

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV



KOSMICKÉ ROZHLEDY

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 plynnů. 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 kořinky 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 uhlikaté 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 pozorovanými bolidy	
	hustota /g/cm ³ /	sbírky /%/	nález /%/	pědy /%/	původní teoretický předpoklad /%/	Ceplecha /relativní počet údajů o hustotě/
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	
Obyčejné chondrity	3,7	67	51	87	≈ 100	32
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 bezsporná 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 $0,3 - 1,0 \text{ g/cm}^3$. 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 zbuže jakési porovité, houbovitě lehké těleso. Whipple tedy první 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 hnáni 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 "Ceplochovou školou", i když takového termínu nikdo v literatuře ještě nepoužil. Ceplecha však tento směr založil, odvedl v něm největší díl práce a se svými myšlenkami se dokázal probíjet dnes již ke světovému uznání. Můžeme tedy směle termínu "Ceplocha 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

složitě 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 uhlíkaté chondrity tří typů, z nichž jsou podle fyzikálních vlastností nejodlišnější nejlehčí 3. uhlíkaté chondrity typu C I. Uvnitř každé této skupiny je meteorický materiál dost homogenní. Hustoty těles, vyvolávajících meteorů, by tedy také nemusely tvořit beztvary mrak, ale mohlo by existovat jen několik diskrétních 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 projevat. Jde jen o to najít vhodná kritéria, která by je od sebe odlišila. Ceplecha taková kritéria našel a domnívá se, že od sebe odlišil 5 skupin meteorů, lišících se od sebe materiálovými vlastnostmi. Tyto výzkumy jsou pak doplněny rozlišením těchto 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 našel 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 známé 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 uhlíkatých 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 námitky proti vlastní podstatě řešení, k jakému dospěla Ceplechova škola. Meteorům však nemůžeme uškodit, když i takové námitky budeme vznášet. Meteorů si budou lézat 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, položím-li jí otázku, která nás tolik zajímá, totiž: jaká tělesa vlastně způsobují jevy 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 čitatel 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. Obráťme tedy pozornost k čitateli. 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, s 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 deska, 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 meteority vyšel celý mrak hustot, který byl nejtemnější u hustot menších než je hustota vody. Nejen, že různé meteority mají různé hustoty, ale tyto hustoty se obvykle 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 bůhvico, že asi nebudou mít se skutečnými hustotami meteorického materiálu mnoho společného. Klasická teorie meteorů tedy zklamala, položila-li se jí otázka, jaký druh hmoty způsobujejev meteoru. Tím více však byla podrážděna lidská zvědavost, jak je to vlastně s meteority a s tím, co se nalézá ve sbírkách meteoritů.

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

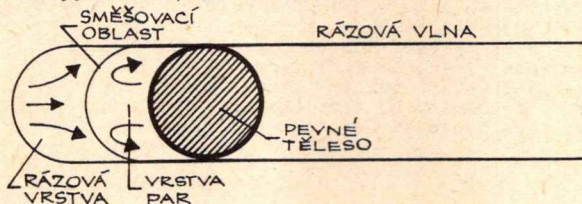
3. Teorie kómy

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 lehoucím sněhem. Přece však jsem ještě jeden způsob našel, jak zvětšit čelní průřez tělesa. Lapidární řečeno, 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 případech 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 intenzívně vypařovat a svítit. Tento padák je lehounký, jeho hmota je zanedbatelná vůči hmotě vlastního pevného tělesa. Tvar takového padáku se pravděpodobně podobá veliké kapece 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 nechťelo 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 nespochybovali 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 veliká. Dá se to formulovat také tak, že meteory svítí obvyklejné víc, než odpovídá úbytku jejich hmoty za jednotku času.

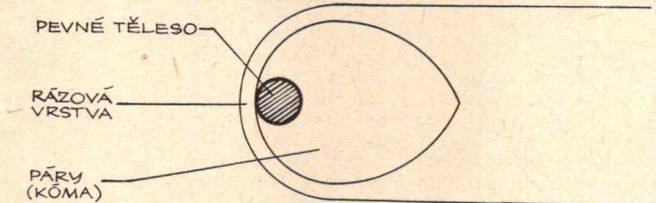
Tito pánové popsali efekt, který vzniká po vytvoření se čelní rázové vlny v podmínkách, kdy obtékané těleso se samo vypařuje a kdy proud par je tak mohutný, že dochází ke kontinuálnímu jevům, jako je směšování meteorických par se vzduchem ne na povrchu samotného tělesa, ale až dále od něho. Schematicky 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, napadne 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 zájmal. Konečně se našlo něco, co řeší náš denní problém, že meteor 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 autoři 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 meteor 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. Neuměl 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 se jazykem par se chová jako těžký štihlý projektil, který má S/M malé proti klasickému. Takže to, co se nahlo 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 ucpanému 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 boků 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 octnou daleko od boku pevného tělesa. Situace se může přirovnat k pytlíku s pískem, ve kterém je také meteorické těleso. Pytlík vrhne 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 žádný volně molekulární 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 komě 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 balónku. Kámen si tento balónek sám nafoukne vlastními parami. Ovšem stěny balónku jsou z řídké gumy, která propouští tím víc par z vnitřku, čím jsou rozměry balónku větší, až nastane situace, že balónek 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 způsobeny obyčejnými chondrity, jsem nemusel zatím odvolat. Teorie kómy tedy uspokojujícím 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 kómy i s pevným tělesem/. Brzdící efekt kómy 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 starodávňý a dnes již téměř zavrhnutý předpoklad, že absolutní většina bolidů je vyvolána obyčejnými chondrity.

4. Skupiny meteorů versus obyčejné chondrity

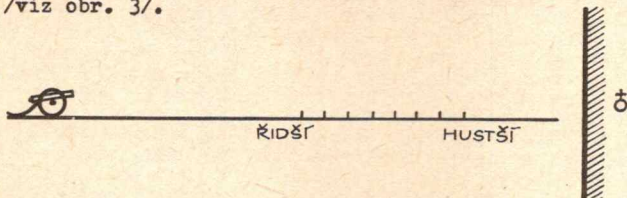
Jak se shoduje ten můj dosud nezrušený předpoklad, že snad téměř všechny vyfotografované bolidy mohou být způsobeny obyčejnými chondrity, s výsledky, ke kterým dospěla Ceplechova škola? /Tedy se skupinami bolidů materiálově tak odlišných? Jsou to pouze dva alternativní přístupy, mezi nimiž není možné 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 naději, začnu-li se těch výšek konců všimат z hlediska teorie kómy, 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 vaku se délka dostřelu postupně zvyšuje, když se postupně zvyšuje sklon hlavně. Při úhlu 45° 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 zkreslí, ale kvalitativně zůstane podobný. Zase dálka 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 chvíli, 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 brzdít 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 dvojitě 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 střilet 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 výš 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 námítku mohu odpovědět jen jedním. To co vidíme, může být jen mámení ďáblovo, 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 stejně 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

kteřekoliv a budu-li teř na chvíli nezřizený optimista a budu-li předpokládat, že se mi podaří dovést ho ke stejné dokonalosti a estetické kráse, jakou má dnes řešení Ceprechovo, 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 teř 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 podstatně 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 řeu nových výsledků. Objevy spinu elektronu a antihmoty vyplynuly přímo z této syntézy. Vznikla relativistická kvantová teorie pole, která popisuje např. vzájemné působení elektricky nabitě látky 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