

KOSMICKÉ ROZHLEDY

NEPERIODICKÝ VĚSTNÍK ČESKOSLOVENSKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI PŘI ČSAV

1/1979

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

ročník 1979

číslo 1

V. Pačevět

Největší tělesa vstupující do atmosféry Země a jejich paradox

Ptát se po struktuře meteorického materiálu za současného stavu bádání o meteorech je úkol nevděčný. Názory se liší často diametrálně. Zdá se, že nikdo neví nic, nač by byl ochoten přisáhat.

Ne dost využívané rezervy jsou v přesném hodnocení běžných jevů, čímž lze odvodit poznatky o těžko pozorovatelných jevech. Stále převracet a přerovnávat staré, každému známé haraburdí a znovu prohlídket běžné jevy, může se zdát jako práce málo varuňující. Přece se však lze touto cestou občas k něčemu dobelhat. Čtěl bych vás o tom přesvědčit.

1. Je možné poznat strukturu mezoplanetární hmoty?

Otázky vzniku a vývoje slunečního systému patří k nejtěžším otázkám fyzikálním i filosofickým. Hodně by pomohlo, kdybychom znali alespoň současný hmotný základ slunečního systému, kdybychom věděli, z čeho je sluneční systém složen, z jakých druhů materiálů a v jakém zastoupení.

Nejde pouze o skladbu samotného Slunce; tam se můžeme mnohé dovědět už z rozboru informací, které přináší mohutný tok záření. O látce z prostoru mimo Slunce se můžeme sem tam něco dovědět z optických pozorování odraženého slunečního světla jen těch největších objektů: planet a jejich měsíců, větších planetek a komet, a samozřejmě rozborom povrchové vrstvičky Země a v poslední době i Měsíce. I když o složení těchto velkých těles toho víme zatím jen velmi málo, lze se do budoucna nadít, že se podaří zjistit mnohem více přímým výzkumem pomocí umělých mezoplanetárních sond. Přímý výzkum planet, planetek i komet je dnes v podstatě otázkou pouze finanční.

Rovněž se bouřlivě rozvíjí výzkum nejdrobnější složky soustavy (prachu a mikrometeoritů) pomocí umělých družic. Zbývající část hmoty sluneční soustavy, rozemlněná do těles o hmotnostech řádově 10^{-9} kg až 10^9 kg, nemá naději na to, že se někdy v dohledné budoucnosti bude zkoumat přímo umě-

lými sondami. Důvod je prostý. Tato tělesa jsou v meziplanetárním prostoru rozptýlena (proti menším tělískům) již tak řídko, že pravděpodobnost setkání s umělou sondou je prakticky nulová. Tělesa, o která jde, jsou však zase tak malá, že je zatím nemůžeme opticky pozorovat, takže o těchto tělesech předem nevíme a nemůžeme k nim proto navést umělé sondy malých rozměrů, které jsme schopni vyrobit.

Tato třída meziplanetárních těles je však významná. Byl vysloven i názor, že to může být i nejvýznamnější složka z hlediska vývoje. Předpokládá se někdy dokonce, že se právě mezi těmito tělesy mohou vyskytovat ještě zbytky původního materiálu, ze kterého se kdysi formovala sluneční soustava.

Přesto jsme svědky toho, že výzkum této významné třídy těles patří mezi tzv. obory minoritní. Jen velmi málo možků pracuje v tomto oboru. Důvodů, proč tomu tak je, je více. Není to pouze proto, že není naděje zmocnit se problému přímým výzkumem umělými sondami. Vědy existuje přirozená sonda potřebných (obrovských) rozměrů, kterou je sama planeta Země. Malý sájem o meteorickou astronomii tkví podle mého názoru v nevyváženosti mezi teoretickou a empirickou složkou výzkumu, kterou meteorická astronomie vždycky trpěla.

Srážky senské atmosféry se zmíněnou třídou těles můžeme pozorovat neustále (opticky, radiově i akusticky). Světelným jevům, které při těchto srážkách vznikají, říkáme meteor. Meteorů jsou velmi vědecké pro amatérská pozorování a právě Československo v tomto oboru vyniká. Avšak zkoumat meteorů profesionálně se ukázalo být velmi nevděčné. Tato oblast bádání je totiž plná paradoxů a klíče k jejich řešení nemáme. V tomto oboru byla tedy jen slabá naděje na nějaký výraznější úspěch.

Ukazuje se jako velmi užitečné občas podstoupit od speciálních problémů daného oboru a podívat se na cesty, kterými se řešení daného problému ubíralo a srovnat si tak rozhárané myšlení.

Atmosféra Země, chránící biosféru před vnějšími smrtelnými vlivy, chrání nás téměř dokonale i proti meteorickým tělesům. Prvním paradoxem je, že existuje pro určitý druh tohoto mimozemského materiálu v atmosféře jakási skulina, kterou se nepatrná část meteorické hmoty dostane až na povrch Země v kompaktním stavu. Příroda jako by nám tím chtěla vynahrudit, že tak důležitou složku sluneční soustavy nemůžeme zkoumat umělými sondami. Tyto vzorky - ledví sluneční soustavy - si tedy člověk může položit přímo na dlan ve formě tzv. meteoritů.

O meteoritech jsem podrobněji mluvil zde v Brně v roce 1977 (viz Kosmické rozhledy 3/1977). Připomenu tedy jen to nejdůležitější. Téměř 90 % meteorických pádů je provázeno vypadnutím tzv. obyčejných chondritů. Tento mimozemský materiál je těžší než žula (má hustotu kolem 3500 kg m^{-3}). Meteorická událost, při níž je naděje, že mohou vypadnout meteority (tzv. bolid), je neobyčejně mohutná, srovnatelná

s jasností Měsíce. Jeví se na obloze jako ohnivá koule, někdy doprovázená zvukovými efekty (rány, hřmění ap.).

Na druhé straně byl zjištěn další fakt, že totiž některé meteority mají svůj původ v kometách. Tzv. meteorické roje mají pravděpodobně vztah ke kometám. Bezesporným a výrazným příkladem je občasný déšť meteorů ze směru od hvězdy γ Draconis. 9. října 1946 byl naposledy pozorován hodinu trvající déšť meteorů s maximální frekvencí 1000 meteorů za hodinu, který se spustil, když Země těsně míjela dráhu komety Giacobiniho - Zinnerovy. Souvislost s touto kometou je tak zřejmá, že pro tyto γ -drakonidy se někdy používá i názvu Giacobinidy. Na druhé straně nemáme zapomenout, že právě drakonidy jeví nějaké zvláštnosti vůči jiným rojům. Rojové meteority jsou také onou nezbytnou výjimkou (která potvrzuje pravidlo), kdy by bylo možno skoumat tato tělesa umělými sondami navedenými na dráhy komet.

Ostatní meteority nepatřící ke zmíněným rojům padají po celý rok a nasvítá je sporadickými. Původ všech sporadických meteorů není jasný. Část jich zřejmě mohla vzniknout rozptýlením drah rojových meteorů známými nebo dosud neobjevenými mechanismy. Naprosto však není jisté, zda takto vznikly všechny sporadické meteority. Musíme tedy brát na vědomí, že jistá neznámá část sporadických meteorů nemusí mít svůj původ v kometách. Zajímavé jsou z tohoto hlediska právě bolidy, které se objevují tak vzácně, že jsou to vlastně události typicky sporadické. Souvislost bolidů s meteorickými roji nebyla zatím bezsporně prokázána. Přinejlepším se může stát, že se v některém známém roji vyskytne vzácně meteor s jasností dosti velikou, který bychom při dobré vůli mohli počítat mezi bolidy. Meteorické roje jsou naopak charakteristické výskytem slabších meteorů. O nějakých bolidových rojích nemůže být ani řeč v tom smyslu, jak jsme svyklí mluvit o rojích slabých meteorů. Původ většiny bolidů je pro nás tedy další neznámou. Jak se potom má odpovídat na otázku, z čeho, z jakých materiálů jsou tedy složena tělesa vyvolávající meteority? Jestliže však je jisté, že alespoň část meteorů má svůj původ v kometách, pak by nám pomohlo, kdybychom znali skladbu komet, těchto záhadných kup kamení a marských meteorských sloučenin. Takové jsou tedy některé současné problémy ve výzkumu meteorů, o dalších se ještě dovíme.

2. Teorie meteorů kontra skutečnost

Postupujeme však dále poněkud systematictější (nejlépe chronologicky) a zaměříme se především na otázku, z jakých materiálů by mohla být složena tělesa, vyvolávající meteority.

Na tuto otázku nemůže dát odpověď pouze meteoritika, věda zabývající se tím kamením spadlým z nebe. To, co z mimozemské hmoty nalezneme na Zemi, může být pouhým ohudličkým výběrem z celé palety nejráznějších materiálů vyskytujících se ještě před vstupem do atmosféry.

Historicky vzato dají se rozlišit dvě více méně nezávislé větve bádání o meteoritech, vzniklé mezi dvěma světovými

válkami. Větev, kterou zde nazvu "dynamikou meteorické hmoty", byla závislá na rozvoji pozorovací techniky a zabývá se určením drah meteorických těles před vstupem do atmosféry Země. Využitím dvoustanicií fotografie a rotujícího sektoru na měření rychlosti meteorů Whipple dokázal, že tělesa vyvolávající meteory jsou členy sluneční soustavy a nikoliv původu mezihvězdného, jak se předpokládalo. Zlepšováním techniky se pak plynule rozvíjela "dynamika meteorické hmoty" až do takových jemností, kdy byly zjištěny některé asociace drah sporadických meteorů a nakonec snad i bolidů.

Zdá se však nyní, že druhá větev bádání o meteorrech, která vznikla dříve než "dynamika" a kterou zde nazvu "meteorickou fyzikou", může odpovědět dříve na otázku, jaká je struktura meteorické hmoty. "Meteorická fyzika" se zabývá vlastním průběhem interakce meteorických těles s atmosférou Země. Její počátky můžeme vystopovat už v roce 1913 formováním základů fyzikální teorie meteorů (Gaede). Největší rozvoj fyzikální teorie spadá pak do dvacátých a třicátých let (Lindemann, Dobson, Sparrow, Maris, Fisher, Opik, Hoppe, Whipple, Levin). Tak se zase jednou v dějinách vědy stalo, že teorie o notný kus předběhla praxi. Tuto "teorii jednoduchého tělesa" totiž nebylo možno nikterak ověřit, potřebná pozorovací technika nebyla ještě na potřebné výši. Zbývalo skoro jen jediné: dívat se romanticky, jak letí meteor a myslet si nějaké přání, které by se nám splnilo.

Zdá se zřejmé, proč tento obor mnoho nepřítahoval. Rozvoj teorie nutně stagnoval, neboť impulsy k vývoji našich představ o světě přicházejí především z nepříznivé konfrontace se skutečností, tedy z rozporů mezi teorií a empirií. Je tedy přirozené, že ani v otázce kvality meteorické hmoty se nedosáhlo pokroku. Nejrozšířenější představou bylo, že meteorická tělesa před vstupem do atmosféry se neliší svou kvalitou od těch materiálů, které známe z muzeálních sbírek meteoritů.

Vědu o meteorrech mohli z této stagnace vyvést jen lidé schopní dovést pozorovací techniku na patřičnou úroveň, lidé, kteří ohmatají skutečnost a přinesou nová fakta. A zde se opět setkáváme se zásluhami Freda Whippla, který se zabýval kromě meteorů též kometami a to z titulu jejich vzájemné souvislosti. Po druhé světové válce byla již technika fotografických pozorování meteorů na takové úrovni, že bylo možno aplikovat teorii jednoduchého tělesa. Tato teorie sloužila k určování hustoty atmosféry ve velkých výškách, byl to nejlevnější prostředek, jak tuto veličinu měřit. Taková úloha nepřispěla mnoho k výzkumu podstaty samotných meteorů.

V padesátých letech se vyskytla možnost opačná. Příma měření hustot atmosféry pomocí raketových sond umožnila obrátit úlohu. Byl-li nyní průběh hustoty atmosféry známou veličinou, mohli jsme se pomocí teorie jednoduchého tělesa dovědět něco více o podstatě meteorů samotných.

A hned první objev, který Whipple učinil v roce 1952, byl překvapující. Zjistil totiž, že použijeme-li

v teorii jednoduchého tělesa předpokladu, že se atmosférou pohybuje hmota podobná svým složením anafym meteoritům, pak u naprosté většiny meteoritů věc vypadala tak, jako by se atmosférou pohybovala současně tělesa dvě. Jedno, které se brzdí, druhé, které svítí. Svítící těleso mělo průměrně stokrát větší hmotnost než těleso první. Tento jev budeme dále nazývat "dualitou meteorického jevu". Whipple si však věděl rady. Atmosférou se nepohybuje těleso, jehož složení je podobné meteoritu, ale těleso složené z látky, jejíž hustota je srovnatelná s hustotou vody nebo ještě lehčí druh materiálu. V takovém případě obě tělesa splývají a atmosférou se pohybuje opět jednoduché těleso, jak to má být podle teorie jednoduchého tělesa. Whipple pohotově našel i vysvětlení pro možnou existenci tak lehkých meteorických materiálů. Vznikají při rozpadu komet, jejichž modely Whipple současně rozpracovával.

3. Krize teorie jednoduchého tělesa

Whipplovo klasické řešení se ujalo mezi meteoráři a dodneška z něho nemůžeme úplně vystřísklivět. A to přesto, že se v průběhu dalších let ukázalo, že vlastně problém duality meteorického jevu (tj. rozdělení meteoru na dvě tělesa) vůbec neřeší. Přesnější srovnávání teoretických předpovědí se skutečností totiž ukázalo, že se většina meteorů chová jako dvě tělesa a nelze je obecně sjednotit jakoukoliv volbou hustoty materiálu. Podaří-li se nám tato dvě tělesa klasicky sjednotit na některém místě viditelné atmosférické dráhy meteoru, objeví se znovu tento dvojitý útvar o něco níže v atmosféře.

Teorie jednoduchého tělesa se tak teprve v šedesátých letech dostává do krize při kontaktu s nemilosrdnými fakty, neví si rady s dualitou meteorického jevu. Tato krize vyvolávala v bádání o meteoroch kuriózní situace. Meteoráři byli nuceni naučit se zakrývat si oči před faktem dvou těles, vznikajících užitím teorie jednoduchého tělesa. Diametrální odlišnosti dvou těles současně se v atmosféře pohybujících se prostě přestal v podstatě přikládat zásadní význam. Někteří meteoráři spojovali vlastní pevné těleso meteoru spíše s tělesem, které svítí, druzí zase spíše s tím druhým tělesem, které se brzdí. V některých případech si meteoráři pomáhali ze šlamastiky bespáteřným postojem: pro některé účely používali jednoho tělesa, pro jiné účely toho druhého tělesa, co se srovna ukázalo být prospěšnějším. Taková situace opět přilákala lidi ke studiu meteorů.

Mezi prvními, kteří začali v této nesáviděnné situaci volat po nové teorii, byl Ceplecha. Nová teorie však nebyla na skladě. Tak se stalo, že empirie nejen dohnala náskok teorie z třicátých let, ale dokonce získala náskok před teorií. Tento náskok se ještě prohloubil pracemi Ceplechovými z doby nové a nejnovější.

Krize teorie jednoduchého tělesa přivedla většinu meteorářů k přesvědčení, že klasicky určované hustoty meteorických materiálů jsou jen jakási fiktivní veličiny, které

se skutečnými hustotami nemají pravděpodobně nic společného. Jak ale tedy zjistit, jaké materiály k nám do atmosféry přicházejí? Špatná teorie nám zde mnoho nepomůže. Ceplecha byl první, kdo se v této otázce takřka obešel bez skompromitované teorie. Použil statistických a morfologických metod zpracování údajů o velkém souboru slabších meteorů. Základní myšlenkou zde bylo, že existují-li mezi meteory skupiny těles s odlišnou materiálovou strukturou, měly by se v atmosféře i různě projevovat. Ceplecha objevil, že se tyto slabší meteory mezi sebou značně liší výškou začátku jejich viditelných drah. Zjistil, že u slabších meteorů můžeme identifikovat pět skupin s odlišným materiálovým složením. Zde se také poprvé úspěšně setkala větev "dynamiky meteorů" s větví "meteorické fyziky". Kresákovi se společně s Ceplechou podařilo najít k nalezeným skupinám meteorů jim odpovídající skupiny drah ve sluneční soustavě. Takovými metodami však nebylo možno bezpečně zjistit, jaké materiály nalezeným skupinám meteorů máme vlastně přisoudit.

4. Příbramská událost a bolidy

Zde vstupují na scénu bolidy. Díky systematickému fotografování meteorů organizovanému Ceplechou se v r. 1959 poprvé vůbec podařilo vyfotografovat pád meteoritů. Jde o známou příbramskou událost. Zjistilo se toto: atmosférou se pohybovala současně opět dvě tělesa značně odlišná a spadly obyčejné chondrity. Naděje, že se konečně udělá jasno v tom, jaký je vztah mezi teorií a skutečností, pohasla. Potvrdilo se jen to, co jsme už dříve tušili: že totiž klasicky vypočtená hustota zřejmě neudává skutečnou hustotu tělesa. Co však tato klasická hustota meteoru znamená, jsme se nedověděli.

Příbramská událost ukázala, že není absolutně vyloučené vyfotografovat pád meteoritů. Je jen třeba fotografovat systematicky a obsadit kamerami co největší území. Tak vznikly koncem roku 1964 (inspirovány příbramskou událostí) téměř současně dvě bolidové sítě kamer na chytání meteoritů. Zásluhou Ceplechovou síť československá, která se brzy rozrostla na síť evropskou, a zásluhou McCroskyho síť prérizijní podél řeky Mississippi.

Byla zde naděje, že jednou může spadnout také jiný materiál, který známe z muzejních sbírek, ne jen ty obyčejné chondrity. A byla zde ještě další naděje: podaří-li se nashromáždit statisticky významnější materiál o bolidech, můžeme se dovědět více o vztahu klasické teorie k materiálu, který se skutečně v atmosféře pohybuje. Místo těchto očekávaných nadějí se však s bolidových sítí vypořádal naopak celý roj paradoxů.

Především se zjistilo, že bolidy padají častěji, než se dříve soudilo s vizuálních pozorování. Dalším paradoxem bylo, že se zjistil obrovský naporť mezi počtem vyfotografovaných bolidů a mezi počtem pádů meteoritů. Ačkoliv obě bolidové sítě vyfotografovaly již stovky bolidů, došlo pouze k jedinému pádu meteoritu u městečka Lost City v ra-

jonu americké préríjní sítě. Naprostá většina bolidů tedy není asi provázena vypádnutím meteoritů. Co nám řekla událost Lost City? V podstatě toto: vypadly opět obyčejné ohondrity, atmosférou opět letělo dvojité těleso, ale obě složky tohoto dvojitého tělesa se od sebe lišily tentokrát jen velmi málo. Stačilo, aby McCrosky předpokládal, že se atmosférou valilo jen mírně šikmaté těleso a mohl s úspěchem použít teorie jednoduchého tělesa. Tato skutečnost znovu oživila již téměř stracený zájem o klasickou teorii jednoduchého tělesa. Alespon tedy pro některé meteory by tato teorie mohla platit.

U bolidů však byly nalezeny ještě další paradoxy. Na první pohled, bez velkého měření, lze jasně rozeznat mezi bolidy nejméně dva druhy těles. První druh těles (nazýváme ho "meteoritický") zahrnuje tělesa, která se v atmosféře zřetelně brzdí, takže někdy můžeme pozorovat téměř úplnou ztrátu kosmické rychlosti. Tato tělesa mohou proniknout do atmosféry velmi hluboko. Typickým příkladem je právě dráha bolidu Lost City. Druhým typem těles (nazýváme ho "nemeteoritickým") jsou tělesa končící poměrně vysoko v atmosféře, která se brzdí velmi málo, někdy vůbec neměřitelně, a končí náhle, v největším rozkvětu svých mladických sil, někdy i prudkým vzplanutím. Paradoxní je, že mezi "nemeteoritickými" typy těles jsou někdy bolidy velmi jasné. Člověk by čekal, že silnější světelné projevy v atmosféře patří větším, hmotnějším tělesům. Čekali bychom tedy, že tato hmotnější tělesa proniknou hlouběji do atmosféry. Kupodivu je tomu někdy právě naopak.

Další paradox jsem již naznačil termíny "meteoritický" a "nemeteoritický" typ bolidů. Jde o to, že vypádnutí meteoritů nemusíme očekávat vždy od jevu příliš velké jasnosti. Naopak jsme si zvykli, že po objevení se obrovského bolidu jasného jako fagule, nemusíme často ani organizovat hledání meteoritu. Ukázalo se, že často taková událost končí neslavně, vysoko v atmosféře bez brzdění, jakoby tam skokem vymizela veškerá hmota tělesa.

Vyjmenoval jsem tu již několik paradoxů zjištěných u bolidů. V názvu tohoto referátu mluvím však o paradoxu jediném. Tento paradox tkví v interpretaci pozorování bolidů a ukáže se, že rozlouskneme-li tento poslední paradox, rozlousknou se automaticky a jakoby zázrakem všechny ostatní již vyjmenované paradoxy. Ba co víc, vysvětlí se nečekaně i další pozorované jevy, se kterými jsme si nevěděli dříve rady. Ba co ještě víc, co mne až polekalo, důsledky nalezeného řešení se promítnou nečekaným způsobem do našich představ o struktuře meziplanetární hmoty.

Nastoupit cestu k dalším, smělejšími úvahám umožnilo bádání Ceplechovo o bolidech. On upozornil na všechny ty paradoxy spojené s bolidy, o kterých jsem už mluvil. Dokázal však ještě víc: jeho ideje se staly základem pro monumentální práci, zpracování materiálu o 234 bolidech vyfotografovaných za desetiletou činnost americké préríjní sítě. Činnost americké sítě byla zastavena, myslím hlavně proto, že došly peníze. Bylo nutno přikročit ke zpracování výsledků. Ceplecha

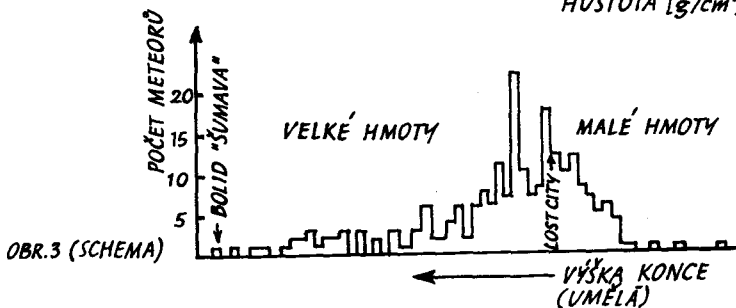
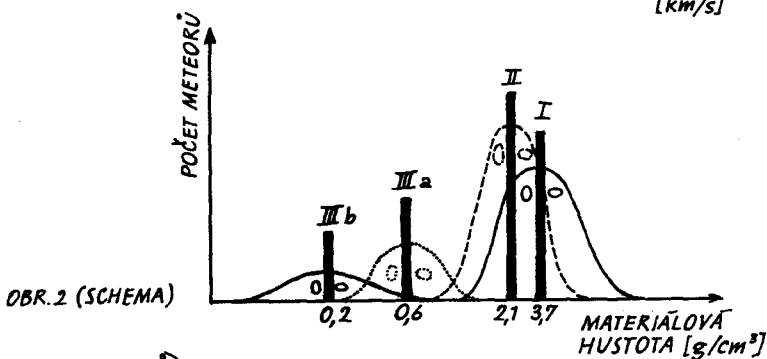
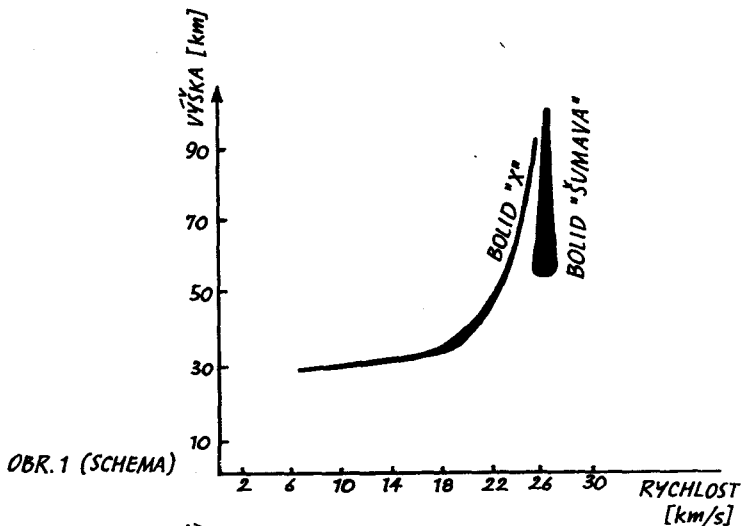
spolu s McCreskym se tohoto úkolu zhostili způsobem hodným tak zkušených odborníků. Navíc se pokusili i o interpretaci výsledků. Jedině tento pokus o interpretaci uvedl výsledky do takové formy, která se mohla stát odrazovým můstkem k novým úvahám. Jejich práce vyšla tiskem v roce 1976. Než však budu mluvit o této klíčové práci, musím se na chvíli vrátit o rok zpět.

5. Strukturální interpretace pro bolidy

V roce 1975 na symposiu v Heidelbergu o meziplanetárním prachu a zodiakálním světle Ceplecha předvedl náročný příklad, na kterém ilustroval hlavní paradox dvou typů těles, zjištěných mezi bolidy. Vybral dva bolidy, typické představitele oněch dvou typů těles. Z československé sítě vybral obrovské těleso -22 absolutní magnitudy s hmotností odhadnutou na 200 000 kg (tzv. bolid "Sumava"), které však končí po několika vzplanutích náhle, vysoko v atmosféře (55 km), přičemž se jeho rychlost na konci dráhy prakticky rovnala rychlosti vstupní. Bolid "Sumava" je tedy typickým představitelem "nemeteoritického" typu bolidu. Jeho konečná hmotnost byla odhadnuta na nulu. Vedle bolidu "Sumava" Ceplecha postavil těleso, které vybral z fotografií pořízených americkou prérizní sítí. Šlo o těleso mnohem méně jasné (jen -10 absolutní magnitudy), s hmotností odhadnutou na pouhých 8 kg. Budu ho pro jednoduchost zápisu nazývat bolidem "X". Přesto, že obě tělesa byla vybrána tak, aby měla stejné vstupní rychlosti a stejné sklonové dráhy k semakému povrchu, skončilo toto slabší těleso až ve výšce 29 km. Proniklo tedy o celých 24 km níže než obrovské těleso "Sumava" (obr. 1). Přitom se toto malé těleso zřetelně brzdilo, takže z počáteční rychlosti 26,5 km/s klesla jeho rychlost až na pouhých 6,5 km/s. Šlo tedy o typického představitele "meteoritického" typu bolidu. Hmotnost meteoritu, který by bylo možno očekávat a nalézt, byla odhadnuta na 30 gramů.

V době, kdy Ceplecha takto názorně předváděl paradox dvou typů bolidů, nebylo možné představit si jiné vysvětlení než to, že bolid "Sumava" musí být složen z mnohem křehčího, snadno se vypařujícího a tedy zřejmě měkčího a lehčího materiálu, než ten druhý, menší bolid, který se zabořil do atmosféry hlouběji. Bylo přece nábílední, že jsou-li obě tělesa ze stejného materiálu, pak se větší těleso vypaří a současně zabrzdí později než těleso menší. Těžší těleso musí tedy proniknout hlouběji do atmosféry. Jestliže je tomu ale právě naopak, pak obě tělesa nemohou být složena ze stejného materiálu.

Tato snadno pochopitelná myšlenka se stala základní ideou pozdějšího zpracování dat o bolidech prérizní sítě. Mezi bolidy se tedy zřejmě vyskytují tělesa různého složení; jde jen o to, jak tyto skupiny těles od sebe rozlišit. Právě ona charakteristická výška konce, kterou se na první pohled bolidy od sebe liší, stala se nakonec základem třídní bolidů na různé materiálové skupiny. Zkompromitovanou teorii jednoduchého tělesa k takovému třídění nebylo nutno



prakticky použit. Výsledky budou tedy nezávislé na jakékoli teorii, nebudou ovlivněny žádnými našimi představami o charakteru procesů, odehrávajících se během letu tělesa atmosférou. Později ukáží, že takovýto typ věrohodného přemítání, které nám všem probíhá v hlavách při nejrádnějších denních příležitostech, je šťastný. Ale nepředbíhejme.

Další myšlenky a složité Ceplechovy a McCroskyho postupy by se daly popularizovat třeba takovýmto způsobem: Pustíme film pospátku. Vratme všech 234 bolidů zpět po jejich vyfotografovaných drahách až na hranici atmosféry Země. Když tato tělesa budeme mít pěkně v řádce srovnaná vedle sebe, připravená vypustit je znovu do atmosféry, zjistíme, že tato tělesa jsou různě hmotná, že jejich původní dráhy byly v atmosféře všelijak různě skloněny a že vstupní rychlosti těles se lišily. Upravíme tedy tyto tři veličiny tak, aby byly stejné pro všechna tělesa. Pustíme stejně hmotná tělesa stejnou vstupní rychlostí a pod stejným sklonem znovu do atmosféry. Nemůže se stát nic jiného, než to, že byla-li tato tělesa všechna ze stejného materiálu, budou jejich osudy v atmosféře totožné a všechna tělesa pohasnou přesně ve stejné výšce nad povrchem Země.

Budou-li se však vyskytovat mezi uměle upravenými tělesy různé druhy materiálů, bylo by velice zvláštní a podivné, kdyby přesto různé materiály pohasly opět ve stejné výšce nad povrchem Země. Spíše se dá očekávat, že výška pohasnutí takto upravených meteorů nám může různé druhy materiálů od sebe odlišit. Bylo by pak přirozené, kdyby lehčí materiály skončily výše, hustší materiály níže v atmosféře.

Celý naznačený postup umělého "zestejnění" různých bolidů však u meteorů můžeme bohužel provést jedině myšlenkově, tedy nějakou matematickou transformací. Tak to udělali Ceplecha a McCrosky. Výsledek je schematicky znázorněn na obrázku 2. Jsou tam vyneseny počty bolidů v závislosti na výšce konce uměle "zestejněných" bolidů. Vidíme, že všechny bolidy nekončí stejně vysoko, nejsou nakupeny kolem jediné výškové hladiny, ale rozprostírají se ve velmi širokém intervalu výšek. Většina bolidů proniká hluboko do atmosféry, ale existuje méně početné křídlo bolidů, které končí mnohem výše v atmosféře.

Ceplecha a McCrosky předpokládají, že se z tohoto obrázku a ještě z dalších symptomů, které nemohu pro nedostatek místa uvést, dají vystopovat čtyři odlišné typy meteorických materiálů mezi bolidy. Tyto čtyři typy materiálů (I, II, IIIa, IIIb) by měly ale vytvářet čtyři ostře ohraničené hladiny výšek konců. Asi tak, jak je ukázáno na obrázku 3 čtyřmi tlustými čarami.

Proč tomu tak není ve skutečnosti (viz obr. 2), to může mít více příčin. Jednak je to možno svést na chyby měření. Dále jednotlivé skupiny materiálů mohou mít uvnitř určitý rozptyl ve struktuře, podobně jako nejsou přesně materiálově totožné jednotlivé skupiny meteoritů, které máme ve

sbírkách. Již tím se ostré tlusté čáry v obr. 3 trochu rozmazou. Pak tu máme další efekt, se kterým jsme jaksi nepočítali. Když jsme dělali uměle tělesa stejnými, nevzali jsme v úvahu jejich tvar. Kdyby tedy měla všechna tato upravená tělesa stejný tvar (např. kulový), bylo by všechno tak, jako je na obr. 3 znázorněno tlustými čarami. Kameny, vstupující do atmosféry, však mohou být všelijak šišaté. Letí-li na placato, brzdí se více a skončí výše v atmosféře, než letí-li špičkou napřed. Tak se ostré tlusté čáry z obr. 3 znovu rozmazou. Celkové rozmazání, způsobené všemi třemi zmíněnými efekty je schematicky nakresleno slabými čarami na obr. 3. Dostaneme tak obr. 2, který byl sestrojen pro skutečné metody.

Ceplecha a McCrosky dokonce dokázali logickými úvahami zjistit, jaký je vztah (až na neznámou konstantu) mezi transformovanou výškou konce a hustotou materiálu. Pak stačilo, aby byl zachycen prakticky jediný pád meteoritů a neznámou konstantu jsme mohli vypočítat a tím pádem i hustoty všech skupin bolidů. Touto událostí byl právě vyfotografovaný pád obyčejných chondritů Lost City. Tak mohly být poprvé vůbec stanoveny všechny neznámé materiálové hustoty. Jsou vyneseny na obr. 3: I - obyčejné chondrity, II - uhlíkaté chondrity typu I, IIIa, IIIb - různé kometární materiály. Podle toho by byl nejvzácnější uhlíkatý materiál typu I (jen několik kousků ve sbírkách na celém světě) vlastně nejhojnějším materiálem, způsobujícím bolidy.

Na obrázku 2 jsou zakresleny polohy všech těles, o kterých jsme již mluvili, kromě meteorického pádu Příbram, protože u něho bohužel nebyl vyfotografován konec viditelné dráhy (byl již mimo fotografickou desku). Vidíme třeba, že bolid "X" mohl být asi obyčejným chondritem, bolid "Šumava" pak tělesem z lehounkého kometárního materiálu. To bylo poslední uveřejněné řešení problému struktury těles, vyvolávajících bolidy. Musím přiznat, že je to řešení nepostrádatelné estetickou krásou.

6. Přesné hodnocení běžných jevů

Vraťme se však v textu o něco zpět, až k větě: "Budou-li se však vyskytovat mezi uměle upravenými tělesy různé druhy materiálů, bylo by velice zvláštní a podivné, kdyby přesto jakékoliv materiály pohasly opět ve stejné výšce nad povrchem Země". V této úvaze je však příliš mnoho chtění a zbožných prání. Dodejme k citované větě: Bylo by to sice velice zvláštní a podivné, ale nikoliv nemožné. Může přece existovat mechanismus (zatím neznámý), který by dokázal odstranit vliv odlišných materiálových struktur na výšky konců bolidů. Takové přesné vyrovnání dvou protichůdných vlivů je sice možné, ale zdá se být jen velmi málo pravděpodobné. Pravděpodobnější se zdá být, že vliv rozdílů v materiálové struktuře na výšky konců a vliv neznámého předpokládaného mechanismu (který nemusí záviset jen na struktuře) na výšky konců, budou spolu smíchány k nerozmotání.