deskami vytváří jakýsi rovnoměrný oblak. Výsledkem je existence elektromagnetických přitažlivých sil mezi deskami a to dokonce i tehdy, když desky nenesou žádný elektrický náboj a když se v dané oblasti nevyskytují žádné fotony.

## KOSMICKÉ ROZHLEDY BLAHOPŘEJÍ

Mezi pracovníky Astronomického ústavu ČSAV přibyl nový laureát státní ceny Klementa Gottwalda. Je jím Ing.Milan Burša, Dr.Sc., vedoucí oddělení dynamiky sluneční soustavy. Státní cena byla Dr.Buršovi udělena za objevné výsledky výzkumu polí přitažlivosti a tvaru Země a Měsíce a převzal ji 29.dubna 1977 ve Španělském sále Pražského hradu.

Srdečně blahopřejeme.

Redakční kruh Kosmických rozhledů

## Z NAŠICH PRACOVIŠŤ

Dr. J. Široký provedl obsáhlý průzkum vědomostí z astronomie u žáků 9. roč. ZDŠ a 2. roč. gymnázia. Připojený článek přináší informace o prvním z obou testů a o hlavních výsledcích. Je to první průzkum znalostí žáků z astronomie na našich školách, který splňuje reprezentativností výběru a způsobem provedení podmínky objektivní statistické informace. Dává podněty k zamýšlení nejen pokud jde o průřez znalostí žáků, nýbrž i se zřetelem k osnovám, návaznosti astronomie na jiné předměty a metodice výuky.

V naší zemi je tradičně živý zájem jak dospělých tak zejména mládeže o astronomické poznatky. Díky Čs. astronomické společnosti a rozvětvené síti lidových hvězdáren je u nás amatérská činnost a popularizace astronomie na poměrně vysoké úrovni. Se stavem výuky astronomie na školách však nemůžeme být spokojeni. Není plně doceněna důležitost astronomie pro všeobecné vzdělání a pro vytváření vědeckého světového názoru. Proto se pedagogická sekce Čs. astronomické společnosti soustřeďuje ve své práci právě na otázky výuky a modernizace osnov astronomie na základních a středních školách. Výzkum Dr. Širokého přináší řadu konkrétních výsledků, z nichž může sekce ve své práci vycházet. Vzhledem k mezipředmětové návaznosti jde o složitou problematiku. Jisté nelze chápat práci pedagogické sekce v této oblasti jako jednorázovou akci. K dosažení pozitivních výsledků bude třeba dlouhodobější trpělivé a soustavné práce. Vedení sekce proto uvítá náměty a připomínky k problematice výuky astronomie od všech členů ČAS a pedagogů, kteří se o tyto otázky zajímají.

Korespondenci zasílejte na adresu

Dr. B. Onderlička CSc.  
Astronomický ústav PF UJEP  
Kotlářská 2  
611 37 Brno

J. Široký

### Vědomosti žáků z astronomie

#### 1. část /žáci 9. roč. ZDŠ/

Učivo z astronomie je na současné základní devítileté škole /ZDŠ/ obsaženo z části v učivu zeměpisu v 6. ročníku, z části v učivu fyziky v 9. ročníku; o významných osobnostech /Koperník, Bruno/ se žáci učí v dějepisu v 7. ročníku. Abychom si ověřili, jaké jsou skutečné vědomosti žáků na konci 9. ročníku ZDŠ z astronomie, vypracovali jsme didaktický test typu volné odpovědi, který obsahoval jednak test vědomostí /otázky č. 2 až 17/, jednak dotazník, jímž byly zjišťovány zájmy žáků

/otázky č. 1 a 18 až 26/. Čtenáře KR nebudeme zdržovat statistickým zpracováním výsledků, které budou uveřejněny na stránkách jiných časopisů, případně sborníků; nyní chceme jen podat stručnou informaci o tom, které poznatky z astronomie můžeme považovat u náhodně vybraného vzorku žáků za základ jejich vzdělání z astronomie. Některé výsledky, získané rozborem odpovědí na otázky v dotazníku, byly zpracovány pro časopis Říše hvězd.

Průzkum se konal ve školním roce 1975/76 ve 22 třídách náhodně vybraných škol okresu Olomouc a obsáhl celkem 504 žáků; z toho bylo 246 chlapců /48,8 %/ a 258 dívek /51,2 %/. Základem byl předložený formulář testu, o jehož znění nebyli předem informováni ani učitelé, ani žáci; test obsahoval 26 položek a k jeho vypracování byla určena doba 20 minut. Test byl anonymní /žáci jen označili, zda jsou chlapec nebo dívka/ a psali jej ve druhé polovině června, kdy žáci již byli klasifikováni, takže ve třídách panovala klidná atmosféra. Žáci se nesnažili získat vědomosti od sousedů a bylo jim také zdůrazněno, že výsledky budou sloužit jen k výzkumným účelům. Otázky testu vědomostí č. 2 a 3 jsou vybrány z učiva dějepisu, ot. č. 4 až 7, dále 13 až 17 jsou z učiva zeměpisu /6. roč./ a otázky č. 8 až 12 z učiva fyziky v 9. ročníku ZDŠ.

Grafické znázornění výsledků je na obr. 1; vyšrafovaná plocha jednotlivých sektorových diagramů s číselným údajem v procentech znázorňuje relativní četnost správných odpovědí /čísla otázek jsou napsána ve středu každého diagramu/. Pro větší názornost jsou diagramy seřazeny podle počtu správných odpovědí - v testu byly otázky přirozeně seřazeny v pořadí 2 až 17.

Jako nejlépe zodpovězená otázka se ukázala ot.č.16, která se ptala na planetu, která obíhá nejdále od Slunce. Planetu Pluto uvedlo 345 žáků; odpověď 16a /10,7 %/ obsahovala jména dalších planet, zbytek 16b /20,8 %/ pak jsou žádné odpovědi nebo odpovědi "nevím". Velmi dobře byla zodpovězena také otázka č.5, která se tázala na příčinu zdánlivého denního pohybu Slunce po obloze, tj. střídání dne a noci. Správně odpovědělo 333 žáků, tj. 66,1 % celého souboru. Přitom je zajímavé, že chlapci odpověděli správně v 75,6 %, dívky jen v 57,0 %. Odpovědi, které nebyly správné, ale vyskytl se v nich pohyb Země, jsou označeny 5a /13,9 %/, ostatní nesprávné odpovědi, resp. žádné, jsou označeny 5b /20,0 %/.

Třetí odpovědi co do úspěšnosti byla odpověď na ot. č. 9, která zněla: "Je úplné zatmění Slunce pozorovatelné všude, kde je Slunce nad obzorem, nebo jen na některých místech zemského povrchu?" Tato otázka doplňovala ot. č. 8, která se tázala, jak vznikne zatmění Slunce. /Správné odpovědi na ot. 8 jsou však až na devátém místě/. Procento správných odpovědí na ot. č. 9 je snad dáno tím, že žáci mohli volit ze dvou alternativních odpovědí a nemuseli tedy nad formulací odpovědi příliš přemýšlet. Nesprávnou odpověď "všude" /9a/ uvedlo 14,7 % souboru, zbytek /9b, 19,4 %/ na otázku neodpověděl.

Čtvrtá v pořadí je odpověď na ot. č. 3, která zněla :

"Církev pronásledovala lidi, kteří zastávali učení, že Země obíhá kolem Slunce. Ještě v roce 1600 byl jeden italský filozof za toho učení upálen v Římě. Jak se jmenoval?" Počet správných odpovědí byl 317, tj. 62,9 % /Giordano Bruno/; z chybných odpovědí byl nejčastěji zastoupen Galileo Galilei /3a, 18,4 %/, Mikuláš Koperník /3b, 5,0 %/, žádné odpovědi jsou označeny 3c.

Otázka č. 13 se tázala na celkový počet planet sluneční soustavy. Správnou odpověď /9 planet/ dalo 280 žáků, chybné odpovědi jsou označeny 13a /žáci napsali buď sedm nebo osm planet, většinou zapomněli asi započítat mezi planety Zemí/, 13b jsou pak všechny ostatní odpovědi, včetně žádné odpovědi. Tato otázka předcházela ot.č. 14, která žáky vybízela k tomu, aby vyjmenovali planety, které znají.

V pořadí úspěšnosti se na šestém místě umístily odpovědi na ot. č. 2, která zněla takto: "V dávných dobách lidé věřili, že Země je středem vesmíru a kolem ní obíhají všechna kosmická tělesa. Tento názor zastávala i církev. Kdo první ukázal, že Země obíhá kolem Slunce?" O Koperníkovi se žáci učí v zeměpise, v dějepise i v občanské nauce. Proto je výsledek /54,6 % správných odpovědí/ poněkud horší, než jsme očekávali. Zajímavé je, že v počtu správných odpovědí u chlapců a dívek nebyl u této otázky prakticky žádný rozdíl. Nesprávné odpovědi /2a - Galilei/, /2b - Bruno/, 2c - ostatní, resp. žádné, včetně odpovědi "nevím".

Na sedmém místě se umístila odpověď na otázku č. 14, která vybízela žáky, aby vyjmenovali planety, které znají. Všechny planety vyjmenovalo 263 žáků, z toho 186 žáků /36,9 %/ je uvedlo v pořadí rostoucí vzdálenosti od Slunce. Někteří žáci, zřejmě pod vlivem vědecko-fantastické literatury, napsali také planetu "Transpluto"; odpovědi těchto žáků jsem uznal jako správné jen tehdy, jestliže vyjmenovali devět skutečně objevených planet. Nesprávné, lépe řečeno neúplné odpovědi, jsem rozdělil do tří skupin: 14a - názvy osmi nebo sedmi planet, 14b - tři až šesti planet, 14c pak odpovědi, které obsahovaly název jediné nebo žádné planety /měly sem být zařazeny také odpovědi s názvy dvou planet, ale taková odpověď se v celém souboru nevyskytla/. Na osmém místě se umístily odpovědi na ot. č. 15, která se ptala na planetu, která obíhá nejbližší Slunci. Je to první odpověď, která již nedosáhla 50 % správných odpovědí. Správnou odpověď /Merkur/ napsalo 246 žáků. Nesprávné jsou označeny: 15a - Venuše, 15b - Země, 15c - Mars a 15d všechny ostatní nesprávné odpovědi, včetně žádné odpovědi /20,4 %/.

Osmá otázka zněla: "Jak vznikne zatmění Slunce?" Vzhledem k tomu, že žáci v 9. roč. jsou při formulaci odpovědi poněkud neobratní, uznával jsem jako správné i méně přesné odpovědi, jako např. "Měsíc zakryje Slunce", "Slunce, Měsíc a Země jsou v jedné přímce a Měsíc je v novu", "Měsíc je mezi Zemí a Sluncem". Nesprávné odpovědi byly rozděleny do tří skupin: 8a - Slunce, Země a Měsíc jsou v jedné přímce /bez pořadí těles a bez určení, že Měsíc musí být v novu/, 8b - všechna tři tělesa jsou v jedné rovině, 8c - všechny ostatní odpovědi, včetně žádné, resp. odpovědi "nevím". Ačkoliv se tato látka probírala ve fyzice nedlouho před psaním testu, je počet správných odpovědí poměrně malý.

Dvanáctá otázka doplňovala otázky č. 10 a 11; tázala se na fázi, při níž může nastat zatmění Měsíce. Správnou odpověď /úplněk/ napsalo 213 žáků, tj. 42,3 %. Celkem 70 žáků /13,9 %/ napsalo chybnou odpověď /nov/ - tato odpověď je označena 12a. Celkem 176 žáků neodpovědělo nebo napsalo "nevím", dalších 35 žáků uvedlo odpovědi, z nichž je zřejmé, že jim není jasný pojem "fáze Měsíce", anebo že neznají názvy fází. Všechny tyto odpovědi jsou označeny jako 12b.

Sedmá otázka se ptala na datum letního slunovratu. Správně odpovědělo 188 žáků, více však bylo těch žáků, kteří na otázku neodpověděli nebo napsali "nevím" /odp. 7b, 45,4 %/; ostatní chybné odpovědi jsou označeny 7a /nejrůznější data z měsíců června a července, ovšem s výjimkou data 21. června. Otázka č. 17 byla poslední otázkou, která se týkala sluneční soustavy a současně poslední otázkou testu vědomostí. Žáci měli odpovědět, která planeta je největší. Správnou odpověď /Jupiter/ napsalo 185 žáků. Z nesprávných odpovědí se na prvním místě objevuje Saturn /17a, 8,9 %/, dále Slunce /! /17b, 7,3 %/, Země /17c, 7,3 %/ a ostatní odpovědi, včetně "nevím" pak 17d /39,7 %/. Vinu na poměrně horším výsledku má zřejmě učebnice zeměpisu, kde jsou fotografie Jupitera a Saturna, není však výslovně napsáno, že největší planetou je Jupiter.

Poslední čtyři otázky následují takto: na třináctém místě se umístily odpovědi na ot. č. 10 /"Jak vznikne zatmění Měsíce?"/ a na čtrnáctém č. 11 /"Je úplné zatmění Měsíce pozorovatelné všude, kde je Měsíc nad obzorem, nebo jen na některých místech zemského povrchu?"/. Procento správných odpovědí je na obě tyto otázky prakticky stejné, u ot. č. 10 je zarážející procento žáků /10c, 53,2 %/, kteří na otázku neodpověděli vůbec. Rovněž malý počet správných odpovědí /prakticky jen čtvrtina souboru/ je na ot. č. 4, která se tázala na vzdálenost Země od Slunce. Na otázku správně odpovědělo podstatně více chlapců /32,9 %/ než dívek /17,1 %/. Celkem 278 žáků na otázku neodpovědělo /4b, 55,2 %/, u zbývajících /4a, 20,0 %/ se vyskytly nejruznější odpovědi - od 3 tisíc km přes poloměr Země až k hodnotám několika miliard km; několik žáků dokonce napsalo vzdálenost ve světelných rocích. Vzhledem k tomu, že jde o velmi důležitý údaj, nemůžeme být s výsledkem spokojeni: neznají-li žáci vzdálenost Země od Slunce, nemají jistě ani základní představu o ostatních vzdálenostech ve sluneční soustavě. Poslední místo z otázek testu vědomostí obsadila odpověď na ot. č. 6, která se tázala na příčinu střídání čtyř ročních období. Správných odpovědí /sklon zemské osy/ bylo jen 69, tj. 13,7 %. Na otázku neodpovědělo 125 žáků /24,8 %/ a 132 žáků /26,2 %/ napsalo buď "oběhem Země kolem Slunce" nebo "otáčením Země kolem Slunce" - tyto odpovědi nebyly uznány za správné, i když snad v některých případech byly dobře míněny. Oběh Země kolem Slunce je sice pro střídání ročních období podmínkou nutnou a udává rytmus střídání, avšak v odpovědích chyběla další nutná podmínka - sklon zemské osy vzhledem k rovině oběhu Země kolem Slunce. Z nesprávných odpovědí se dosti často vyskytla odpověď, udávající jako příčinu střídání ročních období změnu vzdálenosti Země od Slunce /12,7 % !/. Ostatních chybných odpovědí 6c, včetně žádné odpovědi, bylo 47,4 %.

### Závěry

/a/ Rozborem odpovědí žáků 9. roč. ZDŠ se ukázalo, že žáci mají velmi dobré vědomosti o planetách sluneční soustavy. Je třeba připomenout, že časový odstup od probírání těchto poznatků byl téměř tři roky, takže vědomosti v tomto směru jsou zřejmě trvalého rázu.

/b/ Poznátky o zatmění Slunce a Měsíce /učivo fyziky v 9. roč./ nejsou na žádané výši; tomuto učivu věnují učitelé fyziky asi malou pozornost /probírá se v závěru roku/, ačkoliv význam tohoto učiva, zejména pro výchovu k vědeckému světovému názoru, je bezesporný.

/c/ Učivo o významných osobnostech /Koperník, Galilei, Bruno/ si žáci poměrně dobře pamatují; více by však měl být ve výuce zdůrazněn význam M. Koperníka, zakladatele heliocentrické světové soustavy.

/d/ Lze předpokládat, že se někteří žáci znovu s některými partiemi učiva z astronomie v dalším studiu znovu setkají; platí to zejména o žácích gymnázia. Pro žáky čtyřletých učebních oborů s maturitou je sice učivo o sluneční soustavě ve stávajícím učebním textu z fyziky zařazeno, ale je označeno jako nepovinné. Přesto by je však učitelé neměli vynechávat a tyto poznátky žákům znovu připomenout.

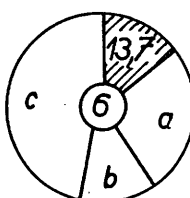
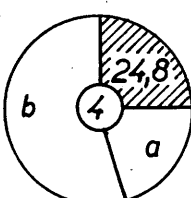
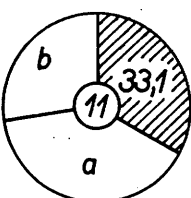
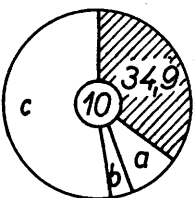
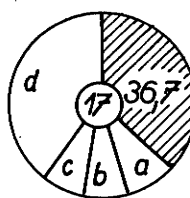
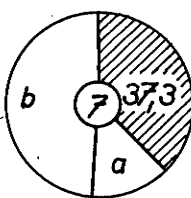
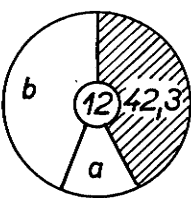
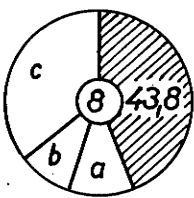
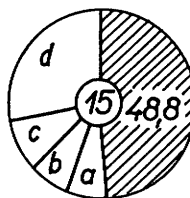
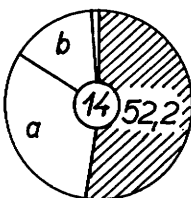
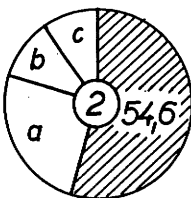
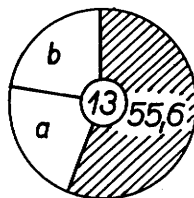
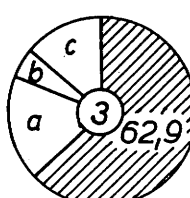
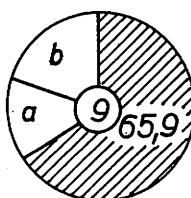
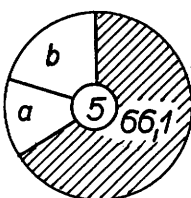
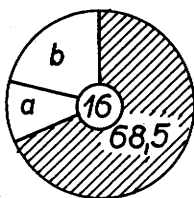
/e/ Učitelé zeměpisu by měli věnovat pozornost jevům zdánlivě samozřejmým /počátky ročních období, příčiny vzniku ročních období/, jakož i popisu zdánlivé dráhy Slunce nad obzorem.

/f/ Na většinu otázek odpovědělo správně větší procento chlapců než dívek. Na více než polovinu otázek odpovědělo správně 107 chlapců /43,5 %/, ale jen 78 dívek /30,2 %/.

/g/ Časopisy pro mládež /ABC, VTM apod./ by měly častěji přinášet články s astronomickou a kosmonautickou tematikou a doplňovat tak vědomosti, získané ve škole.

/h/ Velkou příležitostí k rozšíření vědomostí žáků ZDŠ z astronomie skýtají pionýrské tábory. Přednáška pracovníka lidové hvězdárny, doplněná pozorováním oblohy přenosným dalekohledem, by přinesla velký užitek a přispěla i k rozvoji praktických dovedností u žáků.

Obr. 1. Sektorové diagramy, znázorňující rozložení odpovědí na otázky testu vědomostí u žáků 9. ročníku ZDŠ /1976/ v procentech



## 2. část /žáci 2. roč. gymnázia/

V prvním ročníku gymnázia jsou v učivu fyziky zařazeny kapitoly Gravitační pole /14 h/ a Orientace na obloze a měření času /8 h/. Abychom zjistili, jaké jsou vědomosti žáků z astronomie, připravili jsme didaktický test, který obsahoval 30 otázek z učiva prvního ročníku a 10 otázek dotazníkového typu, jimiž se zjišťovaly zájmy žáků, návštěvy lidové hvězdárny a planetária, práce v zájmových kroužcích, vztah žáků k vyučovacím předmětům, četba literatury apod.

Test vědomostí byl typu vícenásobné volby odpovědi /ke každé otázce byly nabídnuty čtyři odpovědi, z nichž jedna byla správná/, byl vypracován v jedné variantě a byl anonymní /žáci jen označili, zda jde o chlapce nebo o dívku/. Správnou odpověď vyznačili žáci podržením; u otázky č. /9/ byl vyžadován krátký výpočet, pro nějž bylo ve formuláři vynecháno místo. Do dotazníku vpisovali žáci své odpovědi na určené místo /typ otázek s volnou odpovědí/. K vypracování testu vědomostí i dotazníku byla určena doba 30 minut, což bylo uvedeno v pokynech pro vypracování, které byly otištěny na první straně formuláře.

Průzkum jsem uskutečnil ve druhé polovině měsíce září školního roku 1976/77 a obsáhl 548 žáků /235 chlapců a 313 dívek/ v 17 třídách sedmi náhodně vybraných gymnázií Severomoravského kraje. Jeho konání povolilo pedagogické oddělení odboru školství Sm KNV v Ostravě. Pro lepší orientaci v odpovědích je budeme nyní označovat písmeny A, B, C, D - v původním testu takto odpovědi označeny nebyly, aby se znesnadnilo případné dorozumívání mezi žáky. Znění testu bylo utajeno jak před žáky, tak i před vyučujícími /látka nebyla tedy se žáky předem opakována/. Protože na gymnáziu jsou žáci, kteří byli přijati z 9. ročníku ZDS a žáci z 8. ročníku ZDS, byly výsledky zpracovány odděleně /žáci z 8. roč. měli upravený sled učebních látek/; samostatné podsoubory byly při zpracování vytvořeny i pro žáky z matematických a matematicko-fyzikálních tříd a pro žáky tříd humanitních. Žáci tříd M, resp. MF, tvořili 16,6 %, žáci přírodovědných tříd, přijatí z 9. roč. ZDS /v dalším přír.-9/ 42,5 %, žáci přírodovědných tříd, přijatí z 8. roč. ZDS /přír.-8/ 25,0 % a žáci humanitních tříd 15,9 % celého souboru. Ve třídách M, MF převládali chlapci /63,7 %/, ve třídách humanitních pak výrazně dívky /82,8 %/, ačkoliv i ve třídách přír.-9 a přír.-8 byla většina dívek /55,8 % a 56,9 %/.

Podrobný rozbor odpovědí by vyžadoval hodně místa, rovněž i statistické zpracování testu; proto zájemce odkazujeme na publikace, v nichž budou tyto údaje otištěny /Acta Univ. Palack. Olom., Matematika a fyzika ve škole, Říše hvězd/. Čtenáře KR chceme informovat o počtu správných odpovědí, proto jsme výsledky testu vědomostí sestavili podle klesajícího procenta počtu správných odpovědí /obr. 1/. Číslo otázek jsou napsána v kolečku uprostřed každého sektorového diagramu, správná odpověď je označena písmenem a ještě připsána relativní četnost správných odpovědí v procentech. V textu již tyto údaje nebu-



deme opakovat. Je samozřejmé, že v didaktickém testu byly otázky seřazeny v pořadí /1/ až /30/.

Na prvních pěti místech se umístily odpovědi na otázky v tomto pořadí /v závorce je uvedena správná odpověď/:

1. /6/ Která z devíti známých planet obíhá v největší vzdálenosti od Slunce? /D = Pluto/
2. /5/ Kolem Slunce obíhá devět velkých planet. Která obíhá nejbližší Slunci? /C = Merkur/
3. /15/ Církev tvrdě potlačovala heliocentrický názor a ještě v r. 1600 byl pro tento názor v Římě upálen jeden jeho zastánce. Jak se jmenoval? /D = Giordano Bruno/
4. /24/ Je známo, že většina planet má svou soustavu měsíců. Která z následujících planet má největší počet měsíců? /C = Jupiter/
5. /7/ Která planeta sluneční soustavy je největší? /B = Jupiter/  
Vidíme, že až na ot. /15/, která je historického rázu, se otázky týkají sluneční soustavy. Správně odpovědělo na tyto otázky více než 70 % souboru žáků. Na šestém až desátém místě se umístily tyto otázky:
6. /2/ Umělá družice byla vypuštěna z povrchu Země ve směru rovnoběžném se zemským povrchem rychlostí  $10 \text{ km s}^{-1}$ . Po jaké dráze se bude družice pohybovat? /Odpor vzduchu neuvažujte! / /B = po elipse/
7. /10/ Jaký úhel svírá rovina zemské dráhy /tj. rovina ekliptiky/ s rovinou světového rovníku? /A =  $23^\circ$ /
8. /22/ Co jsou meteory? /A = částice meziplanetární látky, rozžhavené v atmosféře Země/
9. /4/ Slunce je centrálním tělesem sluneční soustavy. V jaké vzdálenosti od Slunce obíhá Země? /B =  $150,10^6 \text{ km}$ /
10. /26/ Jaké podmínky musí být splněny, aby nastalo zatmění Měsíce? /B = Měsíc musí být v úplňku a na spojnici středů Slunce a Země/

Poznámka: Při odpovědi na ot. /26/ byli v nevýhodě žáci tříd přír.-8, kteří se učivo o zatmění, probírané ve fyzice v 9. ročníku ZŠ neučili; přesto však bylo u nich 46,7 % správných odpovědí. Tato poznámka se vztahuje i na otázku /27/.

Na jedenáctém až patnáctém místě se umístily odpovědi na tyto otázky testu vědomostí:

11. /21/ Kolem Slunce obíhá kromě devíti velkých planet značný počet těles, zvaných planetky. Ve které oblasti sluneční soustavy je soustředěno nejvíce planetek? /C = pohybují se mezi dráhami Marsu a Jupitera/
12. /23/ Co jsou komety? /C = tělesa, obíhající kolem Slunce po velmi protáhlých dráhách/
13. /14/ Ve středověku panoval názor, že Země je středem vesmíru a kolem ní obíhají hvězdy, planety i Slunce. Tento geo-

centrický názor, podporovaný církví, byl nahrazen až v 16. století názorem heliocentrickým. Jak se jmenoval astronom, který jako první vyslovil heliocentrický názor? /A = Miku-  
láš Koperník/

14. /8/ Planety se pohybují kolem Slunce po eliptických drahách. Ve kterém bodě dráhy má planeta největší rychlost? /A = v bodě nejbližším Slunci - v perihéliu/
15. /28/ Za jak dlouho dospěje světlo ze Slunce na Zemi? /C = za 8 minut/

S výjimkou ot. /28/ přesáhl u prvních čtrnácti otázek počet správných odpovědí 50 %. Můžeme proto považovat tyto výsledky za uspokojivé; některé otázky se ani v 1. roč. gymnázia neprobírají a žáci si je pamatují ještě ze základní školy, takže vědomosti v tomto směru jsou trvalého rázu.

Na šestnáctém až dvacátém místě jsou odpovědi na tyto otázky:

16. /13/ Čím je způsobeno střídání čtyř ročních období na Zemi? /D = sklonem zemské osy vzhledem k rovině oběžné dráhy Země/
17. /27/ Nastane-li zatmění Měsíce, kde na zemském povrchu lze pozorovat? /A = všude, kde je Měsíc právě nad obzorem/
18. /12/ Určitého dne vrcholí Slunce v místě na  $50^{\circ}$  severní zeměpisné šířky ve výšce  $50^{\circ}$  nad obzorem. V jaké výšce vrcholí Slunce téhož dne v místě na  $60^{\circ}$  severní zeměpisné šířky? /A =  $40^{\circ}$ /
19. /25/ U které z následujících planet nebyly měsíce objeveny? /A = Venuše/
20. /30/ Jaká je povrchová teplota Slunce? /B = 6000 K/

Poznámka: Otázka č. 30 není obsahem učiva fyziky v 1. ročníku gymnázia. Přesto počet správných odpovědí je potěšitelný /lepšího výsledku dosáhli chlapci - 45,9 %, zatímco dívky jen 31,6 %, žáci tříd M, MF odpověděli správně v 49,5 %/.

Na 21. až 25. místě se umístily odpovědi na otázky v tomto pořadí:

21. /20/ Hvězda má deklinaci  $+10^{\circ}$ . Jaká je její úhlová vzdálenost od severního světového pólu? /D =  $80^{\circ}$ /
22. /16/ Pozorovatel zjistil, že určitá hvězda prošla poledníkem při horní kulminaci ve výšce  $80^{\circ}$  nad severním obzorem, při dolní kulminaci byla právě na obzoru. V jaké výšce nad obzorem je pro dané pozorovací místo Polárka /severní světový pól/? /B =  $40^{\circ}$ /
23. /17/ V jaké výšce nad obzorem je Polárka pro místa na  $70^{\circ}$  severní zeměpisné šířky? /A =  $70^{\circ}$ /
24. /3/ Umělé družici byla v blízkosti Země udělena rychlost  $12 \text{ km s}^{-1}$ . Co se stane s družicí? /C = vzdálí se od Země a bude obíhat kolem Slunce/

25. /18/ Časový interval mezi okamžikem průchodu Slunce místním poledníkem a okamžikem místního poledne se v průběhu roku mění a je vyjádřen časovou rovnicí. Co je příčinou tohoto jevu? /D = nerovnoměrný pohyb Země v důsledku excentricity zemské dráhy/

Poznámka: K odpovědi na ot. /18/ je třeba poznamenat, že na průběhu časové rovnice se podstatně podílí i sklon zemské osy. V učebnici fyziky pro 1. roč. gymnázia jsou uvedeny obě příčiny, větší pozornost je však věnována nerovnoměrnému pohybu Země, jehož vliv na vznik časové rovnice je pro žáky pochopitelnější.

Na posledních pěti místech /tj. v pořadí 26. až 30./ se umístily odpovědi na tyto otázky:

26. /11/ V jaké výšce nad obzorem vrcholí Slunce v naší zeměpisné šířce /50° severní zeměpisné šířky/ v den jarní rovnodennosti? /B = 40°/
27. /1/ Gravitační zrychlení při povrchu Země je  $g$ , poloměr Země je  $R_z$ . Jak velké je gravitační zrychlení ve výšce  $h = Z_z$  nad povrchem Země, tj. ve vzdálenosti  $2 R_z$  od středu Země? /D =  $g/4$  /
28. /19/ Košice leží o 8° na východ od Plzně. V Plzni vrcholí určitého dne Slunce přesně ve 12<sup>h</sup>0<sup>min</sup> středoevropského času. V jakou dobu vrcholí téhož dne Slunce v Košicích? /B =  $\sqrt{11^h 28^{min}}$ /
29. /9/ Planetka má velkou poloosu dráhy 3 astronomické jednotky /tj. třikrát větší než je velká poloosa dráhy Země/. Jaká je přibližně její oběžná doba? /Vypočtete pomocí 3. Keplerova zákona./ /C = 5 roků/
30. /29/ Kolikrát je přibližně průměr Slunce větší než je průměr Země? /A = stokrát/

Posledních pět jmenovaných otázek nedosáhlo ani 20 % správných odpovědí, dvě z nich dokonce méně než 10 %. Na ot. /9/ byl vyžadován výpočet, ot. /29/ není přímo obsahem učiva v 1. ročníku gymnázia; na malý počet správných odpovědí na ot. /29/ má zřejmě vliv formulace textu v učebnici zeměpisu pro 6. roč. ZDS, jak jsme na to již upozornili ve článku o vědomostech žáků 9. ročníku ZDS.

Při statistickém zpracování testu vědomostí byl každému žáku přidělen za každou správnou odpověď jeden bod, bodový zisk jednoho žáka je označen  $x$ . Pro celý soubor vyšel aritmetický průměr  $\bar{x} = 14,020$  bodu, variance  $s^2 = 19,084$  a standardní odchylka  $s = 4,369$ . Výsledek lze pokládat za uspokojivý, neboť aritmetický průměr dosahuje 47 % variační šíře 30 bodů. Standardní odchylka je poměrně malá, tvoří 14,5 % variační šíře. Pro reliabilitu testu vyšla hodnota  $R = 0,71$ , takže test můžeme pokládat za dostatečně spolehlivý. Dále byly zkoumány korelace mezi jednotlivými otázkami testu vědomostí, korelace mezi otázkami testu vědomostí a odpověďmi v dotazníku, mezi známkou z fyziky na výročním vysvědčení a výsledky

testu, byla vypočtena šikmost i špičatost, jakož i senzibilita testu, která je dána hodnotami bodově-biseriálních koeficientů korelace mezi odpovědí na danou otázku a výsledkem testu. Tyto údaje však překračují rámeček tohoto článku.

#### Závěry:

/a/ Chlapci dosáhli u všech otázek testu vědomostí lepších výsledků než dívky  $\bar{x}_{Ch} = 16,468$ ,  $\bar{x}_D = 12,182$  bodu/. Testem dobré shody bylo zjištěno, že pro rozdělení četností můžeme u těchto obou dílčích podsouborů přijmout hypotézu o normálním rozdělení četností.

/b/ Nejlepších výsledků dosáhli žáci tříd M, MF  $\bar{x} = 16,231$ /, pak následují žáci přír.-9  $\bar{x} = 14,275$ /, žáci tříd přír.-8  $\bar{x} = 13,818$ / a nejméně úspěšní byli žáci ve třídách humanitních, kteří dosáhli nejmenší počet bodů  $\bar{x} = 11,345$ /. Je to přirozené, neboť jejich zájmy jsou orientovány jiným směrem.

/c/ Žáci přijatí na gymnázium z osmých ročníků ZDS prokázali prakticky stejné vědomosti jako žáci, přijatí z devátých ročníků ZDS.

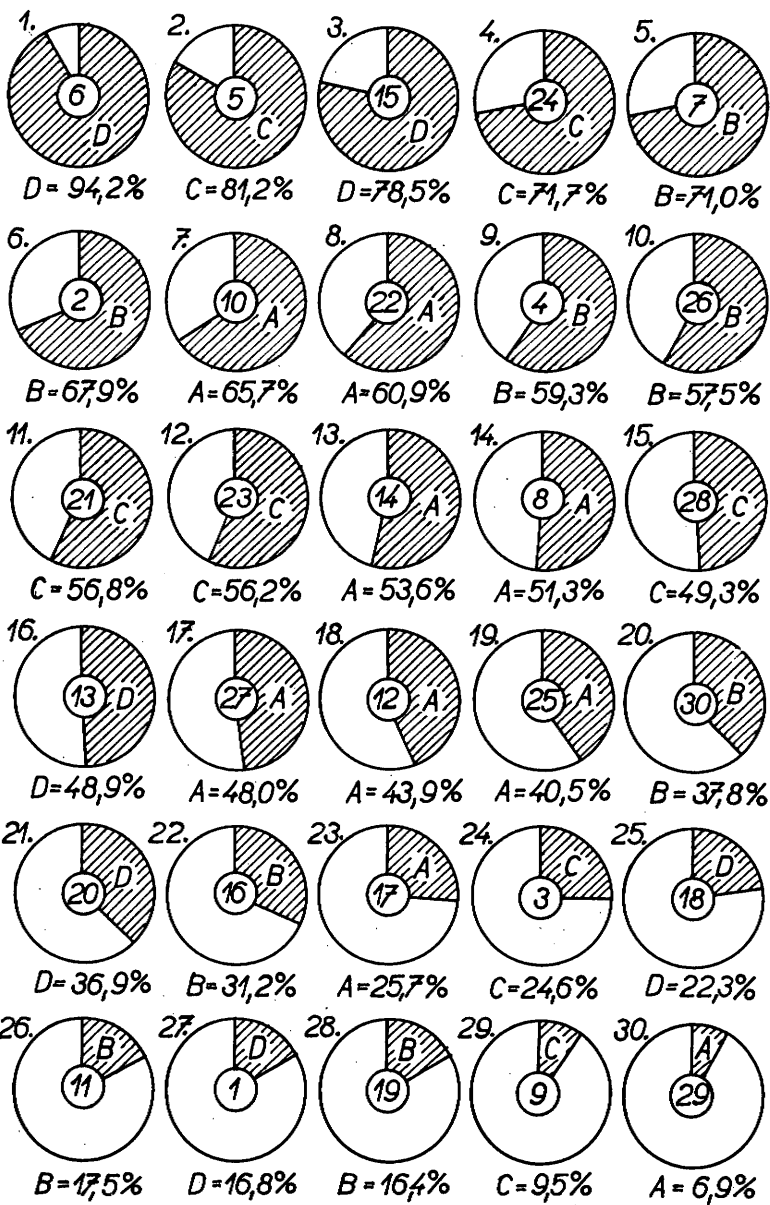
/d/ Můžeme předpokládat, že dobrou představu o planetách sluneční soustavy a o jejich rozměrech mají ti žáci, kteří odpověděli správně na ot. /5/, /6/ a /7/. Těchto žáků je 334, tj. 60,9 % souboru. Na tyto otázky odpověděly správně prakticky tři čtvrtiny chlapců /74,9 %/, ale jen polovina dívek /50,5 %/.

/e/ O malých tělesech ve sluneční soustavě, tj. otázky /21/, /22/ a /23/, má dobrý přehled jen 27,2% žáků - u žáků tříd M, MF to bylo však 41,8 %. Mezi chlapci a dívkami je velký rozdíl: na dané tři otázky odpovědělo správně 45,5 % chlapců, ale jen 13,4 % dívek.

/f/ Korelace mezi známkou z fyziky na výročním vysvědčení v 1. ročníku gymnázia a výsledkem testu vědomostí z astronomie je velmi nízká: u chlapecké části souboru má korelační koeficient hodnotu 0,274, u dívčí části jen 0,171; jde tedy jen o slabou korelaci. Je zřejmé, že vědomosti žáků z astronomie nemají na klasifikaci z fyziky téměř žádný vliv.

Obr. 1. Sektorové diagramy, znázorňující relativní četnosti správných odpovědí /v procentech/ na otázky testu vědomostí u žáků 2. ročníku gymnázia /1976/77/

/Dokončení příště/



Fotoelektrická fotometrie na observatoři Hvar  
II. Přístrojové vybavení, metoda zpracování, barevný systém  
a extinkce

P. Harmanec, J. Grygar, J. Horn, P. Koubek, S. Kříž, F. Žďárský,  
Astron. ústav ČSAV, Ondřejov  
P. Mayer, Katedra astron. a astrofyziky, MFF UK, Praha  
Z. Ivanović, K. Pavlovski, Hvar Observatory, Jugoslávie

V práci se definuje instrumentální systém UBV stejně  
jako barevné a extinkční koeficienty. Vychází se z pozorování  
uskutečněných v letech 1972-5. Stručně je popsána technika  
pozorování a počítačový program pro redukce fotometrických  
měření.

- pan -

Hmotnosti diskových galaxií a jejich poměr hmota-svítivost

B. Basu, Calcutta University, Calcutta, India  
A. K. Roy, Anuva Sengupta, Jadavpur University, Calcutta, India

Řešením dvourozměrných rovnic dynamiky plynné je výraz  
pro vlny hustoty, který závisí na několika galaktických para-  
metrech. Autoři na základě obdržení vztahů určili hmotnosti  
galaxií NGC 2903 / $1,24 \cdot 10^{11} \odot$ /, NGC 5005 / $2,21 \cdot 10^{11} \odot$ / a NGC  
5055 / $1,59 \cdot 10^{11} \odot$ /. Obdržené hodnoty jsou větší než výsledky,  
získané jinými metodami.

- pan -

Změny světelné křivky a perioda zákrytové proměnné AH Vir

G. A. Bakos, Univ. of Waterloo, Waterloo, Kanada

Světelná křivka byla získána na základě pozorování  
s pomocí žlutého a modrého filtru. Byly zjištěny značné změ-  
ny jasnosti v době maxima a minima křivky. Ukázalo se rovněž,  
že perioda roste nelineárně.

- pan -

Změny četnostního rozdělení skupin slunečních skvrn podle jejich  
velikosti v průběhu 11-letého cyklu

M. Kopecký, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Ve studovaném období let 1914 - 1964 je průběh změny  
četnostního rozdělení skupin podle jejich velikosti v různých  
11-letých cyklech poněkud různý. Převládající charakter těchto  
změn je takový, že v období maxima 11-letého cyklu se zmenšuje  
relativní počet malých skupin skvrn a vzrůstá relativní počet  
velkých skupin skvrn a v nich relativní počet abnormálně vel-  
kých skupin skvrn.

- aut -

Automatický komparátor pro měření malých posuvů spektrálních čar

P. Macák, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

V článku je stručně popsán přístroj umožňující rychlé automatické proměřování spektrogramů pro určení longitudinální komponenty magnetického pole resp. relativních radiálních rychlostí. Přístroj je určen pro zpracování spektrogramů pořízených slunečním horizontálním dalekohledem. Data jsou automaticky zaznamenávána na děrnou pásku pro pozdější zpracování počítačem. Při testování přístroje bylo určeno zakřivení spektrálních čar v okolí čáry  $H\alpha$  ve 4. řádu spektra.

- aut -

Sekulární pohyb střední délky a perigea Měsíce, způsobený poruchami gravitačních polí Země, Měsíce a Slunce

M. Burša, Astron. ústav ČSAV, Praha

Autor odvozuje vzorce pro sekulární členy v rozvoji pro střední délku a argument perigea Měsíce. Teserální a sekteriální harmoniky zemského gravitačního pole nemají na ryze sekulární změny vliv. V případě gravitačního pole Měsíce je situace jiná.

- pan -

Výšky meteorů odvozené z rychlostí pohasínání 18 000 čelných ozvén

B.A. McIntosh, National Research Council of Canada

M. Šimek, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Práce je založená na analýze kanadského materiálu radarových záznamů meteorů. Z poklesu amplitud ozvén charakterizujícího difúzní koeficient určují autori atmosférické výšky meteorů a statistické variace výšek v závislosti od různé kombinácie působících efektů. V zhode s jinými výsledkami vychádza autorom stredná výška 93 km. Autori detailne analyzovali priebeh zmien atmosférických výšek meteorů od výšky apexu a od lineárnej hustoty elektrónov a odvodili patričné grafické závislosti.

- Haj -

Vlastnosti antény ondřejovského meteorického radaru

V. Novotný, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

V práci se studuje vliv zemského povrchu na směrovou charakteristiku antén meteorického radiolokátoru. Tato charakteristika má dva laloky: Hlavní pro elevaci  $\epsilon = 49,5^\circ$ , vedlejší pro  $\epsilon = 17,5^\circ$

- pan -

Rotační teplota molekul CO v modelu fakule

R.C. Dubey, B.M. Tripathi, Uttar Pradesh State Observatory, Naini Tal, India

Uvedená teplota se počítala pro tři modely fakule. Porovnání s pozorováními vysvětluje pozorovanou rotační teplotu.

- pan -

Práce publikované v Bulletinu čs. astronomických ústavů  
Vol. 28, No 4

Rotační a turbulentní pohyby ve výtrysku z 1. září 1961

V. Ruždjak, Institute of Physics, Univ. Zagreb  
J. Kleczek, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Autoři zkoumají spektrum a profily čar tohoto útvaru na Slunci. Spektrum lze vysvětlit, budeme-li předpokládat rotační pohyb s rychlostmi 100 - 200 km/s na okraji výtrysku.

- pan -

Profily spektrálních čar slunečních spikulí

V. Ruždjak, Institute of Physics, Univ. Zagreb

Autor počítal profily čar rozšířených v důsledku tepelných, mikroturbulentních a rotačních pohybů a své výsledky porovnával s pozorováními.

- pan -

Statistické studium časové řady CaII flokulí a řad rádiových toků během 20. cyklu sluneční aktivity

M. Karlický, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Tato práce je pokusem svázat vývoj statistických charakteristik 20. cyklu sluneční aktivity /výkonových spekter, autokorelačních křivek, křížové korelace, křížových spekter/ s makroprojevy jeho vývoje, s přesouváním aktivních délek, s maximy a depresemi aktivity.

- aut -

Profily čar vznikajících v expandujících a vzdalujících se filamentech protuberance

T. Ciurla, B. Rompoldt, Astron. Observatory, Univ. Wrocław

Pro opticky tenké filamety protuberancí se počítaly profily čáry  $H\alpha$ . Autoři předpokládali, že filamety mají tvar válce nebo válcové vrstvy. Předpokládalo se, že na filamentu dochází k rozptylu slunečního záření.

- pan -

K otázce určování Loveho konstanty pomocí pozorování umělých družic

J. Kostelecký, VÚ geodézie, topografie a kartografie v Praze

Při určování vlivu slapových sil na umělé družice je nutné řešit vnější Dirichletovu úlohu. Je možné, že sférické nahrazení Země nebude při přesných pozorováních dostatečné. Jelikož Země připomíná více rotační elipsoid než sféru, je provedeno řešení pro rotační elipsoid.

- aut -



Variace zemské rotace způsobované sektoriálními a tesserálními harmonikami

M. Burša, Astron. ústav ČSAV, Praha

Zkoumají se variace rotační rychlosti způsobované čtyřmi členy v rozvoji potenciálu Země.

- pan -

Přístroj pro měření toku neutronů na balónech

J. Dubinský, K.Kudela, Ústav exper. fyziky SAV, Košice  
Ju.E.Jefimov, Ju.A.Čičikaljuk, Institut. teor. fiziki, Leningrad  
L.Michaeli, Elektrotechnická fakulta, Košice  
T.Vašek, Ústav nukleární techniky, Přemyšlení

V práci se popisuje přístroj pro měření celkového toku neutronů od "tepelných" energií do 1 MeV a pro odhad energetického spektra v oblasti 1 - 10 MeV. Přístrojem se měřilo v atmosféře a byl umístěn na výškových balónech.

- pan -

Fotometrie zatmění umělých družic Země pozorovaných in situ /2. část/

L. Neužil, I.Zacharov, Astron. ústav ČSAV, Ondřejov

Výsledky měření zatmění družice prováděná ve dvou spektrálních oborech s paluby INTERKOSMOSU 7 jsou v dobré shodě s měřeními z první části této práce. Tvar polostínu se neshoduje s teoretickými předpoklady o vlivu vysoké absorbující vrstvy s běžně přijímanými parametry.

- aut -

Poznámka k rychlým oscilacím sluneční rotace, které našel Čistakov

R.Antilla, J.Tuominen, Observatory and Astrophys. Laboratory, Univ. Helsinki

Autoři ukazují, že tyto rychlé oscilace pravděpodobně souvisejí se sklonem osy Slunce k ekliptice.

- pan -

## **NOVÉ KNIHY**

---

Milan Cadr: Vesmír dokořán. Vyd. Albatros, Praha 1976,  
293 str., cena 73 Kčs

V letošním roce uplyne právě dvacet let od vypuštění první umělé družice Země. Za tuto dobu bylo uskutečněno nepřeborné množství unikátních experimentů - a bylo o nich napsáno nepřeborné množství článků a knih. V zahraničí to byly

často velmi reprezentativní knihy zaplněné barevnými fotografiemi, nad kterými se kosmonautickým fanouškům tajil dech. I když Československo se od roku 1969 aktivně podílí na kosmickém výzkumu, podobná publikace u nás dosud chyběla.

Kniha známého kosmonautického televizního komentátora a šéfredaktora Květu dr. M. Coda /recensovaná ing. B. Růžičkou/ tuto mezeru do značné míry vyplňuje - dobrou třetinu tvoří většinou barevné a kvalitní /! / fotografie. A to nejen převzaté od zahraničních agentur, ale i pořízené během častých autorových návštěv ve Hvězdném městečku a v bytech kosmonautů. Toto bohaté obrazové vybavení způsobilo ovšem i poměrně vysokou cenu knihy.

Zajímavé je, že kniha byla vydána ve spolupráci českého nakladatelství Albatros v Praze a slovenského nakladatelství Mladé letá v Bratislavě a existuje proto v české i slovenské mutaci. Autor rozdělil knihu do sedmi kapitol, přičemž hlavní pozornost je věnována letům kosmonautů kolem Země a na Měsíc. První kapitola stručně informuje o možnostech praktických aplikací kosmonautiky a o naší účasti v programu Interkosmos. Druhá a třetí kapitola je věnována prvním letům kosmických lodí s posádkou a vývoji družicové stanice Saljut. Autor zde bohatě využil svých oficiálních i soukromých rozhovorů s řadou sovětských kosmonautů. Čtvrtá kapitola pojednává o expedicích Apollo na Měsíc, pátá o průzkumu Měsíce automaty. Meziplanetárními lety se autor zabývá v kapitole šesté, v poslední pak "nejnovějšími" kosmonautickými událostmi - letem družicové stanice Skylab, přípravami společného letu Sojuz - Apollo, sondami k Jupiteru atd. Zde se bohužel plně projeví chronická neprůžnost naší polygrafie - rukopis byl ukončen v roce 1973, v doplncích jsou zachyceny události do ledna 1975 /takže o letu Sojuz - Apollo v červenci 1975 se hovoří v budoucím čase .../

Kniha je psána poutavě a podává zajímavý průřez nejdůležitějšími událostmi "zlatých let" kosmonautiky. Sáhnu po ní jistě nejen mladí čtenáři, kterým je určena /od 13 let/, ale i "dříve narození", kteří začátky kosmonautiky pamatují.

P. Lála

Tadeáš Hájek z Hájku, 1525 - 1600. Universita Karlova, Praha 1976. 38 stran, cena Kčs 11,-

Sborník obsahuje celkem 6 referátů, které byly předneseny na konferenci o významu vědeckého díla Tadeáše Hájka z Hájku, uspořádané matematicko-fyzikální fakultou University Karlovy v pražském Karolinu dne 16. ledna 1975. Jsou to referáty: František Fabian: Význam T.H. z H. pro evropskou vědu druhé poloviny 16. století; Jiří Bouška: Významný český učenec T.H. z H.; Radovan Hendrych: T.H. z H. jako botanik; Ladislav Niklíček: H. jako lékař a protomedik Království českého; Vladimír Guth: T.H. z H. jako astronom; Vladimír Vanýsek: T.H. z H. a velká kometa z roku 1577. Velkou před-

ností tohoto sborníku tedy je, že přináší mnohostranný pohled na dílo naší vedoucí vědecké osobnosti druhé poloviny šestnáctého věku. Hodnocení Hájka jako astronoma je tu podáno v obou příspěvcích týkajících se tohoto tématu velmi přesně se zřetelným vystižením těch prvků, které v Hájkově díle byly nejvýznamnější. Stejně tak je třeba uvítat články hodnotící činnost Hájka jako botanika a lékaře; stalo se tak vlastně v tomto rozsahu v naší novější literatuře poprvé.

Přesto však právě rozsah sborníku je tím, nad čím je třeba se pozastavit. Je skutečně třeba litovat, že celý sborník setrval na krajní stručnosti. Příležitost k publikaci podobného sborníku se nebude brzy opakovat a ve srovnání s tím, jaká pozornost byla v literatuře věnována jiným osobnostem 16. a 17. století, tedy stále Tadeáši Hájkovi vzhledem k jeho významu zůstáváme mnoho dlužni.

Z. Horský

Ruth Breitschlová - Klepserová: Heilig ist mir die Wahrheit - Johannes Kepler. Aus dem Nachlass herausgegeben von Martha List. Kreuz Verlag, Stuttgart - Berlin. C 1976. 119 stran, 43 obrázků. Cena neudána.

Českého zájemce o astronomii jistě bude vždy zajímat i nově vznikající literatura o nejvýznamnějším cizím astronomovi, který dosud v Čechách pracoval - o Janu Keplerovi. Tím spíše jej zaujme kniha, jaká pod tímž názvem "Posvátnější je mi pravda" již jednou česky o Janu Keplerovi vyšla. Shoda je však pouze náhodná, český překladatel tak před lety změnil titul Saileho románu o Keplerovi a není ostatně divu, že tento fascinující Keplerův výrok upoutal i další autorku, aby jej nadepsala nad svou knihu o Keplerovi.

Recenzovaná kniha vlastně představuje torso. Autorka, spoluzakladatelka vydavatelství Kreuz, zemřela dříve, než stačila dokončit práci, k níž si více let sbírala materiál. O uspořádání tohoto materiálu k tisku a o obrazovou část se postarala pí Martha Listová, známá pracovnice Keplerovy komise při Bavorské akademii věd.

Na tom, že kniha vyšla v dané nehotové podobě, jistě spolupůsobil vztah autorky k vydavatelství, které knihu publikovalo. Přesto však snad právě torsální podoba je určitou předností: vydavatelka shrnula materiál pod čtyři záhlaví: Životní cesta - Člověk - Pracovní metoda - Životní dílo. Sem jsou soustředěny jednak autorčiny krátké texty, jež mají charakter zasvěcených poznámek či drobných aperçu k jednotlivým problémům, jednak v překladu výpisky z Keplerových spisů a korespondence, které se k těmto problémům vztahují. Nejzajímavější je v tomto ohledu poslední úsek, zahrnující i kapitoly "Pojem síly u Keplera", Kepler jako filosof a Keplerův vztah k dogmatu.

Knížka je doplněna stručnou chronologickou tabulkou  
Keplerova života a značně podrobným soupisem pramenů.

Z. Horský

## REDAKCI DOŠLO

### Máme špatnou adresu

V minulých týdnech zaujala astronomickou veřejnost zpráva o velmi významném objevu v naší sluneční soustavě - o objevu prstenců obklopujících planetu Uran.

Jistě je velmi pozoruhodné, když v době obřích dalekohledů a velmi složitých pozorovacích technik se podaří něco důležitého nalézt jednoduchou technikou fotoelektrické fotometrie relativně v naší těsné blízkosti. Podle mého názoru má však celá záležitost hluboké filozofické pozadí. Totiž je vidět, že trochu žijeme v sebeklamu, když si myslíme, že své blízké okolí máme prozkoumáno tak, že "nás již nic nemůže překvapit".

K tomu, abych vyjádřil své osobní potěšení nad shora uvedeným objevem mám však ještě jeden soukromý důvod. Dívám se totiž s krajní skepsí na snahu o navázání kontaktů s cizími civilizacemi; protože všude v podtextu těchto snah je cítit cíl vyřešit energetické, vývojové a podobné důležité problémy naší civilizace s cizí pomocí. Jsem přesvědčen, že tuto práci za nás k našemu prospěchu nikdo neudělá a že si musíme pomoci sami. Až tedy budou hledat naši vesmírní sousedé Zemí podle poselství vyleptaného do zlatých plaket na sondách Pioneer 10 a 11, nenajdou nás, protože u sedmé planety prsteneц nakreslen není.

J. Zicha

## PŘEČETLI JSME PRO VÁS

### Dvakrát záblesky záření gama

V posledních dvou letech se skutečnost, že počet teorií vysvětlujících kosmické záblesky záření gama roste úměrně s počtem pozorovaných záblesků, stala pomalu již konstantním zdrojem pobavení široké astronomické veřejnosti. V prosinci 1974, kdy

jsme znali 33 záblesků gama, bylo známo celkem 24 navzájem odlišných teorií. V době, kdy píšu tyto řádky, bylo pozorováno celkem 42 potvrzených a 2 resp. 3 nepotvrzené záblesky. Pokud se tedy konstanta úměrnosti mezi počtem pozorovaných záblesků a počtem teorií zachovává /33 záblesků: 24 teorií v roce 1974/, znamená to, že při počtu 42 /+2-3?/ záblesků musí v hlavách teoretiků spočívat přinejmenším ještě 8±1 dosud nepublikovaných teorií...

I.B.Strong, R.W.Klebesadel, W.D.Evans, Proc. 14<sup>th</sup> Int. Cosmic Ray Conf., Munich, August 1975, 234.

Pro záblesky gama bylo předloženo velké množství interpretací, např. expandující rázové vlny supernov, vznik neutronových hvězd, "hvězdotřesení" na neutronových hvězdách, neutronové hvězdy v dvojhvězdách, černé díry v dvojhvězdách, nové, bílé díry, vzplanutí na "normálních" hvězdách, vzplanutí na eruptivních hvězdách, erupce na bílých trpaslicích, pády komet na neutronové hvězdy, erupce na neutronových hvězdách, erupce v těsných dvojhvězdách, nukleární exploze na bílých trpaslicích, Jupiter, antihmota na konvenčních hvězdách, magnetické "láhve" a nestability ve slunečním větru, relativistický prach, nestability polarizace vakua v blízkosti rotujících černých děr, nestability v magnetosférách pulsarů atd. Teoretikům, chystajícím se vstoupit na toto rozvíjející se a nesmírně vděčné pole, bych rád připomenul, že se zde vyskytuje ještě množství dalších možných kombinací. Například, doporučoval bych propočítat právě jednu z takových dosud nepublikovaných možností: komety z antihmoty padající na bílé díry ...

M. Ruderman, Ann.N.Y.Acad. Sci., 262, 164 /1975/.

Přečetl Z. Urban

#### Tajný život astronomické manželky

"... laskavost, s níž Anna Surdejová dovolila svému manželovi, aby pozoroval na observatoři Haute Provence během jejich líbánek, je ovšem zvlášť pozoruhodná!"

Z poděkování autorů I. Surdeje a J.P.Swingse na závěr práce: H a K čáry ve spektru hvězdy HD 190 073, otištěné v Astr. and Astrophysics 54 /1977/, 219.

#### Kterak studovati dešťové srážky?

Teoreticky vzato by měla být vědecká práce tím přesnější, čímž více údajů se zdaří jejímu autorovi shromáždit. V praxi to však vypadá tak, že se velkým nákladem pořídí spousta údajů, a ty se pak nikdy řádně nevyužijí. Někdy je to průvodní jev příliš štědře podporovaného výzkumu; vědec, jenž si

musí větší část práce v terénu či laboratoři odříít sám, je obecně opatrný na to, aby neplytl svým časem. Jestliže však může na tuto práci nasadit oddíl asistentů, má sklonu uložit jim, aby pořídili mnohem více měření, prostě jen pro případ, že by se náhodou mohl k něčemu hodit. Vskutku, tu a tam se tato přebytečná pozorování k něčemu hodí. Většinou však značná část i toho nejlépe naplánovaného výzkumu dává výsledky, jež práchnivěji netknuty v archívech či dokonce zmizí v odpadkovém koši. Jindy se zase sepiše práce a pošle se dokonce k publikaci, i když bylo shromážděno nedostatečné množství informací. Je zkrátka nesnadné určit, kdy má člověk se sbíráním materiálu přestat.

Ještě větší problém pro vědce je rozhodnout se, jaký typ údajů se má vlastně získat. Jestliže se badatel uchází o kontrakt či stipendium, kdy k žádosti o podporu se vyžaduje rozepsat podrobný program výzkumu předem, pak se velmi pravděpodobně bude rozhodovat jinak, než kdyby rozhodnutí mohl odložit na dobu, kdy se ponoří do řešení problému. To bude zvlášt patrné tehdy, jestliže se osobně zabývá detaily práce, tj. jestliže je nepřenechá k řešení asistentům. Proto je podstatné, aby každý výzkumný úkol obsahoval doložku o pravidelných revizích či přeskupení záměrů výzkumu.

Je-li úkol řešen výzkumnou skupinou /týmem/, mohou být jakékoliv změny zaměření v průběhu výzkumu velmi těžké. Většinou se totiž členové týmu nedohodnou na tom, které změny jsou žádoucí. Dokonce i jednotlivý badatel se bude bránit modifikacím svého programu - přestože si uvědomuje jejich nutnost - jestliže by tím měl rozhněvat členy nějakého výboru, jimž má podávat hlášení o postupu své práce. Skutečně, členové výborů reagují podrážděně na takové modifikace a kárají každého, kdo jim sdělí, že původní návrh byl nesprávný - nejspíš proto, že výborové sami se cítí vinni, že na chyby hned nepřišli.

Můžeme tedy nasbírat jak příliš málo tak i příliš mnoho údajů, a můžeme také vršit čísla, jež vůbec neobsahují informace, které požadujeme získat. To je bohužel velice běžný případ, a často se jej dlouho nepodaří vůbec odhalit, jak se nedávno ukázalo v pracích o znečištování ovzduší. Řada lidí studuje problémy, jež se týkají přenosu chemikálií, obsažených v deštových srážkách, do půdy a do rostlin. Patrně nejznámějším případem je "kyselý déšť" pozorovaný ve Skandinávii, jenž je údajně působen škodlivinami jako je kysličník siřičitý. Škodliviny produkuje evropský průmysl a vítr je zaneší k severu. Jiné práce srovnávají růst obilí a stromů v čistých a znečištěných oblastech. Naneštěstí málokterý autor si dá tu práci, aby systematickou analýzou zjistil, které látky jsou skutečně sneseny deštěm.

Mnoho lidí, včetně samotných badatelů, to bude patrně považovat za překvapující odhalení, protože je známo, že velké množství odborníků v mnoha zemích studuje vzorky deštových srážek po tisících, stále přesnějšími metodami a pomocí stále důmyslnějších aparatur. Nelze skutečně pochybovat o vysoké přesnosti těchto měření. Jenomže naneštěstí všichni tito lidé nezkoumají déšť, nýbrž kapalinu, kterou shromáždili v dešto-

měru! A to je látka docela odlišná, poněvadž obsahuje jak chemikálie, jež se zúčastnily tvorby deštových kapek a další, jež kapky nasbíraly při svém pádu ve vzduchu, tak i sloučeniny, které se usadily v trychtýři deštoměru v době od posledního deště. Suchá usazenina v deštoměru je obecně větší, ba častokrát mnohem větší než množství téže látky obsažené v samotném dešti. Když si to lidé neuvědomí, a když neměří obě složky odděleně, dostanou tak velké chyby, s jakými se normálně ve výzkumu nesetkáváme.

A přitom pro tuto chybu není omluvy. Už několik let je k dispozici málo známá práce, jež ukazuje, jak podstatně se liší deštová voda od vody v deštoměru. Navíc je zcela jasné, že suché usazeniny chemikálií na poli, v obilí či v lese mnohokrát převyšují jejich zastoupení v dešti, ba dokonce i v "obohacené" deštové vodě.

Ti, kdo strávili mnoho času i námahy analýzami vzorků vody z deštoměrů domnívajíce se, že tím analyzovali déšť, však nemusejí zoufat. Jejich data nejsou rozhodně bezcenná - pouze se nehodí k účelu, pro nějž byla získávána. To je ve vědě docela obvyklý úkaz a nabádá nás k tomu, abychom pochybovali o příliš proorganizovaných výzkumech. Zvláště nedůvěřiví bychom měli být tehdy, když jsou úkoly objednány zákazníky, kteří soudí, že mohou zaručit obstarání potřebných nových informací vždy, když do výzkumu vrazí dostatek peněz.

Kenneth Mellanby, Nature 263 /1976/, 7. Překlad -jg-

## ORGANISAČNÍ ZPRÁVY

### 3. pracovní porada předsedů poboček ČAS

Jarní schůze předsedů poboček ČAS v tomto roce se konala 29. dubna v sympatickém prostředí Hvězdárny ve Valašském Meziříčí. Zúčastnili se jí předsedové všech poboček ČAS v CSR, vyjma pobočky v Č. Budějovicích, a zástupci PÚV ČAS a ÚRK ČAS: Dr.V.Letfus, CSc., prof. O.Hlad, F.Hřebík, Dr.B.Topolová, CSc. a M.Šulc.

Jednání pracovní porady se týkalo poměrně obsáhlé řady otázek, proto z obsahu vyjímám jen to nejdůležitější.

O celkovém stavu činnosti poboček a sekcí Společnosti hovořili Dr.V.Letfus, CSc. a F.Hřebík. Vyslovili názor, že za poslední dva roky se činnost poboček a sekcí celkově zlepšila. Zlepšení práce poboček napomohlo i svolávání pracovních porad jejich předsedů /v r. 1976 se konaly v Praze a v Brně/, na nichž se řeší některé konkrétní problémy lépe než na zasedání ÚV ČAS. Přes toto obecné zlepšení však stále existují ne-

dostatky. Projevují se především v rozdílné úrovni práce jednotlivých poboček a sekcí. Úkolem poboček je informovat členy ČAS a řídit jejich odbornou práci /ve spolupráci se sekcemi/. Zůstává také skutečností, že některé sekce nepracují a v jiných aktivitě spočívá na jednotlivcích. Velkým nedostatkem je špatná evidence členů sekcí. V r. 1972 byl proveden pokus o zjištění zájmu členů ČAS o členství v sekcích, výsledek však nebyl uspokojivý. Chybí také propagace práce sekcí. /K zlepšení evidence členů sekcí je nutné, aby na přihláškách nových členů ČAS byla vždy uvedena sekce, ve které má zájem člen pracovat./

Novinkou v práci poboček je navazování smluv s lidovými hvězdárnami. Po dlouhém období, kdy byl vztah poboček a hvězdáren /které často představovaly materiální základnu pro činnost členů ČAS/ komplikovaný, učinilo 7. volební shromáždění delegátů ČAS v této věci jasno. Pobočky v Praze, Teplicích, Valašském Meziříčí a Brně vyhotovily smlouvy, kterými se upravuje spolupráce s "řídicí" hvězdárnou v obvodě působnosti pobočky /v květnu vyhotovila tuto smlouvu i pobočka v Hr. Králové/. Podrobněji o těchto smlouvách bude referováno v dalším čísle KR.

Negativním rysem v práci poboček je opomíjení některých nutných administrativních náležitostí. Podle pracovního řádu je povinností poboček svolávat čtvrtletné schůze výboru a rovněž s touto frekvencí zasílat hlášení o činnosti. Zápisy ze schůzí nutno zasílat sekretariátu. Ukázalo se, že za l. čtvrtletí zaslaly hlášení pobočky v Praze, Val. Meziříčí a Brně. Zápisy ze schůzí zaslaly rovněž jen tyto pobočky a pobočka v Teplicích. Tato nekázen sice umožňuje žít pobočkám a především jejich výborům "nerušeně", ale také je zbavuje jakékoliv pomoci ze strany nadřazených orgánů při řešení jejich pracovních problémů.

Bylo poznamenáno, že v některých pobočkách by bylo užitečné zkoumat možnost ustavení závodní nebo okresní skupiny ČAS podle §§ 15 a 16 Pracovního řádu pro pobočky.

Radostné bylo zjištění skutečnosti, že se zlepšila odpovědnost členů vůči Společnosti. Podarilo se totiž úspěšně zlikvidovat nedoplatky členských příspěvků za uplynulé roky. K datu porady bylo také zapláceno již 70 % příspěvků za rok 1977.

Předsedové poboček byli seznámeni s usnesením PÚV o udělení Čestných uznání za mimořádné zásluhy. Výbory poboček mají možnost předložit tyto návrhy sekretariátu do konce září 1977.

Na závěr porady vyjádřili účastníci díky předsedovi hostitelské pobočky ing. B. Malečkovi za pomoc při uspořádání porady.

Příští pracovní porada předsedů poboček se bude konat koncem října 1977 v Teplicích.

M. Šulc



# VESMÍR SE DIVÍ

Výpisky z učebnice zeměpisu pro 5. ročník základních škol - I. část pokusné učebnice - autor Pavel Janega.  
Schváleno MŠ ČSR v. n. z 15.7.1976 č.j. 19 125/76 - 200  
Rozmnoženo pro potřebu učitelů experimentálních škol  
/šk.r. 1976/77/

str. 3, text k obrazu 1  
Pohled na Zeměkouli z Měsíce. Fotografii zhotovil přístroj z rakety, která oblévala měsíc ve výšce 2000 km.

str. 4  
Globus je velmi zmenšený model Země. Je sestaven tak, že se otáčí kolem osy, která prochází středem globusu. Podobně jako globus i Země se otáčí kolem zemské osy. Zemská osa měří zhruba 12 700 km.

str. 6  
Slunce osvětluje pouze tu polovinu zeměkoule, která je k němu obrácená.

str. 7  
6. Jak se nazývá myšlená přímka, kolem níž se Země otáčí?  
7. Jak je dlouhá zemská osa?

str. 8  
Vědci vyzbrojeni rozličnými hvězdářskými přístroji zjistili, že ve vesmíru jsou milióny hvězd, které jsou seskupené do hvězdných soustav. Takovéto seskupení hvězd se nazývá galaxie. Hvězdy, které vidíme na obloze, patří do hvězdné soustavy, která se nazývá Mléčná dráha. Nazývá se tak proto, že ji vidíme na noční obloze jako široký, jasně světélkující pás hvězd. Patří do ní i Slunce a Země, Mléčná dráha je proto naše Galaxie. ... Galaxie má čočkovitý tvar a sluneční soustava je na jejím okraji.

str. 9  
Lidé od dávných dob spojovali jednotlivá souhvězdí do skupin, které nazývali souhvězdí ... Země se otáčí kolem své osy jednou za 24 hodin. Nám se proto zdá, že celá hvězdná bán se otočí kolem osy, jejíž severní pól tvoří hvězda Polárka. ... hvězdy opisují po obloze během 24 hodin kruh. ... Za rok oběhne Země kolem Slunce a proto se nám zdá, že hvězdy vykonávají i zdánlivý roční pohyb. Projevuje se tak, že v jednotlivých ročních obdobích vidíme jednotlivá souhvězdí v jiné a jiné poloze vzhledem k Polárce. V atlase /1. strana/ je znázorněna hvězdná obloha, na níž je poloha souhvězdí ve čtyřech ročních obdobích. Najdete na severní obloze Polárku, Velký vůz, Malý vůz. Ukažte souhvězdí Cassiopeia /tvoří obrazec písmene M/ a Drak. Všimněte si polohy těchto dvou souhvězdí vzhledem k Polárce na podzim, v zimě, na jaře a v létě. Vidíte, že v období jednoho roku svoji polohu mění - vykonávají zdánlivý roční pohyb.

str. 10

Výbuch na Slunci. Z povrchu Slunce vytryskuje žhavá hmota do výšky až statisíce kilometrů. ... Slunce je více než milionkrát větší než Země. Na obloze jej však vidíme jako malé těleso, ...

str. 11, text k obrazu 11

Pohled na Jupiter, největší planetu sluneční soustavy, z hvězdařského dalekohledu. Planeta je částečně ve stínu. Uspořádání hmoty v pásy /jsou to zřejmě plyny/ je důsledek poměrně rychlého otáčení planety kolem osy. Skvrna na severní polokouli jsou asi zmrzlé plyny.

str. 11, text k obrazu 12

Planeta Saturn. Obepíná ji kolem dokola krásný stříbřitý prstenec. Tvoří jej drobná tělesa a usuzuje se, že je to hmota z rozpadlého Saturnova Měsíce.

str. 12

Okolo Země obíhají i umělé družice, které sestrojili lidé. Sovětští vědci vypustili první na světě takovou umělou družici /2. února 1959/. Dnes obíhají kolem Země stovky umělých družic. ... Na obloze se občas objeví komety. Mají jasně svítící jádro /hlavu/, které je složeno ze zledovatělých větších i menších balvanů a z drobného prachu. Za jádrem komety se táhne svítící chvost, dlouhý až několik milionů kilometrů. Mezi nejznámější komety patří Halleyho kometa, ...

str. 13

Měsíc - družice Země ... Podle postavení, které má mezi Zemí a Sluncem, jej vidíme buď úplně nebo částečně osvětlený. V době, kdy oběhne Měsíc okolo Země, /Měsíc oběhne kolem Země za 29 dní, 12 hodin a 44 minut/ projde všemi měsíčními čtvrtěmi: jsou to prvá čtvrt, úplněk, polední čtvrt, 4 - nov. ... Na Měsíci můžeme pozorovat ze Země i bez hvězdařského dalekohledu tmavší místa. Lidé se dříve domnívali, že jsou to obrovské vodní plochy a nazvali je proto moře. Jsou to např. moře Míru, moře Dešťů, Océán Bouřek apod. Ve skutečnosti to jsou obrovské pločiny, ...

str. 14

.. ale ve stínu vládne obrovský mráz /až  $-250^{\circ}\text{C}$ /. ... Povrch Měsíce v okolí Koperníkova kráteru. ... Některé krátery jsou široké několik set kilometrů, ... Většina měsíčních kráterů vznikla před miliony roků při dopadu větších i menších vesmírných těles na měsíční povrch.

str. 16

První, kdo dokázal, že Země obíhá kolem Slunce byl polský učenec Mikuláš Koperník. Teprve krátce před svou smrtí se odvážil uveřejnit svůj objev v knize.

str. 17

Průzkum vesmíru ukázal, že hvězdy a jejich seskupení jsou ve stálém pohybu a přeměně. Některé hvězdy na dlouhé věky vychladnou a zaniknou. Rozpadnou se v oblaka vesmírného prachu a plynů. Z nich vznikají nové, mladé, jasně zářící hvězdy. Hvězdy i celé hvězdné soustavy, galaxie - vznikají, vyvíjí se a zanikají.

str. 18

Obraz Venuše, který byl pořízen z meziplanetárních raket /skládá se z mnoha záběrů/. Planeta, kterou vidíme na obloze jasně svítit před východem a západem slunce /nazývá se proto zornicí nebo večernicí/ je zahalena do hustých oblaků /tvoří je hlavně kysličník uhličitý/.

Další výklad se týká spíše zeměpisu, ale i tady vyjímám:

str. 23

Pomocí poledníků a rovnoběžek určujeme světové strany.

str. 24

Jeden stupeň se dále dělí na 60 minut, ... jedna minuta se dělí na 60 sekund /označuje se 60"/. ... Od hlavního poledníku je 180 stupňů /180°/ na východ a 180 stupňů na západ. Poledník procházející stoosmdesátým stupněm je pokračováním hlavního poledníku na protilehlé straně globusu.

V kapitole ATMOSFÉRA začínající od str. 69 jsou také partie o ročních obdobích a dráze Slunce na obloze v průběhu roku.

str. 69

Atmosféra je uspořádána podle hmotnosti. Nejvíce vzduchu je v nejnižších vrstvách atmosféry, nad hladinami moří a nad nížinami.

str. 81

Od 21. června Slunce zase vychází a zapadá postupně jižněji, vrací se zpět ke dni podzimní rovnodennosti. ... Země obíhá kolem Slunce po dráze, k níž je zemská osa nakloněna /o 23 1/2°/. Sklon zemské osy má stále stejný směr /její severní konec míří k hvězdě Severce/.

str. 82

Je znázorněna poloha zeměkoule v jednotlivých měsících, jako bychom se dívali shora, na severní polokouli.

str. 84

Na celé zeměkouli se Slunce za poledne nachází ve směru rovnoběžky, nad níž vrcholí v nadhlavníku, tedy ve směru rovníku. ... Na severní polokouli je rovník směrem k jihu, Slunce svítí od jihu. Na jižní polokouli je rovník směrem k severu a Slunce tam také od severu svítí.

str. 87-88

Po 21. prosinci se Země začíná opět přiklánět ke Slunci severní polokoulí a Slunce se vrací od rovnoběžky 23 1/2° jižní šířky k rovníku. Rovnoběžka 23 1/2° jižní šířky se nazývá proto obratník. Podle souhvězdí, v němž ve starověku lidé Slunce v té době viděli, má název obratník Kozoroha.

str. 91 - příklad "záživnosti" výkladu

Ukažte na mapě místa, kde jsou v této době dni a noci stejně dlouhé jako u nás /probíhá jimi rovnoběžka 50° severní šířky/. Kde je to obrácené, kde jsou nyní tak dlouhé noci jako u nás dni a dni tak dlouhé jako u nás noci?

P. Janega je zástupce ředitele Slovenského pedagogického nakladatelství Bratislava. Na učebnici byla vypracována recenze podepsaná ústředním výborem Československé společnosti zeměpisné, která je zcela drtivá. Práví se v ní:

"Ve své recenzi jsme se snažili zcela otevřeně poukázat na nedostatky textu pokusné učebnice. Činíme tak proto, že tak si učebnici pro naše školy na příštích minimálně 10 let napředrtavujeme. Nedostatky jsou zásadního rázu. Kniha potřebuje úplné přepracování."

Ve zmíněné recenzi se dále uvádí, že učebnice byla zpracována pod redakcí P. Janegy.

Soudím, že pedagogická sekce ČAS by měla rovněž do záležitosti zasáhnout. Ukázky názorně předvádějí astronomickou impotenci autora či autorů i jejich primitivní vyjadřovací schopnosti - nebo to snad má být výsledek snahy přiblížit se "omezenému" chápání jedenáctiletých? Závěrem mohu citovat z učebnice /str. 2/:

"Při práci s touto učebnicí je důležité, abyste text četli velmi pozorně a promýšleli každou větu. Svět, o němž se v učebnici vykládá, je zajímavý, ale pochopit ho v jeho složitosti vyžaduje určitou práci. ..."

Jistě. Něco takového vyžaduje určitou práci. I od autora. Autor má tuto práci ještě před sebou. Ale měl by to být nejspíš nějaký jiný autor.

P. Příhoda

#### Záhada quasaru

MCSKVA. Astronomové krymské astrofyzikální observatoře Akademie věd SSSR pozorovali neobvyklý kosmický úkaz - náhlý úbytek rádiových signálů quasaru 3S 273. Quasary jsou vesmírné zdroje energie a silných rádiových signálů. Vyzařují energii stokrát silnější, než celé galaxie, jejímž zdrojem je pravděpodobně gravitační kolaps - "zhroucení" hvězdy vlivem vlastní mimořádně silné gravitace. Úbytek signálů quasaru 3S 273, který je nejbliže Zemi /3 miliardy světelných let/ pozorovali sovětští vědci čtyři hodiny. Za tu dobu se intenzita rádiových vln zmenšila o 20 procent. Ztrátu tak značného množství energie je podle ředitele krymské observatoře akademika A. Severného možné vysvětlit buď přítomností jakéhosi dosud neznámého přenosu energie rychlejšího než světlo nebo mimořádným stlačením hmoty které vede k efektu tak zvaných "červených děr" - náhlému zmizení hmoty ve vesmíru. Základní příčinou tak neobvyklé ztráty energie quasaru je zřejmě dosud neznámý způsob změny magnetického pole.

SVobodné Slovo, 24.2.1977

### Signál obtížně písící

"Ochrnutý a obtížně mluvící Steven Hopkin patří k nejdůležitějším současným světovým fyzikům. Působí na anglické univerzitě v Cambridge a proslul objevem originální teorie o vesmíru, která analogicky připomíná Einsteina. Vychází z existence obrovských vyhaslých planet třikrát větších než naše Slunce, ale nyní pouze tak velkých jako např. ostrov Manhattan. Jejich existenci nelze zatím dokázat přímo, ale jen odvozeně."

Signál 13/1977, str. 31  
/Text k fotografii anglického fyzika  
Stephena W. Hawkinga/.

### ... A trochu poezie nikoho nezabije

#### " Čas Perseid

Kouzlo letních večerů a nocí. Kdo z nás by se nezasnil. Vždyť právě s tímto časem jsou spojeny nejsladší a nejpoetičtější chvíle našeho života.

Srpen je pro milovníky hvězdných dálav vyvrcholením sezóny. Přestože hvězdy padají celý rok, nejvíce snad opravdu v tomto měsíci.

Hvězdy - létavice, meteory, bolidy - padají buď nahodile nebo podle určitého řádu. Tam, kde můžeme v pádu meteoritu vystihnout určitou souvislost a zákonitost, hovoříme o meteorických rojích. Právě v srpnu, asi mezi desátým a třináctým, se objevuje nejvydatnější meteorický roj Perseidy. 12. srpna můžeme spatřit čtyřicet až šedesát padajících hvězd za hodinu. Přestože jsou méně zářivé, než v některých jiných meteorických rojích, jsou pro svou početnost velmi zajímavou podívanou.

Najděte si čas. Dejte vale světlu neonů. Někde na okraji města, v pralesích lučních trav můžete být na prahu srpnové noci svědky úchvatných dějů. Když pak uvidíte, že některé hvězdy neopouštějí oblohu pádem, ale daly se na horizontální pouť k obzoru, vězte, že zákony o pohybu nebeských těles nepřestaly platit, ale že jste se stali svědky nejen pradávných přírodních dějů, ale i prvních krůčků člověka do tajemného, zářivého a nekonečného prostoru."

Ostravský večerník, 9.8.1976

### Svobodné slovo na počest panelové diskuse o popularizaci astronomie 27.11.1976

#### "Saturn s duhou

Sovětskí vědci se domnívají, že prstence kolem Saturnu nejsou nic jiného než určitý druh duhy. Univerzitní hvězdárna

v Charkově uskutečnila pomocí 700milimetrového zrcadlového teleskopu četná pozorování Saturnu a spektra jeho okolí. Duha kolem Saturnum by mohla být rozložena na velké množství průhledných sférických částíček, míní sovětsí experti." /D/

Svobodné Slovo 27.11.1976

---

Oprava k článku "Seznámení s černou dírou"/KR 1/1977, str.12/

obr. 7: má zaměněné popisy os /tato chyba se vyskytuje i v anglickém originále a byla zjištěna až dodatečně/.

Redakce

---

Tyto zprávy rozmnožuje pro svou vnitřní potřebu Československá astronomická společnost při ČSAV /Praha 7, Královská obora 233/. Řídí redakční kruh: vedoucí redaktor J.Grygar, výkonný redaktor P.Příhoda, členové P.Ambrož, P.Andrle, J.Bouška, Z.Horský, M.Kopecký, P.Lála, Z.Mikulášek, E.Pittich, Z.Pokorný, M.Šidlichovský.  
Technická spolupráce: M.Lieskovská, H.Kellnerová.

Příspěvky zasílejte na výše uvedenou adresu sekretariátu ČAS. Uzávěrka tohoto čísla byla 6.6.1977.

ÚVTEI - 72113

Sčt 18

